



TAS DAS I JORNADAS LUSÓFONAS DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Editores

José Gomes dos Santos

Cidália Fonte

Rui Ferreira de Figueiredo

Alberto Cardoso

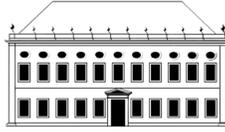
Gil Gonçalves

José Paulo Almeida

Sara Baptista



IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
2015



D O C U M E N T O S

I
IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS
U

EDIÇÃO

Imprensa da Universidade de Coimbra
Email: imprensa@uc.pt
URL: http://www.uc.pt/imprensa_uc
Vendas online: <http://livrariadaimprensa.uc.pt>

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Imprensa da Universidade de Coimbra

CONCEPÇÃO GRÁFICA

António Barros

IMAGEM DA CAPA

Sara Baptista

INFOGRAFIA

Sara Baptista

ISBN DIGITAL

978-989-26-0983-6

DOI

<http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6>

ATAS DAS I JORNADAS LUSÓFONAS DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Editores:

José Gomes dos Santos

Cidália Fonte

Rui Ferreira de Figueiredo

Alberto Cardoso

Gil Gonçalves

José Paulo Almeida

Sara Baptista

SUMÁRIO

NOTA INTRODUTÓRIA.....	17
------------------------	----

Editores

SESSÃO 1 - COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 1

AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO NA BACIA DO ARROIO DA RONDA, PONTA GROSSA, PARANÁ - BRASIL	19
---	----

Dinameres Antunes & Selma Ribeiro

ARTIGO 2

DINÂMICA DE TRANSFORMAÇÃO DE USO DO SOLO EM ESPAÇO RURAL A PARTIR DE FOTOINTERPRETAÇÃO NO PERÍODO 1965-2010.	35
---	----

Mário Monteiro, Alexandre Tavares & Rita Serra

ARTIGO 3

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL PARA ANÁLISE DO IMPACTE AMBIENTAL DA DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS....	57
---	----

Luís Alçada-Almeida, João Coutinho-Rodrigues & Nuno Sousa

SESSÃO 2 - COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 4

AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO INTEGRADA AOS SIG PARA GERAÇÃO DE CENÁRIO DE SUSCETIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA NAS ENCOSTAS. 81

Roberto Pinto, Sony Caneparo & Everton Passos

ARTIGO 5

DETEÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO, BASEADA NO USO DE SIG, EM LOCAIS DE ATRATIVIDADE ECOTURÍSTICA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (BRASIL)..... 108

Nadja da Costa & Vivian da Costa

ARTIGO 6

CONTRIBUIÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) E TÉCNICAS GEOESPACIAIS APLICADAS AO ESTUDO GEOTECTÔNICO - SISMICIDADE EM GOIÁS.135

Alexandre Vale e Silva & Fabrizia Nunes

ARTIGO 7

METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO E CARATERIZAÇÃO DE PAISAGENS FLUVIAIS DO BRASIL MEDIANTE CRITÉRIOS EUROPEUS.....151

Carla Prichoa, Pedro Holgado & Selma Ribeiro

SESSÃO 3 - COMUNICAÇÕES CURTAS

ARTIGO 8

O CADASTRO AMBIENTAL RURAL COMO NOVA ETAPA DO PLANEJAMENTO
TERRITORIAL AMBIENTAL BRASILEIRO.....170

João-Paulo Santos

ARTIGO 9

ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS: A NECESSIDADE DA CORRETA
DELIMITAÇÃO E DIVULGAÇÃO DO ESPAÇO DESTINADO AO PLANTIO COMO
MECANISMO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL.....179

Luana Nogueira

ARTIGO 10

AQUISIÇÃO DE DADOS TRIDIMENSIONAIS EM AMBIENTE SIG.....210

Antônio Franco, Ana Marques & José Dias

ARTIGO 11

IDENTIFICAÇÃO DE VEGETAÇÃO URBANA COM FOLHA CADUCA E PERENE EM
IMAGENS MULTIESPECTRAIS.....221

Ricardo Lopes & Cidália Fonte

ARTIGO 12

EFEITO DA AMBIGUIDADE TEMÁTICA NO CÁLCULO DE MÉTRICAS DE
PAISAGEM.237

Jorge Santos

SESSÃO 4 - COMUNICAÇÕES CURTAS

ARTIGO 13

UMA PROPOSTA PARA DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO
NO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE CARTAS
TOPOGRÁFICAS.....251

Claudia Robbi Sluter & Mônica Castro

ARTIGO 14

QUANTIFICAÇÃO DE FOCOS DE CALOR NAS MESORREGIÕES DO ESTADO DA
BAHIA - BRASIL ENTRE OS ANOS DE 2010 E 2013.....267

Adriana Arnaut & António Santos

ARTIGO 15

UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CAPÍTULO DA GEOMORFOLOGIA DE
UMA NOTÍCIA EXPLICATIVA DE UMA FOLHA DA CARTA GEOLÓGICA DE
PORTUGAL (1:50 000).....281

Eliane Marques & Carlos Meireles

ARTIGO 16

OS SIG NA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE ESTRUTURAL E SOCIAL ASSOCIADA
A TSUNAMIS: APLICAÇÃO AOS CONCELHOS DE VILA DO BISPO E FIGUEIRA
DA FOZ.....297

*José-Leandro Barros, Alexandre Tavares,
Ângela Santos & António Emídio*

ARTIGO 17

BASES DE DADOS ESPACIAIS NA GESTÃO DO COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS
- ESTUDO DE CASO: PONTOS DE ÁGUA.....315

Filipe Lopes, Sara Santos & André Oliveira

SESSÃO 5 - COMUNICAÇÕES CURTAS

ARTIGO 18

VULNERABILIDADE A INCÊNDIOS NA EUROPA MEDITERRÂNEA. ABORDAGEM
CONCEPTUAL E A UTILIZAÇÃO DE DADOS DE SATÉLITE.....330

*Adélia Nunes, Sandra Oliveira, Luciano Lourenço,
António Gonçalves, António Vieira & Fernando Félix*

ARTIGO 19

A APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A ANÁLISE
DA MORFOLOGIA URBANA NO ENTORNO DE TERMINAIS DE ÔNIBUS
URBANOS.....345

Melissa Yamada, Claudia Sluter & Cristina Lima

ARTIGO 20

GERAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA DE DADOS MORFOMÉTRICOS: PROPOSTA PARA
OS NOVOS LIMITES DO DIVISOR DE ÁGUA E ALTIMETRIA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO PERICUMÃ - MARANHÃO, BRASIL.....359

Josué Viegas, Messias dos Passos, Taíssa Rodrigues & Paulo Pereira

ARTIGO 21

NAVEGAÇÃO INDOOR BASEADA NA REDE WIFI COMO SUPORTE A
SERVIÇOS BASEADOS NA LOCALIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO NO
CAMPUS DA UL.377

Diogo Simões & João Catalão

ARTIGO 22

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS SIG E SERVIÇOS EM CLOUD NA
AVALIAÇÃO DO RISCO: APLICAÇÃO À VULNERABILIDADE ESTRUTURAL A
PROCESSOS DE INUNDAÇÃO.....390

Pedro Santos, José-Leandro Barros & Alexandre Tavares

SESSÃO 6 - POSTERS

ARTIGO 23

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE E ESTATÍSTICA ESPACIAL -
RETRATO DO SECTOR ESTRATÉGICO DO COMÉRCIO NA CIDADE
DE LISBOA.....406

Pedro Dias, Jorge Rocha, José-António Tenedório & Teresa Tomé

ARTIGO 24

O DESAFIO DA DIVULGAÇÃO DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS POR MEIO
DE SIG WEB: O PARQUE NATURAL MUNICIPAL DO CURIÓ (MUNICÍPIO
DE PARACAMBI - RJ, BRASIL).413

Vivian da Costa & Davyd de Paiva

ARTIGO 25

A IMPORTÂNCIA DA MODERNIZAÇÃO CADASTRAL NA GESTÃO
TERRITORIAL URBANA NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL –ESTADO DO
PARANÁ - BRASIL.....421

Marcos Pelegrina, Máicon Canal & Rui Julião

ARTIGO 26

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CADASTRO
MULTIFINALITÁRIO RURAL NO BRASIL.427

Marcos Pelegrina & Rui Julião

ARTIGO 27

ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL, ESPAÇOS LIVRES E ÁREAS VERDES DA ÁREA
URBANA DE PONTA GROSSA - PR UTILIZANDO IMAGEM DE SATÉLITE DE
ALTA RESOLUÇÃO.438

Dulcina Queiroz & Sílvia Carvalho

ARTIGO 28

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO INTERPOLADOR NA CRIAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT) - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE LAJEDINHO-BAHIA, BRASIL.....	444
--	------------

*Renan Farias, Milena Limoeiro, Daniel Reis,
Mirele Silva & Santiago Nascimento*

ARTIGO 29

UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MÉTODO GNSS DE PPP E OS MÉTODOS GEODÉSICOS CONVENCIONAIS.....	449
--	------------

Adriana Arnaut, António Santos & Christian dos Santos

ARTIGO 30

DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARÚ, MARANHÃO.	455
--	------------

Cutrim Júnior, Paulo Pereira, António Feitosa & Josué Viegas

SESSÃO 7 - PLENÁRIO

ARTIGO 31

OS SIG NO ENSINO E NA INVESTIGAÇÃO EM CABO VERDE	469
---	------------

Judite Medina Nascimento

SESSÃO 8 - COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 32

UM OLHAR SOBRE O DIREITO À PRIVACIDADE E OS SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO (LBS) À LUZ DOS ORDENAMENTOS JURÍDICOS PORTUGUÊS E BRASILEIRO.487

Tatiana Marques

ARTIGO 33

A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM ANGOLA: SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA E PLANO DE AÇÃO DE APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO NACIONAL DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.512

Dilson Kitoko & Marco Painho

ARTIGO 34

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO SUPORTE À GESTÃO MUNICIPAL - ESTUDO COMPARATIVO DOS CASOS DE JOINVILLE, SC (BRASIL) E AMADORA, AML (PORTUGAL)532

Rui Julião, Carlos Loch & Yuzi Rosenfeldt

ARTIGO 35

JANGADA DE SIG NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA PORTUGUESA.....551

Joaquim Patriarca, Sara Canilho, João Sacramento, Ricardo Correia, António Castro, Sara Santos, José Santos & Ricardo Pinho

SESSÃO 9 - COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 36

DIRETÓRIO DE GEOPORTAIS PORTUGUESES (GEOPORTAIS.COM)583

Ricardo Pinho & José Gonçalves

ARTIGO 37

INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS DE REGISTRO E DE CADASTRO ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS606

Amilton Amorim, Priscila Victorino, Alisson Carmo & Rui Julião

ARTIGO 38

GEOGESTÃO APLICADA AO ESPAÇO UNIVERSITÁRIO: CARACTERÍSTICAS DO ESPAÇO ARQUITETÔNICO FACILITADORAS DO APRENDIZADO.....626

Maria do Carmo Bezerra & Mona-Lisa Choas

ARTIGO 39

INTEGRAÇÃO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO EM SIG: APLICAÇÃO AO CASO DA DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS.....649

Alexandra Ribeiro & Alberto Cardoso

ARTIGO 40

GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE LINHAS RECORRENDO A TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....669

José Travanca Lopes & João Catalão

SESSÃO 10 - COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 41

IDENTIFICAÇÃO AUTÓNOMA DE SINAIS DE TRÂNSITO NUM SISTEMA DE
MAPEAMENTO MÓVEL.684

Sérgio Madeira, Claudionor Ribeiro, António Sousa & José Gonçalves

ARTIGO 42

PRODUÇÃO AUTOMÁTICA DE ORTOFOTOS EM ÁREAS URBANAS UTILIZANDO
VEÍCULOS AÉREOS NÃO-TRIPULADOS E SOFTWARE DE CÓDIGO
ABERTO.705

Diogo Duarte & Gil Gonçalves

ARTIGO 43

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL. APLICAÇÃO A UM LEVANTAMENTO
REALIZADO EM COIMBRA UTILIZANDO VANT.723

Maria-João Henriques, Virgínia Manta & João Marnoto

ARTIGO 44

GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE ORTO-MOSAICOS DE FOTOS AÉREAS DE ARQUIVO
DO CONCELHO DE COIMBRA.....748

José Goncalves, Virgínia Manta & Mário Carvalho

ARTIGO 45

USO DE DADOS VANT NA VETORIZAÇÃO DE RODOVIAS.767

Claudionor Silva, José Gonçalves & Luísa Bastos

SESSÃO 11 - COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 46

**METODOLOGIA EM AMBIENTE SIG PARA LOCALIZAR DISPOSITIVOS DE AUXÍLIO
AO CICLISTA EM CIDADES DECLIVOSAS.....790**

Lino Tralhão, João Coutinho-Rodrigues & Nuno Sousa

ARTIGO 47

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO E APOIO À DECISÃO PARA PROJETOS DE REGENERAÇÃO
URBANA BASEADO EM TECNOLOGIA SIG.....810**

Eduardo Natividade-Jesus, João Coutinho-Rodrigues & Nuno Sousa

ARTIGO 48

**ALGUMAS TÉCNICAS SIG ÚTEIS À OBTENÇÃO DE ÁREAS DE SERVIÇO DE
CONJUNTOS DE PONTOS.....832**

Lino Tralhão, João Coutinho-Rodrigues & Nuno Sousa

ARTIGO 49

**ESTUDOS DE IMPACTE AMBIENTAL EM INFRAESTRUTURAS RODOVIÁRIAS COM
RECURSO A TECNOLOGIA SIG E AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO.....861**

Agostinho Gonçalves, João Coutinho-Rodrigues & Nuno Sousa

SESSÃO 12 - COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 50

AGIM - ENSINO PÓS-GRADUADO EM GESTÃO DE INFORMAÇÃO
AGRÍCOLA E AGRICULTURA DE PRECISÃO EM CABO VERDE E
MOÇAMBIQUE.889

Marco Painbo, Alexandre Baptista, Judite Nascimento & Ali Atumane

ARTIGO 51

TECNOLOGIAS GEOESPACIAIS NA DEMARCAÇÃO DAS FRONTEIRAS DA GUINÉ-
BISSAU.910

Maria Nunes, Fernando Costa & Ana Melo

ARTIGO 52

MODELAGEM DO CONHECIMENTO SOBRE REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS NA
GEOGRAFIA: DO MAPA CONCEITUAL À REDE SEMÂNTICA.....928

*Cleide Santos, Ivan Cardoso, Hernane Pereira,
José Rocha & Alfredo Matta*

ARTIGO 53

OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E A INOVAÇÃO EM
TURISMO941

João Reis

EDITORES E APOIOS

JOSÉ GOMES.....	962
CIDÁLIA FONTE.....	963
RUI FERREIRA DE FIGUEIREDO.....	964
ALBERTO CADOSO.	965
GIL GONÇALVES.	966
JOSÉ PAULO ALMEIDA.	967
SARA BAPTISTA.....	968
APOIOS E PATROCÍNIOS.	969

NOTA INTRODUTÓRIA

Decorridos dois anos após a abertura da 1ª edição do curso de Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica (MTIG) da Universidade de Coimbra, o corpo docente do Curso lançou um desafio à comunidade lusófona de utilizadores de informação geográfica e das geotecnologias: a partilha de conhecimentos e de experiências individuais e/ou coletivas, de âmbito local, regional, nacional ou internacional, organizando as I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica, que tiveram lugar em Coimbra, de 11 a 13 de setembro de 2014.

Esta reunião científica, subordinada ao tema “Marcos e Marcas Lusófonas”, foi organizada pelo corpo docente do curso de Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica (MTIG) da Universidade de Coimbra - PORTUGAL, sobre o qual poderá obter, mais informações no endereço <http://www.uc.pt/fluc/depgeo/posgraduacao/tig>. Neste primeiro encontro foi possível reunir 46 comunicações e 8 posters, envolvendo mais de 80 autores provenientes de Portugal, Brasil, Cabo Verde, Moçambique e Espanha. A todos a Comissão Organizadora expressa o seu agradecimento pelo empenho e pela qualidade dos trabalhos apresentados, esperando que esta iniciativa possa frutuosamente contribuir para a troca de ideias e conhecimentos nos domínios das ciências e tecnologias de informação geográfica e da sua aplicação em contextos geográficos muito variados, bem como para o fortalecimento dos laços institucionais e pessoais no âmbito da comunidade científica de expressão portuguesa.

*Saudações dos Editores: Alberto Jorge Cardoso, Cidália Maria Fonte, Gil Rito Gonçalves,
José Gomes dos Santos, José Paulo de Almeida, Rui Ferreira & Sara Baptista.*

SESSÃO 1

COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 1

AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO NA BACIA DO ARROIO DA RONDA, PONTA GROSSA, PARANÁ - BRASIL

ANTUNES, Dinameres Aparecida & RIBEIRO, Selma Regina Aranha

Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)
Programa de Pós Graduação em Gestão do Território
Laboratório de Geotecnologias
Avenida General Carlos Cavalcanti, 4748, CEP 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil
Tel: (42) 3220-3045, e-mail: dinameres@gmail.com¹; selmar.aranha@gmail.com²

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar na bacia hidrográfica da Ronda a aplicação das áreas de preservação permanente estabelecidas pelo Código Florestal brasileiro (Lei Federal nº 12.651/2012). A bacia do arroio da Ronda abrange tanto áreas urbanas e rurais de Ponta Grossa-Paraná e possui diversos usos e ocupações em seu limite. Para cumprir com o objetivo recorreu-se as geotecnologias e suas técnicas, estas que muito contribuem aos estudos geográficos no que tange a sua execução, otimização e visualização. A partir da imagem de satélite Landsat 5 TM de 11 de setembro de 2011 foi possível obter dados dos usos e ocupações da terra com a técnica de classificação supervisionada pelo algoritmo da máxima verossimilhança. Em Sistemas de Informações Geográficas realizou-se cálculos de área, recorte, máscaras e cartogramas, os quais possibilitaram concluir que há usos conflitantes (área urbana, solo exposto e agricultura) nas áreas de preservação permanente na área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE

Sensoriamento remoto, SIG, Classificação digital.

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_1

EVALUATION OF AREAS OF PERMANENT PRESERVATION OF THE BRASILIAN FOREST CODE IN RONDA RIVER BASIN, PONTA GROSSA, PARANÁ - BRASIL

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate on the hydrographic basin of Ronda the application of the permanent preservation areas established by the Brazilian Forest Code (Federal Law nº 12.651/2012). The basin of the stream of Ronda covers both urban and rural areas of Ponta Grossa, Paraná and has many uses and occupations at its limit. To fulfill the objective recovered to the geotechnology and its techniques, which greatly contribute to these geographic studies regarding its implementation, optimization and visualization. From the satellite image Landsat 5 TM of September 11, 2011 it was possible to obtain data of the use and occupation of the land with the technique of supervised classification using the maximum likelihood algorithm. In Geographic Information Systems was held area calculations, clipping, masks and maps, which made it possible to conclude that there is conflicting uses (urban area, bare soil and agriculture) in the areas of permanent preservation in the study area.

KEYWORDS

Remote sensing, GIS, Digital classification.

1. INTRODUÇÃO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar se as Áreas de Preservação Permanente instituídas pelo Código Florestal Brasileiro possuem uso pertinente com a referida legislação na bacia do arroio da Ronda no município de Ponta Grossa, Paraná.

Foram utilizadas técnicas de geotecnologias que são úteis nas mais diversas áreas, possibilitam obter informações e dados, e otimizam o tempo de trabalho.

Mediante o processamento de imagem digital obtida por sensoriamento remoto (Landsat 5) foi possível realizar classificação supervisionada pelo algoritmo da máxima verossimilhança e em programa de Sistemas de informação geográfica organizou-se os dados afim de associar as informações obtidas, gerar cartogramas e calcular as áreas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Geotecnologias

O avanço tecnológico proporcionou o desenvolvimento das geotecnologias, que Rosa (2005) define como um conjunto de tecnologias para a coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias como o Sensoriamento Remoto (SR), Processamento de Imagem Digital (PDI), e Sistemas de informação geográfica (SIG) possibilitam o estudo das várias áreas da Geografia mediante técnicas matemáticas e computacionais, que permitem o levantamento de informações qualitativas e quantitativas.

De acordo com Lilessand e Kiefer (1987) o Sensoriamento Remoto constitui-se como ciência e arte de adquirir informações sobre objetos e fenômenos sem contato com esses, tipicamente utiliza regiões do espectro eletromagnético e instrumentos localizados em plataformas móveis. Os dados adquiridos são transformados por meio de técnicas de interpretação e reconhecimento de padrões, utilizando computadores. Possibilita uma visão sinóptica e panorâmica de uma dada região e condições homogêneas para observação de fenômenos. É uma forma eficaz de monitoramento em escala global e local, pois possibilita rapidez e periodicidade no fornecimento de imagens e informações. (CENTENO, 2004; JENSEN 2009; ROSA 2005).

Os Sistemas de informação geográfica, e Sensoriamento Remoto, são adequados para estudos do meio ambiente, pois proporcionam a manipulação, organização e transformação dos dados em informações, facilitando a interpretação e tomada de decisões.

Para a gestão e o planejamento é de importância o conhecimento da distribuição espacial dos recursos naturais terrestres, da população e de outras características, que respaldam a tomada de decisões. Portanto é necessário o desenvolvimento de métodos e técnicas que possibilitem que esse conhecimento esteja sempre atualizado, nesse sentido as geotecnologias são pertinentes para os estudos nas mais variadas áreas da Geografia.

2.2 Legislação ambiental e Código Florestal Brasileiro

A legislação ambiental brasileira se compõe de um conjunto de leis, decretos e medidas provisórias, federais, estaduais e municipais, onde se destacam a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/81), a Política de Recursos Hídricos (Lei Estadual 7.663/91 e Lei Federal 9.433/97), e o “Código Florestal Brasileiro” (Lei 4.771/65), que aborda ainda as restrições ao uso e ocupação da terra, este que é de extrema importância para a preservação e conservação dos recursos naturais, possibilitando a otimização de seu potencial de uso e garantindo o desenvolvimento sustentável.

Nesse trabalho deu-se ênfase as Áreas de Preservação Permanente instituídas no Código Florestal Brasileiro.

O Brasil teve seu primeiro Código Florestal do País em 1934 (Decreto 23.793) e, foi atualizado em 1965 (Lei nº 4.771), a partir de 1996 passou a ser modificado por diversas Medidas Provisórias, até ser reformulado 2012 com a Lei 12.651. (BRASIL, 2012).

O Código Florestal Brasileiro (Lei Federal número 12.651/2012) estabelece normas gerais com o fundamento central da proteção e uso sustentável das florestas e demais formas de vegetação nativa em harmonia com a promoção do desenvolvimento econômico.

As Áreas de Preservação Permanente (APP's) foram instituídas no Código Florestal de 1965, essas áreas foram aumentadas no código de 1988, e na lei atual (Lei 12.651/2012) não houve alterações.

O artigo 3º, alínea II da Lei Federal 12.651/2012, descreve conceitualmente as APP's (Áreas de Preservação Permanente - APP):

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; (BRASIL, 2012, p. 2)

O artigo 4º da legislação citada delimita as Áreas de Preservação Permanente, conforme mostra o Tabela 1:

Tabela 1 - Áreas de Preservação Permanente e suas larguras conforme o curso d'água

Área de Preservação Permanente - APP (metros)	Largura do curso d'água natural (metros)
30	até 10
50	de 10 a 50
100	de 50 a 200
200	de 200 a 600
500	maiores de 600
50	Nascentes e olhos d'água

Fonte: Adaptado de Brasil (2012)

3. ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Arroio da Ronda se localiza na porção sudoeste do município de Ponta Grossa, este se situa na porção sudoeste do estado do Paraná conforme ilustra Figura 1, na região fitogeográfica denominada por Maack (2002) de Campos Gerais do Paraná.

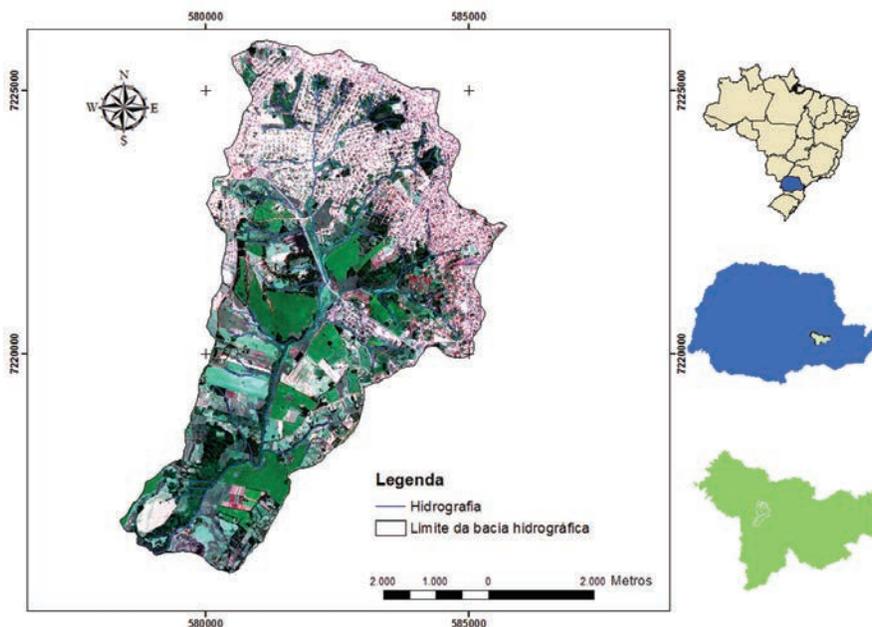


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica da Ronda

Fonte: A autora

A bacia do Arroio da Ronda engloba total ou parcialmente alguns bairros do município de Ponta Grossa e parte da área rural. Apresenta um total de 36,83 km², desses 27,51 km² estão na área urbana e os outros 9,32 km² na área rural. As nascentes da referida bacia se encontram na porção central da cidade, e sua foz no rio Tibagi, um dos principais do Paraná.

Na bacia hidrográfica da Ronda a largura do curso d'água natural é menor que 10 metros, então de acordo com a Lei Federal número 12.651/2012 (Código Florestal Brasileiro) as áreas de preservação permanentes em seu entorno devem ter 30 metros, e para o caso das nascentes e olhos d'água de 50 metros.

4. METODOLOGIA

Para a análise do uso e ocupação da terra da bacia do arroio da Ronda definiu-se a imagem orbital como base para análise visual e interpretação e classificação. Na página do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) foi adquirida gratuitamente uma cena do satélite Landsat 5 TM, de 06 de Junho de 2011, órbita 221, ponto 77, que contempla a área de estudo. Foram utilizadas as seguintes bandas espectrais: 1, 2, 3, 4, 5 e 7, com resolução espacial de 30 metros, radiométrica de 8 bits, e temporal de 16 dias, a Tabela 2 mostra algumas de suas características.

Tabela 2 - Características das bandas do sensor TM

Bandas Espectrais	Comprimento de onda	(μ)
1	Visível (verde)	0,45 - 0,52
2	Visível (vermelho)	0,50 - 0,60
3	Visível (azul)	0,63 - 0,69
4	Infravermelho próximo	0,76 - 0,90
5	Infravermelho médio	1,55 - 1,75
7	Infravermelho médio	2,08 - 2,35

Fonte: EMBRAPA <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>

Pré-processamentos foram realizados para poder trabalhar com a imagem Landsat 5 TM: organização das seis das bandas em uma só, recorte da área de estudo, transformação geométrica, e classificação digital.

Com a carta topográfica adquirida gratuitamente na página do ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências), junto às curvas de nível disponibilizadas na página da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, Paraná, e com o auxílio visual da ortoimagem, a rede de drenagem da bacia do Arroio da Ronda foi digitalizada.

Em ambiente SIG foram definidas as áreas de entorno (buffer) e realizadas reclassificações de imagem, máscaras, cálculos de áreas, e cartogramas.

O recorte da imagem Landsat 5 TM de 06/06/2011 está representado na Figura 2, com composição colorida R5G4B3, ou seja, com as bandas: do infravermelho médio no canal eletrônico vermelho (R-red), do infravermelho próximo no canal verde (G- green) e do azul no canal azul (B- blue), com resolução espacial de 30 metros.



Figura 2 - Recorte da imagem Landsat 5 TM
Fonte: INPE, (2011)

4.1 Transformação geométrica

A imagem digital pode apresentar incoerências geométricas em relação ao mundo real, por isso recomenda-se fazer a transformação geométrica, que segundo D'Alge (2001), cria uma relação entre as coordenadas da imagem e as coordenadas geográficas da base, estabelecendo o espaço geográfico a ser ocupado pela imagem corrigida. Minimiza as incoerências geométricas, e adequa as imagens a um sistema de coordenadas apropriado.

Para a realização da transformação geométrica utiliza-se uma imagem com todas as correções necessárias para adquirir as mesmas características de um mapa (ortoimagem). As coordenadas e geometrias corretas da ortoimagem são transportadas para a imagem Landsat 5 TM, com a coleta de pontos de controle (notáveis) coletados nas duas imagens. Depois de realizada a transformação geométrica, é feita a validação com a finalidade de verificar a acuracidade da transformação.

Não foi realizada a correção atmosférica na imagem, esta pode melhorar a qualidade da imagem e conseqüentemente dos processamentos.

4.2 Classificação digital supervisionada

Segundo Centeno (2004), uma forma de tornar a interpretação de imagens digitais mais simples é a classificação digital, que consiste em separar grupos de pixels com características espectrais semelhantes em classes ou categorias, pois pixels cobrindo uma mesma área devem ter características espectrais similares. Assim a classificação gera uma nova imagem resumida, na qual cada pixel está associado a uma classe.

Ribeiro (2003) menciona que a classificação tem como objetivo ordenar, discriminar e categorizar, baseando-se em características espectrais dos objetos. Essa é uma técnica estatística frequentemente utilizada, visto que na maioria das vezes agiliza trabalhos, minimiza custos, e otimiza os mapeamentos temáticos.

Há duas formas de classificação digital de imagens: a não supervisionada, na qual o usuário só define as classes, e o algoritmo computacional executa a classificação; e a supervisionada, na qual o usuário define as classes e seleciona amostras puras e representativas de cada categoria, e

o algoritmo calcula parâmetros estatísticos para executar a classificação.

Os métodos de classificação supervisionada se baseiam nos classificadores, que empregam as funções estatísticas ou outras regras de lógica para avaliar e comparar as características das refletâncias espectrais dos pixels, com as características de uma determinada classe de padrão, para classificar e delinear as classes das imagens digitais. (LIU, 2007).

A amostragem é essencial para a classificação supervisionada, pois dela depende a qualidade da classificação. Portanto deve-se sempre coletar amostras puras e representativas que estejam distribuídas ao longo de toda a região.

Após a coleta das amostras é necessário verificar a qualidade da amostragem, há diversas formas de fazer essa verificação, dentre elas a divergência transformada, que confronta os valores de pares de classes, esses valores variam de 0 a 2, quanto mais próximo de 2,00 melhor é a separação entre as classes.

Nesse trabalho, utilizou-se o método da máxima verossimilhança (MAXVER) para realizar a classificação supervisionada, este utiliza a média das respostas espectrais de cada classe das amostras de treinamento nas diferentes bandas, assim define a classe mais provável para cada pixel, dentre as classes existentes, utilizando o conceito de probabilidade condicional. Dessa forma, cada pixel tem sua probabilidade de pertencer a cada classe testada, e a categoria de maior probabilidade recebe o pixel. (CENTENO, 2004).

Na classificação pela máxima verossimilhança os pixels são separados no espaço espectral por elipses geradas a partir da média das respostas espectrais das amostras de treinamento de cada classe. Estas elipses podem ser ampliadas até que todos os pixels sejam classificados. Segundo Richards (1993) a classificação supervisionada mais utilizada é a MAXVER.

De acordo com Moreira (2011), a desvantagem do MAXVER é o uso exclusivo do atributo espectral para a separação dos pixels e a subjetividade presente no processo de coleta das amostras de treinamento, que é efetuada segundo o critério do analista que coleta amostras puras e representativas mediante seu conhecimento, intensidade visual da cena,

e elementos de fotointerpretação.

Depois de realizada a classificação, necessita-se examinar sua qualidade. Uma das maneiras é mediante a matriz de confusão, que é uma matriz quadrada de números que expressam a quantidade de unidades amostrais; associada a uma dada classe durante o processo de classificação efetuado, e a categoria real a que pertencem essas unidades. (MANGABEIRA et. al, 2003).

Conforme Centeno (2004), em uma condição ideal na qual todos os pixels são classificados corretamente, a matriz só apresenta valores nas diagonais. No entanto, isso raramente acontece, e o número de pixels incorretos é o total que se localiza fora da diagonal principal. Sendo assim, calcula-se a estimativa global da qualidade, somando os valores da diagonal principal dividido pelo total de pixels da amostra.

Moreira (2011) argumenta que a partir da matriz de confusão é possível obter a estatística kappa que tem por vantagem a inclusão de todos os elementos da matriz de confusão e não somente os elementos da diagonal principal. Há uma tabela de valores para analisar a qualidade da classificação segundo o índice kappa (Tabela 3):

Tabela 3 - Qualidade da classificação mediante índice kappa

Valor de kappa	Qualidade do mapa temático
< 0,00	Péssima
0,00 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Boa
0,60 - 0,80	Muito boa
0,80 - 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Moreira (2011)

Com base na análise visual foram definidas seis classes para realizar a classificação digital supervisionada, são elas: campo (vegetação rasteira), áreas de cultivo, corpos d'água, cobertura florestal, solo exposto e área urbana.

Ao final do processo de classificação supervisionada da imagem obtém-se uma imagem classificada representando o uso, cobertura e ocupação

da terra, na qual é possível extrair informações de espacialização dos usos, as suas áreas, além de sobrepor a ela vetores correspondentes as áreas de preservação permanente no programa de SIG.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para realizar a transformação geométrica foram coletados dezessete pontos de controle nas duas imagens (ortoimagem e Landsat 5 TM). Depois fez-se a validação com a coleta de cinco novos pontos de controle, e submissão das suas coordenadas ao cálculo de validação para verificar a acuracidade da transformação, dessa forma obteve-se o erro quadrático médio de 4,62 metros apropriado à resolução espacial da imagem Landsat 5 TM que é de 30 metros.

Para cada classe de uso da terra foram coletadas 290 amostras de treinamento. Após coleta das amostras foi verificada a acuracidade com o cálculo da divergência transformada, sendo que quanto mais próximo a 2,00 melhor é a qualidade da amostragem aos pares entre classes. Como todas as classes com exceção de solo exposto e área urbana (valor insatisfatório de 1,71, mostrando que não tem uma separação ideal) se aproximaram de 2,00 considera-se a amostragem com qualidade boa.

Em seguida, realizou-se a classificação pelo método da máxima verossimilhança (MAXVER), e como resultado do processamento obteve-se a seguinte imagem classificada (Figura 3).

Posteriormente à classificação, a fim de realizar a matriz de confusão, foram coletadas novas amostras de treinamento baseadas em conhecimento empírico e com o auxílio visual do Google Earth, estas foram testadas mediante a divergência transformada, onde somente “área urbana” e “solo exposto” não apresentaram separação satisfatória.

Com as amostras de treinamento citadas anteriormente efetivou-se a matriz de confusão, as Tabelas IV e V ilustram os resultados obtidos com a matriz, e o coeficiente kappa.

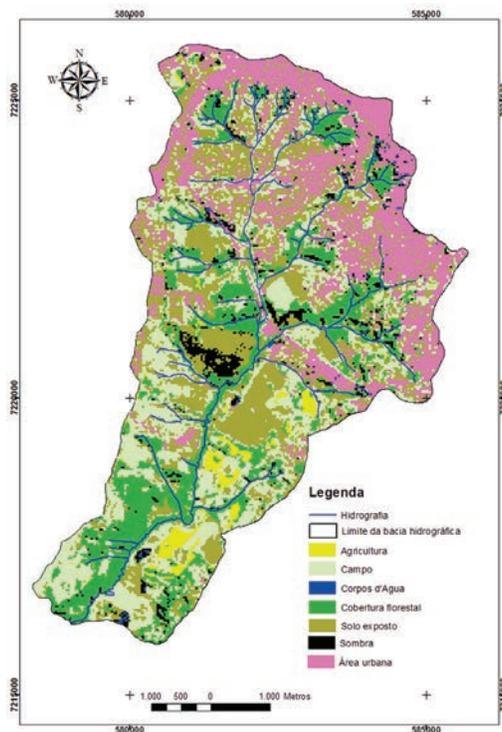


Figura 3 - Imagem classificada por MAXVER

Tabela 4 - Matriz de confusão (%)

Classes	Floresta	Corpos d'água	Campo	Cultivo	Solo exposto	Área urbana	Total
Não classificada	0	0	0	0	0	0	0
Floresta	100	0,35	0,58	1,03	0	0	12,83
Corpos d'água	0	99,31	0	0	0,57	0,68	20,72
Campo	0	0	99,42	0,34	0	0	12,26
Cultivo	0	0	0	98,62	0	0	20,5
Solo exposto	0	0	0	0	98,86	1,01	12,69
Área urbana	0	0,35	0	0	0,57	98,31	21,00
Total	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: A autora

Tabela 5 - Qualidade da classificação

Matriz de confusão	99,99
Coefficiente Kappa	0,98

Fonte: A autora

As classes área urbana e solo exposto possuem confusão espectral, no entanto como ambos são consequências de atividades antrópicas, essa confusão não acarretou problemas na análise proposta. Há pequenas manchas da classe corpos d'água, essas se constituem como espúrios, e como o trabalho se baseou em análise visual da imagem classificada, estes pixels não se caracterizaram como problema.

A imagem classificada foi exportada para um programa de SIG juntamente com os vetores de cada classe. Gerou-se áreas de entorno com as medidas para essa bacia hidrográfica de acordo com o Código Florestal Brasileiro afim de avaliar os usos da terra nas Áreas de Preservação Permanente.

Conforme é possível ver na área de entorno há usos que não são compatíveis com áreas de preservação permanente, a Figura 4 ilustra a APP, seus usos ocupações da terra. A Tabela 6 mostra as áreas de cada uso da terra na APP da bacia hidrográfica da Ronda.

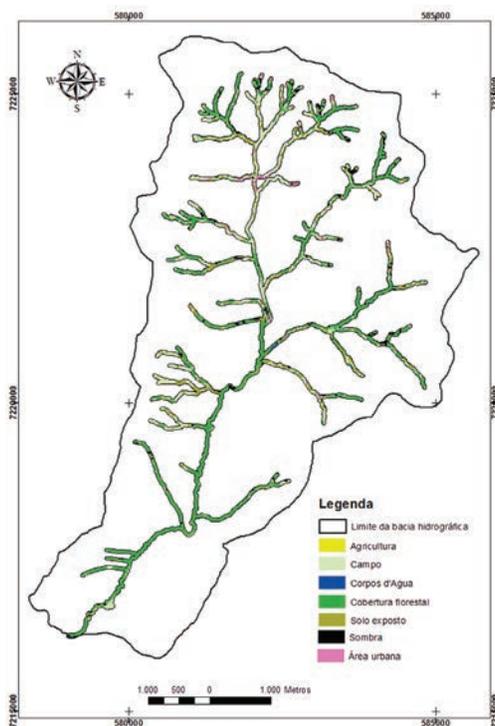


Figura 4 - APP, usos da terra

Tabela 6 - Usos da terra na área de preservação permanente da bacia do arroio da Ronda (m² e %)

Área urbana	109831,78	3,0 %
Cultivo	36777,13	1,0 %
Campo	952963,99	25,7 %
Corpos hídricos	9008,90	0,2 %
Cobertura florestal	1874330,72	50,5 %
Solo exposto	537563,44	14,5 %
Sombra	188112,71	5,1 %
Total	3.708.588,68	100,0 %

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou o uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica da Ronda nas suas Áreas de Preservação Permanente mediante o uso das geotecnologias: Sensoriamento Remoto, Processamento de Imagens Digitais e Sistemas de informação geográfica.

A bacia hidrográfica do Arroio da Ronda em Ponta Grossa - Paraná se localiza parcialmente na região urbana, e parte na região rural, portanto possui usos e ocupações da terra diversificados, como pôde ser constatado na imagem classificada.

Alguns desses usos divergem do determinado em algumas legislações: Lei Federal 12651/12 “Código Florestal” brasileiro que estipula como Áreas de Preservação Permanente, o entorno com raio de 50 metros para as nascentes, e 30 metros para cursos d’água naturais menores que 10 metros de largura.

Verifica-se que, embora as legislações tenham evoluído adotando medidas que regulamentam os usos da terra de maneira que propicie a preservação ambiental, há divergências entre a realidade e a legislação, como aqui constatado neste estudo na bacia hidrográfica da Ronda.

Embora não se tenha parâmetros de verificação mediante análise temporal há carência de ações que proporcione mudar esses usos, ou mitigar impactos negativos nas áreas.

As técnicas de Sensoriamento Remoto, Processamento de Imagem Digital de e Sistemas de informação geográfica proporcionaram esta avaliação

no que se refere as áreas de preservação da lei 12651/12. Destaca-se que quando da execução das áreas de entorno sobreposta com a imagem classificada, pode-se observar na Figura 4 que o Código Florestal brasileiro no que tange as APP's não é cumprido em boa parte na bacia do arroio da Ronda. São 3.708 km² de área de preservação permanente, desses 684 km² são ocupados com usos antrópicos (usos característicos de área urbana, solo exposto, agricultura).

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. Código Florestal. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Dispõe sobre a a proteção da vegetação nativa. Câmara dos Deputados. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/>> Acessado em 05/11/2012.
- CÂMARA, G.; DAVIS. C.; MONTEIRO, A. M. (2001) Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em 25/09/2012.
- CENTENO, J. A. (2004) S. Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais. Curitiba: Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná. 219p.
- D' ALGE, J. C. L. (2001) Cartografia para Geoprocessamento. In: CÂMARA, G; DAVIS, C; MONTEIRO, A. M. V. (org.), Introdução á Ciência da Geoinformação. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap6-cartografia.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2012.
- EMBRAPA. (2011) Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial. Disponível em:< <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>>. Acesso em: 23 Set. 2011.
- JENSEN J. R. (2009) Sensoriamento Remoto do Ambiente. Tradução de J. C. N. Epiphanyo *et al.* São José dos Campos. São Paulo: Parênteses, 2009.
- LANG, S.; BLASCHKE,T. (2009) Análise da paisagem com SIG. São Paulo (SP): Oficina de Texto. 424p.
- LILLESAND, THOMAS M.; KIEFER, RALPH W. (2000) Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons. 4a Ed. Estados Unidos.
- LIU, W. T. H. (2007) Aplicações de Sensoriamento Remoto. Campo Grande- MS: Uniderp, 2007. 908 p.
- MAACK, R. (2002) Geografia Física do Estado do Paraná. 3. ed. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, Universidade Federal do Paraná, Instituto de Biologia e Pesquisa Tecnológica. 438 p.

- MANGABEIRA, J. A. C., AZEVEDO, E. C., LAMPARELLI, R. A. C. (2003) Avaliação do levantamento do uso das terras por imagens de satélite de alta e média resolução espacial. Comunicado técnico 11. Campinas: Embrapa, p.15.
- MOREIRA, M. A. (2011) Fundamentos do Sensoriamento e Metodologia de Aplicação. 3.ed. Viçosa: Ed. UFV. 320p.
- RIBEIRO, S.R.A. (2003) Integração de Imagens Landsat TM e dados auxiliares para a delimitação automática de unidade fisionômicas (paisagem) e geológicas usando redes neurais artificiais. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- RICHARDS, J. A. (1993) Remote sensing digital imageanalysis - na introduction. 2nd ed. Springer-Verlag, Berlin. 281p.
- ROSA, R. (2005) Geotecnologias na Geografia Aplicada. Revista do Departamento de Geografia da USP, São Paulo, nº 16, 81-90.
- SILVA, A. B. de. (1999) Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos. Campinas: Unicamp, 236 p.(Coleção Livro-Texto)

ARTIGO 2

DINÂMICA DE TRANSFORMAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ESPAÇO RURAL A PARTIR DE FOTOINTERPRETAÇÃO NO PERÍODO 1965-2010

MONTEIRO, Mário¹ & TAVARES, Alexandre Oliveira^{1,2} & SERRA, Rita²

¹ Departamento de Ciências da Terra - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (Portugal); Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 860 500; Fax: +351 239 860 501; email: mariodsmonteiro@gmail.com; atavares@ci.uc.pt

² Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra (Portugal); Colégio de S. Jerónimo; Largo D. Dinis, Apartado 3087, 3000-995 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 855 570; Fax: +351 239 855 589; email: atavares@ci.uc.pt; ritaserra@ces.uc.pt

RESUMO

Os processos de alteração de uso e ocupação do solo apresentam uma variedade de trajetórias, dependendo das condições locais, do contexto regional e de influências externas. O estudo apresentado é uma avaliação das mudanças no uso e ocupação do solo, do ponto de vista espacial e temporal, no período 1965-2010. A área em análise corresponde genericamente a um espaço rural localizado no concelho da Lousã. Apoiado por uma coleção de imagens para cinco períodos (1965, 1974, 1983, 1995 e 2010), os indicadores de transformação foram analisados em termos do grau de estabilidade (GE), que expressa a proporção total da paisagem que não evidenciou qualquer transição de uso. As transições espaciais e temporais envolvem um aumento significativo das áreas urbanas com um tecido urbano descontínuo, uma redução dos espaços agrícolas e a rotação significativa da ocupação e tipo de floresta. A metodologia aplicada evidenciou quatro períodos de transformação, mostrando uma evolução distinta no uso e ocupação do solo, em que a consolidação urbana está presente de forma consistente, em conjunto com a rotação da tipologia da floresta,

envolvendo a degradação florestal e o aumento das áreas agro-florestais ou das áreas com vegetação escassa ou ardidas.

PALAVRAS-CHAVE

Uso e ocupação do solo, Forçadores de transformação, Grau de estabilidade, Rotação da floresta, Imagens de satélite.

DYNAMIC TRANSFORMATION OF LAND USE AND OCCUPATION IN RURAL AREAS FROM PHOTOINTERPRETATION IN THE PERIOD 1965-2010

ABSTRACT

The processes of change in land use have a variety of trajectories, depending on local conditions, regional context and external influences. The study is an analysis of the changes in land use, in terms of space and time, in a rural area, for the period 1965-2010. The analyzed area is a part of the Lousã County, in central Portugal. Supported by a collection of images for five periods (1965, 1974, 1983, 1995 and 2010), the indicators of transformation were analyzed in terms of the stability grade (SG), which expresses the total proportion of the landscape that showed no transition use. The spatial and temporal transitions involve a significant increase in urban areas with a discontinuous urban fabric, a reduction in agricultural areas and significant rotation of occupation and type of forest. The methodology presented four periods of transformation, showing a distinct evolution in land use where the urban consolidation is consistently present, together with the rotation of the typology of the forest, involving forest degradation and the increase of agro-forestry areas or areas with sparse vegetation or burnt.

KEYWORDS

Land use, Transformation forcers, Stability grade, Forest routing, Satellite imagery.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Verburg *et al.* (2010) as modificações no uso e ocupação do solo apresentam uma variedade de trajetórias, dependendo das condições locais, do contexto regional e dos factores externos. Diferentes estudos destacam as interacções que envolvem forçadores socioeconómicos e condições biofísicas (ASPINALL, 2004; BRAIMOH & ONISHI, 2007; TAVARES *et al.*, 2012; LI *et al.*, 2013).

Conforme realçado por Hietel *et al.* (2004), as alterações no uso e ocupação do solo em áreas rurais ocorrem dentro dos limites físicos da paisagem e pressupõem um conhecimento das dinâmicas em curso e das suas características resultantes (CLAESSENS *et al.*, 2009; DOMON, 2011). Vários estudos avaliam a dinâmica da paisagem rural através da representação de padrões e da evolução dos indicadores (HASSE & LATHROP, 2003; BODESMO *et al.*, 2012), tendo outros autores apontado que as trajectórias de uso e ocupação do solo emergem da concorrência entre as áreas agrícolas e florestais, como enfatizado por Rudel *et al.* (2005), Lasanta *et al.* (2006) e Abdullah e Nakagoshi (2008).

As transformações de uso e ocupação do solo são avaliadas por diferentes métodos e fontes documentadas (ASPINALL, 2004; BRAIMOTH, 2006; WENTZ *et al.*, 2006), e especificamente pelo uso de técnicas de fotointerpretação (HARA *et al.*, 2005; PAN & ZHAO, 2007; ROZENSTEIN & KARNIELI, 2011). O uso de imagens de satélite para interpretação tornou possível integrar conjuntos de imagens com vários períodos de observação, obtidas a partir de fontes diversas e utilizando diferentes escalas. A reconstituição do trajecto de transformação usando fotografias aéreas e imagens de satélite, de acordo com os princípios de classificação uniforme e recursos de validação de campo têm sido explorados por diversos autores (TAPIADOR & CASANOVA, 2003; CATALAN *et al.*, 2008; KOlios & STYLIOS, 2013).

A detecção da dinâmica de transformação temporal no uso e ocupação do solo podem ser divididos em três passos principais: pré-classificação unitária (classificação de imagem única); classificação comparativa (comparação entre imagens de diferentes anos) e pós-classificação (comparação global do processo de transformação), como demonstrado por Manandhar *et al.* (2010) e Tavares *et al.* (2012).

Em Portugal, diferentes estudos têm salientado os processos de alteração de uso do solo rural (CASTANHEIRA & ARANHA, 2004; FREIRE *et al.*, 2009; JONES *et al.*, 2011; POÇAS *et al.*, 2011; NUNES *et al.*, 2011; AZEVEDO *et al.*, 2011; DIOGO & KOOMEN, 2012; FIGUEIREDO *et al.*, 2012).

O objectivo principal deste trabalho é analisar as mudanças espaciais

e temporais do uso e ocupação do solo numa área montanhosa rural, durante o período 1965-2010. Assim, pretende-se responder às seguintes questões:

- Quais são as transformações espaciais e temporais de uso e ocupação do solo?
- Quais são as mudanças gerais de uso e ocupação do solo e qual é a evolução do grau de estabilidade?
- Que forçadores sistemáticos e casuísticos podem ser apontados nas transformações de uso e ocupação do solo?

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se no interior centro de Portugal, na Serra da Lousã, no município da Lousã (Figura 1).

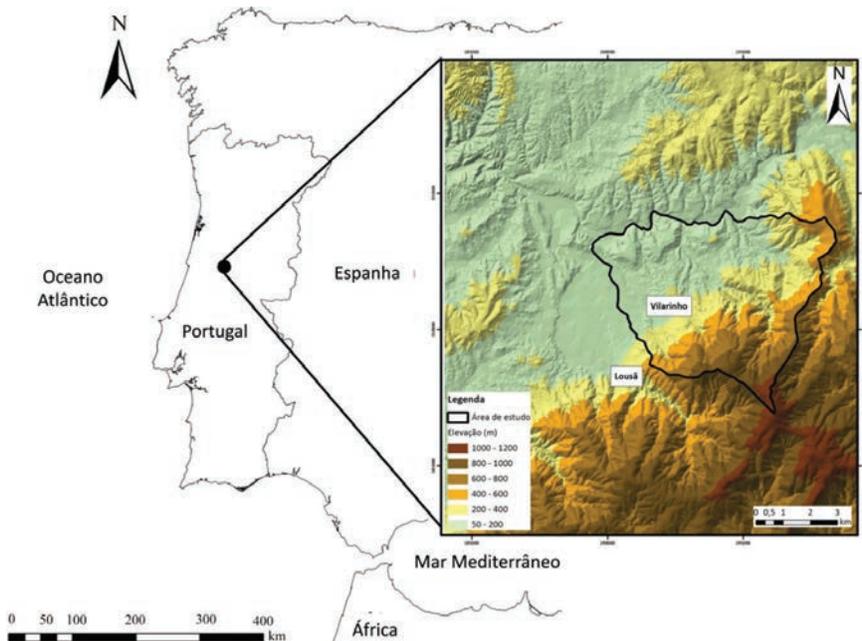


Figura 1 - Localização da área de estudo

Em termos morfológicos a área é marcada pelo relevo da serra da Lousã, representada pelo levantamento de origem tectónica, com orientação geral NE-SW. A falha inversa que marca este acidente faz salientar o contraste entre os sectores sudeste e noroeste, representados, respectivamente, pelas unidades metassedimentares soerguidas e pelas unidades arenosas e conglomeráticas cretácicas e terciárias da bacia sedimentar deprimida (SOARES *et al.*, 2007).

Os valores hipsométricos regionais variam de 50 a 1200 metros, com uma amplitude na área de estudo de 1190 m, perto do ponto geodésico topo do Castelo de Trevim, e 70 m no vale do rio Ceira. Esta localização e a morfologia diferenciada podem ser observadas na Figura 1. Os declives apresentam contrastes entre vertentes com valores acima de 25°, em vales incisivos, em geral expostos a norte e oeste, e as vertentes com declives menos acentuados (entre 0 a 15°) (Figura 2 -A e Figura 2 -B).

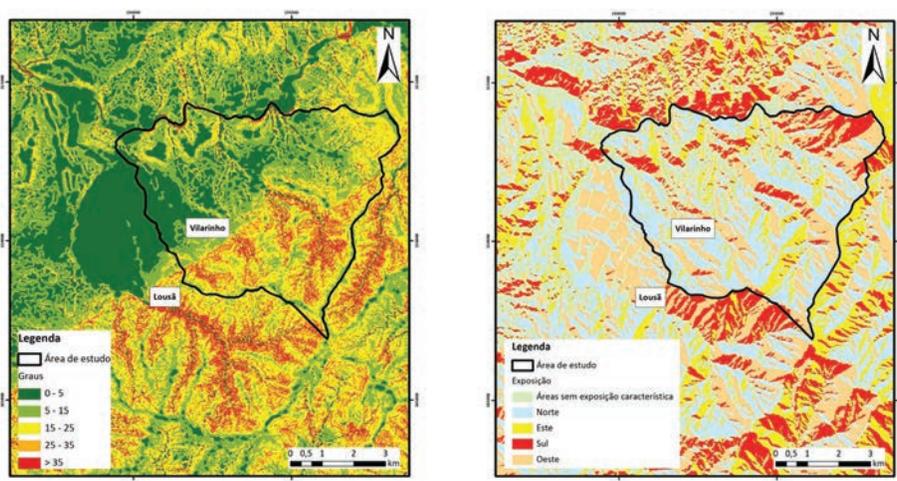


Figura 2 - Declives e exposições na área de estudo

A região apresenta um clima mediterrâneo húmido, com pouca chuva no verão, embora possa apresentar características atlânticas húmidas noutras estações. As temperaturas médias anuais oscilam entre 15° e 16°, e a precipitação média anual varia entre 1000 e 1800 mm. Do ponto de vista hidrográfico há que salientar o rio Ceira, que tem um regime permanente, o qual é alimentado por cursos de água efémeros. As características de

montanha são o factor local que afecta decisivamente a distribuição de temperatura e precipitação dentro da própria área de estudo.

No que diz respeito à ocupação humana da área, o município da Lousã tem cerca de 17.604 habitantes segundo os Censos de 2011 (INE, 2012). Este valor traduz um aumento geral da população, a partir de 1970 e uma variação de 10,3% no período 2001-2011. A maior parte da área é utilizada para agricultura e silvicultura, com alguns aglomerados populacionais.

A área de estudo abrange três freguesias, incluindo a totalidade da freguesia de Vilarinho e parte das freguesias de Lousã e Serpins, e está a cerca de 7 km de distância do centro da Lousã, estando contabilizados 4408 residentes. Observa-se no sector mais ocidental da área processos de crescimento peri-urbano e de incremento de infra-estruturas, nomeadamente rodoviárias.

A análise de transformação do uso e ocupação do solo é realizada em cerca de 40km² de área, onde estão representadas quatro pequenas bacias hidrográficas de cursos de água efémeros, que são afluentes do rio Ceira.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo das transformações de uso e ocupação do solo foi apoiado por um conjunto de cinco mosaicos fotográficos de diferentes períodos, entre 1965 e 2010, conforme descrito na Tabela 1. De acordo com as características iniciais das imagens, estas foram digitalizadas, georreferenciadas e manuseadas, utilizando o software ArcGis 10.2. (ESRI®).

Na primeira etapa, as imagens de 1965, 1974 e 1983 foram georreferenciadas utilizando o software ArcGis 10.2 (ESRI®), tendo pelo menos quatro pontos em cada imagem em consideração. As imagens digitalizadas para os anos de 1965, 1974 e 1983, tinham sido previamente georreferenciadas utilizando o Sistema de coordenadas geográficas Datum_73_Hayford_Gauss_IGeoE.

As imagens digitalizadas para os anos de 1995 e 2010 foram igualmente georreferenciadas utilizando o sistema de coordenadas geográficas Datum_73_Hayford Gauss_IGeoE.

Tabela 1 - Características das fontes de dados

Data	Nº fotografia	Formato	Tipo de imagem	Escala	Fonte
1965	72/65_116	Digital	Preto & Branco	1: 5 000	IGP
	72/65_118				
	70/65_57				
	70/65_59				
	70/65_61				
	67/65_59				
	67/65_61				
	67/65_63				
1974	183/74_253 183/74_255 183/74_257 182/74_174 182/74_176 182/74_178 182/74_154 182/74_156 182/74_158	Digital	Preto & Branco	1: 5 000	IGP
1983	83.19_2525 83.19_2527 83.19_2529 83.19_2530 83.19_2532 83.19_2533 83.19_2535 83.02_5246 83.02_5247	Digital	Preto & Branco	1: 5 000	IGP
1995	Ortofoto nº389 Ortofoto nº390 Ortofoto nº391	Digital	Falsa cor	1: 40 000 (1: 10 000)	CNIG
2010	D2420320 D2420340 D2420410 D2420420 D2420430 D2420440 D2520120 D2520210 D2520220 D2520230 D2520240	Digital	Cor		IGP

Tabela 2 - Termos de classificação

Códigos	Corine Land Cover	
	Classes e subclasses	Classes aplicadas
1	Zonas artificializadas	
11	Tecido urbano	
112	Tecido urbano descontínuo	
12	Zonas industriais, comerciais ou de transporte	
121	Unidades industriais ou comerciais	Unidades industriais
122	Rede rodoviária ou ferroviária e zonas associadas	Rede rodoviária e ferroviária
124	Aeroportos	Aeródromos
13	Minas, depósitos de resíduos ou zonas de construção	
131	Zonas de extração mineira	
14	Zonas artificializadas não agrícolas com vegetação	
142	Equipamentos de desporto ou lazer	
2	Zonas agrícolas	
22	Culturas permanentes	
222	Pomares de árvores de fruto ou de baga	Pomares e olivais
223	Olivais	
24	Zonas agrícolas heterogéneas	
241	Culturas anuais associadas a culturas permanentes	
242	Sistemas culturais e parcelares complexos	
243	Zonas principalmente agrícolas com zonas naturais importantes	Agricultura com espaços naturais e zonas agro-florestais
244	Zonas agro-florestais	
3	Zonas florestais e semi-naturais	
31	Florestas	
311	Florestas de folhosas	
312	Florestas de coníferas	Florestas de resinosas
313	Florestas mistas de folhosas e coníferas	Florestas mistas
32	Zonas com vegetação arbustiva e/ou herbácea	
322	Charnecas ou matos	Matos
324	Floresta ou vegetação arbustiva de transição	Espaços florestais degradados
33	Zonas sem vegetação ou com vegetação esparsa	
333	Zonas de vegetação esparsa	
334	Zonas aridas	

Na segunda etapa, foi desenvolvido um sistema de classificação, com base nas categorias de uso e ocupação do solo do Corine Land Cover (CLC, 1990) e identificado através de classes organizadas segundo códigos numéricos (BOSSARD *et al.*, 2000; NERY, 2007). Para adequação à área de estudo, foram utilizadas as subclasses apresentados na Tabela 2, tendo havido necessidade de simplificação e validação através de trabalho de campo.

Numa terceira etapa realizou-se a classificação de polígonos homogêneos de uso e ocupação do solo para cada conjunto de imagens. Foram incorporadas no sistema de informação geográfica as classes que caracterizam o uso e ocupação do solo no momento de captura da imagem (PIWOWAR, 2005; TAPIADOR & CASANOVA, 2003). Por uma questão de coerência, todos os polígonos foram classificados com base numa escala 1:10.000 de visualização, e a menor unidade cartográfica considerada foi de 1 hectare. Cada conjunto de imagens gerou uma matriz de polígonos codificados de acordo com as diferentes classes. Para a validação do processo de classificação recorreu-se a levantamentos de campo para a imagem mais recente, e utilizaram-se, para as imagens mais antigas, informações orais e cartográficas disponibilizadas pelos Compartes dos Baldios de Vilarinho e pelo Gabinete Técnico-Florestal da Câmara Municipal da Lousã.

A fim de medir a evolução do uso e ocupação do solo, foi criada uma pós-classificação (comparação de mapa para mapa), envolvendo os conjuntos sucessivos de imagens com referências cruzadas para definir transições de cobertura de uso e ocupação do solo e do grau de estabilidade (GE) em cada período de tempo. Os mapas criados para cada ano em questão foram utilizados para gerar matrizes referentes aos períodos 1965-1974, 1974-1983, 1983-1995, 1995-2010 e uma matriz resumo 1965-2010. A fim de minimizar os possíveis erros de interpretação, todo o trabalho foi realizado pelo mesmo operador.

Para expressar a proporção total de área que não experimentou uma eventual transição para uma categoria diferente de uso e ocupação do solo, foi definido o indicador grau de estabilidade (GE) como mostra a equação (A1):

$$GE = [(C_{ix}A_{2...7} - C_{ix}A_1) / TA] \times 100 \quad (A1)$$

em que GE é o grau de estabilidade para o tipo de uso e ocupação do solo - o indicador da consistência ou a estabilidade global das classes de cobertura do solo no ano A_1 para o ano $A_{2...7}$, $C_{ix}A_{2...7}$ é a soma das áreas das diferentes classes (ix) no ponto de tempo posterior, $C_{ix}A_1$ é a soma das áreas das diferentes classes (ix) no ponto de tempo 1 e TA é a área total estudada (km^2).

4. RESULTADOS

Utilizando os métodos descritos, foi produzida uma análise e classificação sistemática do uso e ocupação do solo, como mostrado na Figura 3, durante cinco anos/momentos. A Tabela 3 apresenta as classes aplicadas no uso e ocupação do solo, o número de polígonos de cada classe e em cada ano, bem como a área e percentagem de cada classe. Dezasete diferentes classes de uso e ocupação do solo foram identificadas na área de estudo durante o período em análise, dos quais apenas duas têm uma representação resultante de processos não contínuos - casuísticas (áreas de extracção mineira e áreas ardidadas). Os outputs cartográficos mostram uma grande mudança nos diferentes sectores da área, com variadas trajectórias. A análise indica algumas transições sistemáticas envolvendo um aumento de áreas com características urbanas e uma diminuição nas áreas agrícolas, nomeadamente na parte ocidental da área, assim como a transformação das várias tipologias florestais e a ocorrência episódica de incêndios florestais.

Uma observação mais detalhada das cinco representações cartográficas salienta que a mudança da paisagem é relevante, envolvendo uma transformação significativa de classes diferentes. A análise também evidencia duas sequências positivas, onde se observa o aumento do número de manchas representadas: uma que envolve os três primeiros conjuntos de imagens, e outra entre os anos de 1995 e 2010.

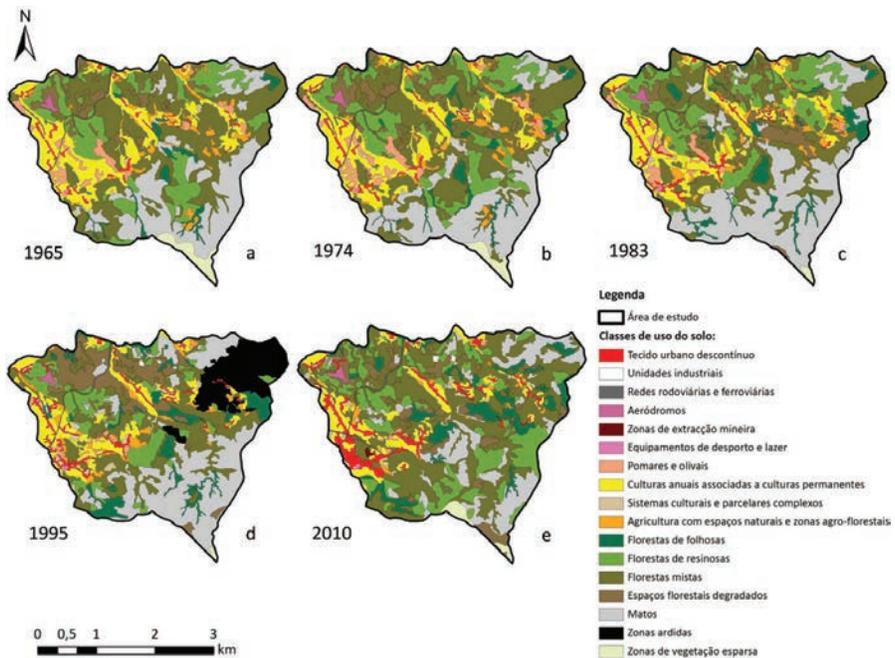


Figura 3 - Uso e ocupação do solo na área de estudo, com base na classificação de imagens por ano

No que diz respeito à área em estudo, e analisando o uso e ocupação do solo, as transformações observadas são:

- aumento do tecido urbano descontínuo, unidades industriais e rede rodoviária e ferroviária, bem como dos sistemas culturais e parcelares complexos e floresta de folhosas;
- diminuição da área com pomares e olivais, culturas anuais associados com culturas permanentes e agricultura com espaços naturais e áreas agro-florestais;
- rotação de grande parte da ocupação florestal, com transições entre floresta com espécies dominantes, floresta mista e degradada;
- consistência temporal da área ocupada por floresta de coníferas e por floresta mista, embora com modificação de espaços;
- superfície consistente ao longo do tempo ocupada pelas redes rodoviárias e ferroviárias, aeroportos, instalações desportivas e de lazer.

Tabela 3 - Número de polígonos, áreas e percentagens de cada classe de uso e ocupação do solo de acordo com a classificação Corine Land Cover

Classes aplicadas	Polígonos (n°)						Área (ha)						Porcentagem					
	Ano						Ano						Ano					
	1965	1974	1983	1995	2010		1965	1974	1983	1995	2010		1965	1974	1983	1995	2010	
Tecido urbano descontínuo	28	27	27	24	26		64,21	68,86	81,31	99,85	189,14		1,61	1,73	2,04	2,51	4,75	
Unidades industriais			1	2	2				2,31	3,64	6,53				0,06	0,09	0,16	
Rede rodoviária e ferroviária	1	1	1	1	4		10,57	11,78	11,8	12,11	21,73		0,27	0,3	0,3	0,3	0,55	
Aeródromos	1	1	1	1	1		12,38	12,47	12,44	12,54	12,75		0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	
Zonas de extracção mineira					1						4,41						0,11	
Equipamentos de desporto ou lazer	1	1	1	1	1		1,26	1,56	1,66	1,51	1,56		0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	
Pomares e olivais	16	16	11	10	9		128,79	141,75	86,51	30,54	18,14		3,23	3,56	2,17	0,77	0,46	
Culturas anuais associadas a culturas permanentes	23	24	33	31	53		577,57	522,78	498,12	404,13	346,27		14,49	13,12	12,5	10,14	8,69	
Sistemas culturais e parcelares complexos	4	4	14	17	19		8,71	9,3	30,18	56,89	38,98		0,22	0,23	0,76	1,43	0,98	
Agricultura com espaços naturais e zonas agro florestais	37	37	40	27	16		146,05	155,05	140,56	111,9	43,53		3,66	3,89	3,53	2,81	1,09	
Florestas de folhosas	15	22	19	22	22		125,16	147,7	211,74	269,06	329,68		3,14	3,71	5,31	6,75	8,27	
Florestas de resinosas	22	32	26	28	51		590,25	650,61	604,03	424,91	658,94		14,81	16,32	15,16	10,66	16,53	
Florestas mistas	29	47	44	31	44		1266,25	1212,49	966	749,22	1381,71		31,77	30,42	24,24	18,8	34,67	
Espaços florestais degradados	20	29	37	25	40		161	196,34	251,9	423,17	289,84		4,04	4,93	6,32	10,62	7,27	
Matos	19	14	17	19	30		810,1	796,76	1073,87	942,09	593,77		20,33	19,99	26,94	23,64	14,9	
Zonas ardidas				3						436,81							10,96	
Zonas de vegetação esparsa	1	1	1	1	2		83,2	58,03	13,06	7,14	48,53		2,09	1,46	0,33	0,18	1,22	
Total	217	256	273	243	321		3985,5	3985,48	3985,49	3985,51	3985,51		100	100	100	100	100	

Os dados também mostram o crescimento de um padrão complexo e uma dinâmica que reforça as mudanças gerais na área de estudo como um todo. A Figura 4 mostra a evolução das subclasses das dezassete classes de uso e ocupação do solo na área de estudo no período em análise, revelando um aumento de áreas artificiais em contraste com a diminuição contínua das áreas agrícolas. Cerca de 27% da área de estudo é genericamente representada pelos espaços antropizados, urbanos e agrícolas, de uma forma consistente ao longo do período de análise, remetendo as restantes transformações para os espaços florestais e naturais.

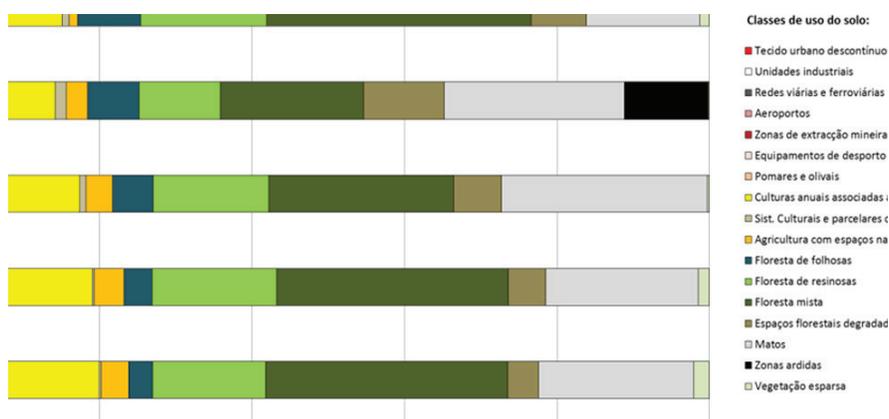


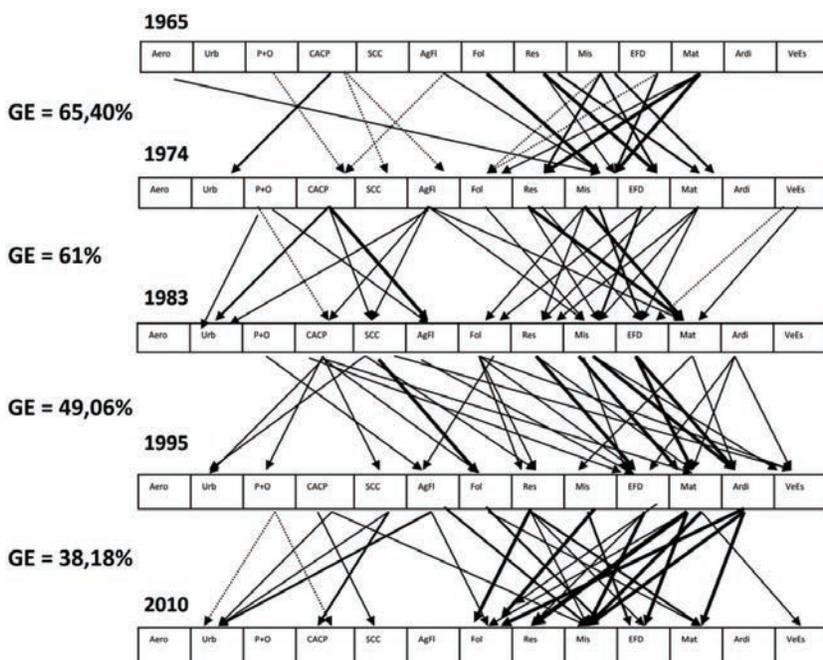
Figura 4 - Representação das classes de uso e ocupação do solo de 1965 até 2010 na área de estudo

5. ANÁLISE DINÂMICA DAS MUDANÇAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO

As matrizes de transformação para 1965-1974, 1974-1983, 1983-1995, 1995-2010 e posteriormente para 1965-2010, permitiram um estudo detalhado da dinâmica de mudança no uso e ocupação do solo em cinco períodos de análise (Figura 5). O grau de estabilidade (GE) da cobertura do solo foi calculado para cada matriz de transformação (o quociente entre a soma das áreas cujo uso ou ocupação não se alterou e a área total) (Eq. (A3)).

A Figura 5 ilustra a dinâmica do uso e ocupação do solo nos diferentes

períodos, salientando os vectores a transformação visual entre as classes. As trajectórias revelam aspectos distintos para os diferentes períodos. O indicador de estabilidade global apresenta valores contrastantes variando de 38,18 % (no período 1995-2010) até 65,40% (no período 1965-1974). Os dados exibem uma sequência contínua em que o grau de estabilidade diminui de 1965 até 2010. Nos períodos de 1965-1974 e 1974-1983, os graus de estabilidade são bastante semelhantes (65,40% e 61 %), mas em 1983-1995 o GE diminui em cerca de 12 %, tal como no período 1995-2010, onde existe uma diminuição de cerca de 11% em comparação com o período anterior. Isto significa que as maiores transições no uso e ocupação do solo na área de estudo efectuaram-se a partir de 1983 (Figura 6).



Aero: Aeródromo; **Urb:** Tecido urbano descontínuo + Unidades industriais + Redes rodoviárias e ferroviárias + Zonas de extracção mineira + Equipamentos de desporto e lazer; **P+O:** Pomares e olivais; **CACP:** Culturas anuais associadas a culturas permanentes; **SCC:** Sistemas culturais e parcelares complexos; **AgFl:** Agricultura com espaços naturais e zonas agro-florestais; **Fol:** Floresta de folhosas; **Res:** Floresta de resinosas; **Mis:** Floresta mista; **EFD:** Espaços florestais degradados; **Mat:** Matos; **Ardi:** Zonas ardidas; **VeEs:** Zonas de vegetação esparsa

Figura 5 - Transformações dinâmicas de uso e ocupação do solo e grau de estabilidade (GE) para cada período analisado

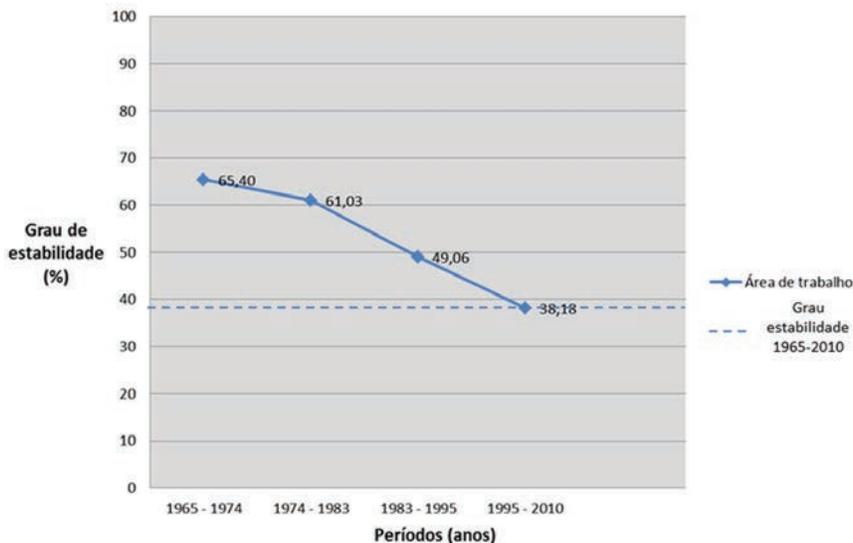


Figura 6 - Comparação dos diferentes graus de estabilidade para a área de estudo no período 1965-2010

Os resultados mostram assim que há três etapas que podem ser identificadas na evolução do uso e ocupação do solo entre 1965 e 2010: em primeiro lugar, no período 1965-1983, em que há uma elevada estabilidade entre todas as classes de uso, com as grandes transformações a ocorrerem em dois domínios: áreas florestais e áreas artificiais/agrícolas; o segundo e terceiro períodos, 1983-1995 e 1995-2010, apresentam um grau de estabilidade mais moderado e são caracterizados essencialmente por uma alteração na tipologia florestal, e com ganhos da área urbana a partir de espaços agro-florestais.

A análise compósita reforça o baixo grau de estabilidade (GE) de 39,33% para a totalidade do período analisado, o que reflecte a consistência das classes de mudança, em que 61,77% da área foi alterada, com uma dinâmica intensa de transformação do solo, no período estudado (1965-2010).

Esta avaliação reflecte um aumento contínuo das áreas artificiais, a partir de núcleos urbanos pré-existentes e infra-estruturas rodoviárias. Os terrenos agrícolas são a maior área de origem das superfícies artificiais dando-se esta transformação, principalmente, na parte ocidental da área. As áreas agrícolas também servem de suporte para o incremento

gradual das florestas e áreas naturais, em particular nos sectores norte e oeste da área de estudo.

6. TRANSFORMAÇÕES SISTEMÁTICAS E CASUÍSTICAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A área de estudo apresenta uma área predominantemente florestal no sector sul e uma forma de ocupação urbana na zona noroeste. As principais mudanças ocorreram na seção noroeste da área, envolvendo o crescimento urbano, uma diminuição das áreas agrícolas e o desenvolvimento de áreas florestais.

Dois processos de transformações sistemáticos de uso e ocupação do solo podem ser identificados: um relacionado com a urbanização e a degradação de áreas agrícolas, representada por um aumento acumulado de áreas artificiais, e outro, relacionado com a transformação consistente de tipologia e padrões florestais e áreas de vegetação esparsa, o qual é denominado de rotação das características da floresta.

A análise dos três parâmetros (a) transformações das classes de uso, (b) grau de estabilidade e (c) intercâmbio entre a floresta e as áreas de vegetação esparsa e áreas agrícolas e artificiais, permite destacar: (1) o período de 1965-1974, em que há um alto grau de estabilidade de uso e ocupação do solo e a transformação entre a floresta e as áreas de vegetação esparsa e áreas agrícolas e artificiais é limitado; o período de 1974-1983, que também revela um alto grau de estabilidade e um baixo intercâmbio entre floresta e áreas de vegetação esparsa e áreas agrícolas e artificiais, mas também a degradação das florestas, envolvendo um aumento dos espaços florestais degradados e dos matos; (2) o período de 1983-1995, que mostra um moderado grau de estabilidade e um aumento na floresta e áreas de vegetação esparsa, assim como a degradação da tipologia florestal, reflectida num aumento nas áreas florestais degradadas, matos e áreas ardidas; (3) o período de 1995-2010, que apresenta um baixo grau de estabilidade, onde as grandes transformações estão associadas à transição florestal, envolvendo uma profunda mudança na tipologia e padrões da floresta e um incremento de área da floresta de

folhosas, resinosas e mista.

Como transformações de uso e ocupação do solo casuísticas na área de estudo podem-se considerar as áreas ardidas, com evidência nas imagens de 1995 (reflexo de incêndios em 1990 e 1995), e a exploração de recursos minerais, a partir de 1995.

Na transformação de uso e ocupação do solo podem ser considerados forçadores vários instrumentos de gestão territorial, nomeadamente pelo Plano Director Municipal de 1993, enquadrando o crescimento urbano verificado em 2010, assim como os regimes de protecção RAN (1991) e REN (1993) ou instrumentos de gestão florestal de 1998 e 2006, que consubstanciam os processos de transformação no espaço florestal.

7. CONCLUSÕES

Os resultados globais para a área de estudo confirmam uma transição geral, com processos que podem ser considerados sistemáticos, correspondendo a trajectórias casuísticas apenas o caso das classes de uso e ocupação do solo resultantes de incêndios florestais inesperados ou o surgimento de zonas de extracção mineral para a indústria de construção.

Observa-se na área de estudo uma elevada alteração de uso e ocupação do solo (grau de estabilidade (GE) de 39,33%), reflectindo quer transformações sistemáticas, quer transformações isoladas (casuísticas). O valor do grau de estabilidade é progressivamente menor, apresentando valores menores nos espaços temporais mais recentes (1983-1995) e (1995-2010).

Emergem na dinâmica de transformação de uso e ocupação do solo a urbanização com degradação das áreas agrícolas, assim como os processos de evolução da tipologia e padrões florestais e das áreas com vegetação esparsa.

A perda de áreas agrícolas para zonas com ocupação urbana é também evidente nesta área, como em muitos outros exemplos identificados por diferentes autores (KAZANKO *et al.*, 2006; SU *et al.*, 2011), reflectindo as transformações identificadas em Portugal (FREIRE *et al.*, 2009; JONES *et al.*, 2011; TAVARES *et al.*, 2012). Observa-se na área um aumento da

heterogeneidade no uso e ocupação do solo, o que corresponde a uma evolução dos padrões e de evolução dos indicadores dos espaços rurais (HASSE & LATHROP, 2003; BODESMO *et al.*, 2012).

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi apoiado pelo projecto "SCRAM - Crises, gestão de risco e novos arranjos sócio-ecológicos para florestas - uma perspectiva dos estudos sobre ciência e tecnologia" (PTDC/CS-ECS/102041/2008 - FCOMP-01-0124-FEDER-009236), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Os autores agradecem a Eugénia Rodrigues e aos gestores locais dos Baldios de Vilarinho pelo contínuo apoio no fornecimento de informações locais e históricas, bem como das valiosas contribuições na discussão dos resultados do estudo. Agradece-se também ao António Patrão pelas valiosas contribuições sobre o histórico de ocorrências de incêndios florestais e planos de gestão da região.

BIBLIOGRAFIA:

- ABDULLAH, Saiful & NAKAGOSHI, Nobukazu (2008) - "Changes in agricultural landscape pattern and its spatial relationship with forestland in the State of Selangor, peninsular Malaysia". *Landscape and Urban Planning*, Vol.87, 147-155. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204608000844> (acedido em 12 Março, 2014).
- ASPINALL, Richard (2004) - "Modelling land use change with generalized linear models e a multi-model analysis of change between 1860 and 2000 in Gallatin Valley, Montana". *Journal of Environmental Management*, Vol.72, 91-103. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479704000805#> (acedido em 12 Março, 2014).
- AZEVEDO, João *et al.* (2011) - "Agriculture abandonment, land-use change and fire hazard in mountain landscapes in Northeastern Portugal", in LI, Chao; LAFORTEZZA, Raffaele & CHEN, Jiquan (eds.): *Landscape Ecology in Forest Management and Conservation: Challenges and Solutions for Global Change*, HEP-Springer, Beijing, 329-351. Disponível online no endereço url: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/2945/1/Chapter14abstractsmall.pdf>
- Conservation: Challenges and Solutions for Global Change, HEP-Springer, Beijing, 329-351. Disponível online no endereço url: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/2945/1/Chapter14abstractsmall.pdf> (acedido em 12

Março, 2014).

- BODESMO, Mara *et al.* (2012) - “The role of environmental and socio-demographic indicators in the analysis of land use changes in a protected area of the Natura 2000 Network: the case study of Lake Trasimeno, Umbria, Central Italy”. *Environ Monit Assess*, Vol.184, 831–843. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10661-011-2004-z> (acedido em 12 Março, 2014).
- BOSSARD, Michel *et al.* (2000) - Corine land cover technical guide - Addendum. Technical Report No 40. Copenhagen: EEA, 105 p. Disponível online no endereço url: http://www.dmu.dk/fileadmin/Resources/DMU/Udgivelser/CLC2000/technical_guide_ad_denum.pdf (acedido em 12 Março, 2014).
- BRAIMOH, Ademola (2006) - “Random and systematic land-cover transitions in northern Ghana”. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol.113, N° 1-4, 254-263. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880905005001> (acedido em 12 Março, 2014).
- BRAIMOH, Ademola, & ONISHI, Takashi (2007) - “Spatial determinants of urban land use change in Lagos, Nigeria”. *Land Use Policy*, Vol.24, N° 2, 502-515. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837706000846> (acedido em 12 Março, 2014).
- CASTANHEIRA, José & ARANHA, José (2004) - “Estudo da alteração da cobertura do solo no Vale do Alto Tâmega. Estudo multi-temporal com imagens Landsat-5 TM e Landsat-7 ETM+.” In VIII Encontro de utilizadores de Sistemas de informação geográfica, Oeiras, Portugal.
- CATALAN, Bibiana *et al.* (2008) - “Urban Sprawl in the Mediterranean? Patterns of Growth and Change in the Barcelona Metropolitan Region 1993-2000”. *Landscape and Urban Planning*, Vol.85, N°3-4, 174-184. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204607002848> (acedido em 12 Março, 2014).
- CLAESSENS, Lieven *et al.* (2009) - “Modelling interactions and feedback mechanism between land use change and landscape processes”. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, Vol.129, N° 1-3, 157-170. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880908002417> (acedido em 12 Março, 2014).
- DIOGO, Vasco, & KOOMEN, Eric (2012) - “Land-use change in Portugal, 1990-2006: main processes and underlying factors”. *Cartographica*, Vol. 47, N°4, 237-249. doi: 10.3138/carto.47.4.1504. Disponível online no endereço url: <http://eds.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=521d58fc-5602-4731-ad56-643e809fe63b%40sessionmgr4001&vid=2&hid=4108> (acedido em 8 Março, 2014).
- DOMON, Gérald (2011) - “Landscape as resource: Consequences, challenges and opportunities for rural development”. *Landscape and Urban Planning*,

- Vol. 100, Nº4, 338-340. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.02.014. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204611000727> (acedido em 8 Março, 2014).
- EEA (1990) - Corine Land Cover (CLC1990) 100 m - version 12/2000. Agência Ambiental Europeia. Disponível online no endereço url: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data> (acedido em 8 Março, 2014).
- FIGUEIREDO, Tomás *et al.* (2012) - “Degradação física do solo em áreas queimadas de matos no nordeste transmontano”. In Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012, Bragança, Portugal. Disponível online no endereço url: https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9000/1/Figueiredo%20et%20al.%20Foru%20mCIMO_2012.pdf (acedido em 9 Março, 2014).
- FREIRE, Sérgio *et al.* (2009) - “Recent urbanization and land use/land cover change in Portugal - the influence of coastline and coastal urban centers”. Journal of Coastal Research, Vol. 56, Special Issue, 1499-1503. Disponível online no endereço url: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/25738039?uid=3738880&uid=2&uid=4&sid=21103727182887> (acedido em 8 Março, 2014).
- HARA, Yuji *et al.* (2005) - “Urbanization linked with past agricultural landuse patterns in the urban fringe of a deltaic Asian mega.city: A case studying Bangkok”. Landscape and Urban Planning, Vol. 73, Nº1, 16–28. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204604000933> (acedido em 8 Março, 2014).
- HASSE, John, & LATHROP, Richard (2003) - “Land resource impact indicators of urban sprawl”. Applied Geography, Vol. 23, Nº 2-3, 159-175. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622803000158> (acedido em 8 Março, 2014).
- HIETEL, Elke *et al.* (2004) - “Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany”. Landscape Ecology, Vol. 19, Nº5, 473-489. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1023/B:LAND.0000036138.82213.80> (acedido em 8 Março, 2014).
- INE (2012) - Censos 2011 Resultados Definitivos - Portugal. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 559 p. Disponível online no endereço url: http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=73212469&PUBLICACOESstema=55466&PUBLICACOESmodo=2 (acedido em 8 Março, 2014).
- JONES, Nádía *et al.* (2011) - “Historical review of land use changes in Portugal (before and after EU integration in 1986) and their implications for land degradation and conservation, with a focus on Centro and Alentejo regions”. Applied Geography, Vol. 31, Nº3, 1036-1048. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622811000385> (acedido em 10 Março, 2014).

- KASANKO, Marjo *et al.* (2006) - "Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas". *Landscape and Urban Planning*, Vol. 77, Nº 1-2, 111-130. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204605000332> (acedido em 10 Março, 2014).
- KOlios, Stavros, & STYLIOS, Chrysostomos (2013) - "Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data". *Applied Geography*, Vol. 40, 150-160. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622813000568> (acedido em 10 Março, 2014).
- LASANTA, Teodoro *et al.* (2006) - "Using landscape ecology to evaluate an alternative management scenario in abandoned Mediterranean mountain areas". *Landscape and Urban Planning*, Vol. 78, Nº 1-2, 101-114. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204605000812> (acedido em 9 Março, 2014).
- LI, Xiaoma *et al.* (2013) - "Forty years of urban expansion in Beijing: What is the relative importance of physical, socioeconomic, and neighborhood factors?" *Applied Geography*, Vol. 38, 1-10. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622812001294> (acedido em 10 Março, 2014).
- MANANDHAR, Ramita *et al.* (2010) - "Analysis of twenty years of categorical land transitions in the lower hunter of new South Wales, Australia". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 135, Nº4, 336-346. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880909003193> (acedido em 10 Março, 2014).
- NÉRY, Fernanda (2007) - Nomenclatura CORINE Land Cover: versão portuguesa comentada. Instituto Geográfico Português, Lisboa, 105 p.
- NUNES, Adélia *et al.* (2011) - "Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal". *Applied Geography*, Vol. 31, Nº 2, 687-699. doi: 10.1016/j.apgeog.2010.12.006. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014362281000175X> (acedido em 10 Março, 2014).
- PIWOWAR, Joseph (2005) - "Digital image analysis", in ARONOFF, Stanley (Ed.), *Remote sensing*, Redlands, California: ESRI Press, 287-335.
- PÔÇAS, Isabel *et al.* (2011) - "Remote sensing based indicators of changes in a mountain rural landscape of northeast Portugal". *Applied Geography*, Vol. 31, Nº3, 871-880. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622811000154> (acedido em 10 Março, 2014).
- ROZENSTEIN, Offer, & KARNIELI, Arnon (2011) - "Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs". *Applied Geography*, Vol. 31, Nº2, 533-544. Disponível online no endereço

- url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622810001517>
(acedido em 10 Março, 2014).
- RUDEL, Thomas *et al.* (2005) - "Forest transitions: towards a global understanding of land use change". *Global Environment Change*, Vol. 15, N°1, 23-31. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2004.11.001. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378004000809> (acedido em 10 Março, 2014).
- SOARES, António *et al.* (2007) - Carta Geológica de Portugal, esc. 1/50000, 19-D, Coimbra - Lousã. Notícia Explicativa, Departamento de Geologia, I.N.E.T.I., Lisboa, 71 p.
- SU, Shiliang *et al.* (2011) - "Transformation of agricultural landscapes under rapid urbanization: a threat to sustainability in Hang-Jia-Hu region, China". *Applied Geography*, Vol. 31, N°2, 439-499. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622810001232> (acedido em 10 Março, 2014).
- TAPIADOR, Francisco, & CASANOVA, Jose (2003) - "Land use mapping methodology using remote sensing for the regional planning directives in Segovia, Spain". *Landscape and Urban Planning*, Vol. 62, N°2, 103-115. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204602001263> (acedido em 10 Março, 2014).
- TAVARES, Alexandre *et al.* (2012) - "Spatial and temporal land use change and occupation over the last half century in a peri-urban area". *Applied Geography*, Vol. 34, 432-444. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622812000112> (acedido em 10 Março, 2014).
- VERBURG, Peter *et al.* (2010) - "Trajectories of land use change in Europe: a model-based exploration of rural futures". *Landscape Ecology*, Vol. 25, 217-232. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10980-009-9347-7> (acedido em 12 Março, 2014).
- WENTZ, Elizabeth *et al.* (2006) - "Land use and land cover mapping from diverse data sources for an arid urban environments". *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 30, N°3, 320-346. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971504000511> (acedido em 10 Março, 2014).

ARTIGO 3

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL PARA ANÁLISE DO IMPACTE AMBIENTAL DA DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

ALÇADA-ALMEIDA, Luis^{1,2}; COUTINHO-RODRIGUES, João^{1,3} & SOUSA, Nuno^{1,4}

¹ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra); Rua Antero Quental 199, 3000-033 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 851040/9; Fax: +351 239 824692.

² Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra; Avenida Dias da Silva 165, 3004-512 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 790 558; Fax: +351 239 790 514; email: alcada@dec.uc.pt

³ Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra; Rua Luís Reis Santos - Pólo II, 3030-788 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 797145; Fax: +351 239 797123; email: coutinho@dec.uc.pt

⁴ Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade Aberta; Delegação de Coimbra da Universidade Aberta; Rua Alexandre Herculano, n.º 52, 3000-019 Coimbra, Portugal; Tel: +351 300 001590; Fax: +351 300 001599; email: nsousa@uab.pt

RESUMO

Neste artigo é apresentado um Sistema de Apoio à Decisão Espacial (SADE) onde os decisores podem facilmente definir diferentes tipos de problemas espaciais recorrendo a diferentes categorias de objetos, pré-definidas ou a definir, associando-lhes características com ou sem dependência espacial, e indicando formas de interferência (impactos) entre essas características/propriedades. A análise espacial para determinação ou avaliação de configurações alternativas para a localização de diferentes tipos de ocorrências espaciais será feita através da utilização interativa do SADE de acordo com conjuntos de regras intrínsecas aos vários elementos gráficos (objetos, categorias, características, impactos) utilizados na definição dos problemas. O teste à generalidade representativa e analítica do SADE proposto é efec-

tuado recorrendo a um problema concreto, suficientemente específico e complexo, relativo à aplicação de modelos gaussianos para o estudo da dispersão atmosférica de eventuais poluentes resultantes do tratamento de resíduos sólidos. A região em estudo está limitada, neste exemplo, ao município de Coimbra, Portugal. Para este município estão acessíveis, e são utilizados, os dados demográficos ao nível da secção de voto (censos oficiais) e, como tal, é possível a realização de um estudo realístico do impacto com populações humanas.

PALAVRAS-CHAVE

Sistemas de informação geográfica (SIG), Modelação de problemas, Modelos gaussianos de dispersão atmosférica, Impacto ambiental, Interface com decisores.

A SPATIAL DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS DISPERSION

ABSTRACT

In this work a Spatial Decision Support System (SDSS) is presented, where decision makers can easily define different types of spatial problems, resorting to different object categories, pre-defined or to be defined, associating to them space dependent and non-dependent characteristics, and indicating forms of interference (impact) between those characteristics/properties. The spatial analysis for determining or evaluating alternative configurations for the location of different types of spatial occurrences is done interactively through the SDSS, according to sets of rules intrinsic to the various graphical elements (objects, categories, characteristics, impacts) used in the problems definitions. The representative and analytical generality of the SDSS is tested in a case study, which is specific and complex enough, relating to the application of gaussian air dispersion models to pollutants resulting from solid waste treatment. The study region of the case study is the municipality of Coimbra, Portugal. For this municipality, demographical data at the ward voting section level (official census data) were available and used. As such, a realistic study of the impact on human populations is possible.

KEYWORDS

Geographical information systems (GIS), Modelling, Gaussian air dispersion models, Environmental impact assessment, Interface with decision makers.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos na área da informática, especialmente nas vertentes que mais podem contribuir no âmbito dos SIG (*hardware* e *software* de aquisição, visualização e impressão de informação espacial, software de gestão de bases de dados, desenvolvimento dos interfaces gráficos, etc.), possibilitaram-lhes uma viragem radical no sentido de apoiar, na prática, uma grande diversidade de atividades científicas, comerciais e administrativas (Gestão Ambiental, Engenharia Urbana, Meteorologia, Botânica, Zoologia, Matemática, Geografia, Geologia, Planeamento Territorial, Marketing, etc.). Esta evolução não tem sido acompanhada, na sua especificidade, por uma evolução correspondente na área dos Sistemas de Apoio à Decisão (SAD). Neste ponto não estamos a falar de SAD que consultem uma base de dados e que apresentem os seus resultados graficamente servindo-se de um SIG. Este é um triângulo funcional básico, usado como modelo por muitos autores (JANKOWSKI *et al.*, 1997; ALMEIDA & COUTINHO-RODRIGUES, 2002, 2011; MALCZEWSKI *et al.*, 1999; NATIVIDADE-JESUS *et al.*, 2007), que não implica nenhuma evolução significativa nas três componentes. A evolução que se pretende apresentar neste trabalho pode ser condensada nos seguintes três aspectos:

Na possibilidade dos SAD (e dos métodos neles incluídos) fugirem à estrutura rígida que em geral limita o tipo de problemas a analisar. Assim, o mesmo sistema pode representar e analisar, de forma integrada, diferentes tipos de problemas que apenas têm em comum uma forte componente espacial, com todas as vantagens para os atuais problemas reais de decisão que são tipicamente evolutivos e sofrem interdependências.

Na adequação dos SAD ao tratamento de uma intrínseca característica espacial adaptável às diferentes necessidades representativas e analíticas. Esta característica espacial não se esgota na visualização geográfica das soluções: relaciona-se essencialmente com o facto de todo o processo de decisão ser condicionado pelas localizações espaciais dos objetos (dentro do universo multidimensional limitado, definido para cada problema) e pelas suas restantes características de teor espacial ou não espacial, encontradas na estrutura de dados associada. Como exemplo, ao longo de um processo de decisão sobre escolha de trajetos para uma rede de dis-

tribuição de serviços, a qualidade do pavimento associado aos percursos pode, a dada altura, surgir como um aspecto importante. No entanto, essa característica varia ao longo dos próprios percursos e o sistema tem que fornecer soluções para a representação e inclusão dessa particularidade nos modelos de decisão.

Na normalização do funcionamento conjunto das três vertentes como um todo (estrutura de dados relacional, apoio à decisão e teor espacial da informação) e apelidar esse conjunto de Sistema de Apoio à Decisão Espacial (SADE), com todas as vantagens reconhecidas de integrar, num mesmo sistema, estruturas flexíveis de representação de informação mono-dimensional e espacial, software SIG e processos analíticos (TURBAN *et al.*, 2010).

Neste trabalho, em vez de se fundamentar toda a concepção do sistema na resolução de um problema específico, pretende-se construir uma plataforma de trabalho genérica que permita, não só analisar problemas espaciais de diversos tipos, mas ainda construir esses problemas de raiz, de acordo com um conjunto de regras de representação e associação de componentes. Deste modo, a definição do problema espacial fica completamente estabelecida através de um conjunto mais ou menos extenso de ações intuitivas no interface gráfico. O agente de decisão (AD) utiliza um sistema de edição, do tipo manipulação direta, onde vai colocando objetos de diferentes categorias, descrevendo a variação das suas características, indicando impactos entre estas, e observando os resultados gráficos produzidos por métodos genéricos de análise espacial de impactos. A definição completa do problema de decisão espacial fica assim ao alcance de um qualquer AD que tenha alguma experiência em sistemas operativos gráficos.

O caso de estudo apresentado é exemplificativo destas funcionalidades, que são genéricas, no sentido em que nada no sistema foi implementado a pensar especificamente em chaminés ou dispersão de poluentes (c.f. abaixo para detalhes). Neste caso de estudo tudo foi criado de raiz pelo utilizador através de operações de desenho e definição de funções. O utilizador podia ter criado p.ex. estradas em vez de chaminés, com descrição dinâmica ou estática do respetivo tráfego, e definido funções de

dispersão de poluentes ou outros efeitos (p.ex. ruído) e assim estudar o impacto de uma fonte não-pontual destes sobre populações ou outras entidades.

2. O PROBLEMA

Os problemas ambientais causados por fontes poluidoras pontuais (exemplo: chaminés) ou lineares (exemplo: vias de comunicação) têm assumido uma importância crescente devido à também crescente concentração das populações em áreas cada vez mais circunscritas, ao crescimento generalizado dos níveis de poluição e a uma consciencialização crescente da própria sociedade para este tipo de problemas (CORBURN, 2007). Assim, tem crescido a necessidade de desenvolver adequados métodos científicos para estudar os efeitos de possíveis acidentes, descrevendo, e antecipando com rigor, a forma como os possíveis poluentes se iriam distribuir e afectar as diferentes populações animais e vegetais, possibilitando fases de planeamento que tenham em conta a diminuição dos riscos envolvidos. Diferentes modelos têm sido construídos para representar estes fenómenos, quer se trate da propagação livre (exemplo: pelo ar) ou restringida a redes (exemplo: cursos de água), de partículas sólidas, gases ou mesmo ruído.

No caso particular da dispersão atmosférica de poluentes de origem pontual, o modelo gaussiano (MAHONEY, 1974; GORDON, 1985; BOUBEL *et al.*, 1994; HOLMES & MORAWSKA, 2006), assume uma grande relevância pois permite prever a distribuição final das concentrações, em regime “permanente”, de acordo com diferentes factores como sejam: o vento e outras características atmosféricas exteriores ao ponto de emissão, características da própria emissão e do canal de saída, tipificação da região envolvente, etc. Devido a estas características, é o modelo mais usado para estimar o impacto de poluentes não reativos sobre territórios e populações (USEPA, 1986, 2003; KIELY, 1997).

Diferentes autores têm implementado sistemas baseados em SIG para modelar este fenómeno particular (ZHANG *et al.*, 2000; ALMEIDA & COUTINHO-RODRIGUES, 2011). Nesses sistemas, apenas a utilização

do modelo estaria ao alcance do utilizador final. Todas as fases da sua construção, bem como da adaptação do modelo a diferentes cenários (por exemplo ao estudo do impacto alternativo da abertura de n pontos de eventual emissão diferenciados e de menor fluxo/risco), seriam da responsabilidade do programador que, quando muito, seguiria orientações do AD.

3. METODOLOGIA

A utilização concreta de um SADE com as particularidades lógicas e funcionais descritas, no âmbito do estudo da dispersão de poluentes atmosféricos, passa por definir os objetos representantes das possíveis fontes de emissão de poluentes (chaminés), suas características pontuais de emissão relevantes de forma genérica (cota da saída de poluentes, fluxos, raio de abertura, etc.) e as características zonais influentes (demográficas, atmosféricas, etc.).

3.1. O Modelo Gaussiano de Dispersão Atmosférica

A expressão do modelo gaussiano que calcula as concentrações de poluentes em qualquer ponto de coordenadas (x_1, y_1) (BOUBEL *et al.*, 1994) considera que o eixo dos xx é paralelo à direcção do vento e que a fonte emissora se situa na origem das coordenadas. Para adaptar esta expressão à lógica do SADE proposto, será necessário generalizar esta expressão para quaisquer origens (s - source) situadas em ponto genéricos (x_s, y_s) e tornar a mesma expressão dependente de dois afastamentos de qualquer ponto (x_1, y_1) a essas origens: o afastamento D_w segundo a direcção do vento (w - wind) e o afastamento D_p segundo uma perpendicular à mesma direcção. Na Figura 1 são representadas esquematicamente estas distâncias e na equação 1 são apresentadas as expressões correspondentes.

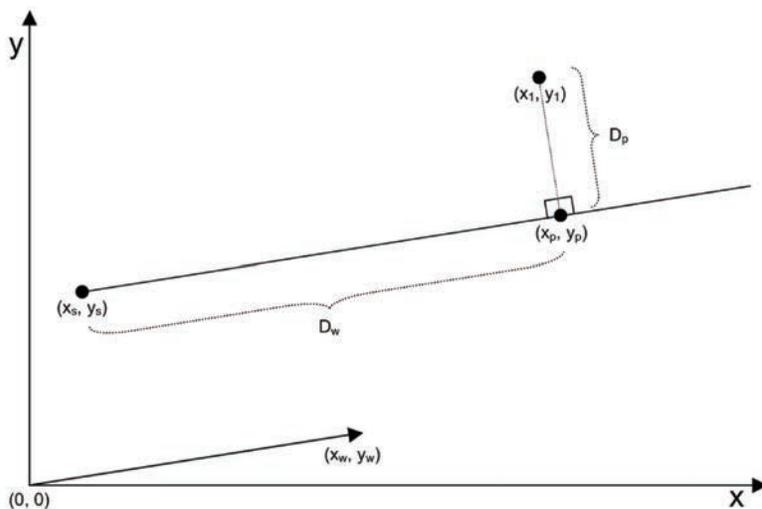


Figura 1 - Distâncias, na direcção do vento (D_w) e perpendicular (D_p), entre um ponto receptor 1 e uma origem s

$$\begin{cases} D_w = \frac{x_w(x_1 - x_s) + y_w(y_1 - y_s)}{\sqrt{x_w^2 + y_w^2}} & (1a) \\ D_p = \frac{x_w(x_s - x_1) + y_w(y_s - y_1)}{\sqrt{x_w^2 + y_w^2}} & (1b) \end{cases}$$

Eq. 1a. Distância entre um qualquer ponto receptor (x_1, y_1) e um ponto origem (x_s, y_s) segundo uma direcção dada pelo vetor vento (x_w, y_w) . Valores positivos no sentido do vento.

Eq. 1b. Distância, na perpendicular ao vento, entre um receptor (x_1, y_1) e uma origem (x_s, y_s) .

Numa fase seguinte torna-se necessário alterar a expressão inicial do modelo gaussiano de modo a que a mesma devolva valores nulos em regiões afastadas da origem no sentido contrário ao do vento. Esta generalização torna-se necessária pois as expressões serão aplicadas tanto em regiões sob influência de mais do que uma origem de poluentes, como em regiões afectadas apenas por uma origem ou, eventualmente, livres de qualquer poluição atmosférica (segundo os resultados deste modelo). Dado que o valor de x' é negativo nas regiões situadas 'contra o vento', basta adicionar à expressão inicial o módulo desta distância e dividir por dois para anular toda a expressão na região não afectada pelas emissões e mantê-la inalterada na restante área. A expressão final a integrar no

SADE é a que está presente na equação 2.

$$C(D_w, D_p, z) = \frac{Q(D_w + |D_w|)}{4\pi D_w \sigma_y \sigma_z U} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{D_p}{\sigma_y}\right)^2} \left\{ e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-z_s}{\sigma_z}\right)^2} + e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z+z_s}{\sigma_z}\right)^2} \right\} \quad (2)$$

Eq. 2. Expressão de cálculo da concentração de poluentes num ponto (x,y,z)

C: concentração **C** em (**D_w**, **D_p**, **z**) da mesma propriedade e nas mesmas unidades de **Q**, por unidade de volume.

x_w, **y_w**: componentes **x**, **y** do vector velocidade do vento [m/s].

U = $\sqrt{x_w^2 + y_w^2}$: módulo da velocidade do vento [m/s].

Q: emissão de **Q** unidades por unidade de tempo.

σ_y, **σ_z**: parâmetros de dispersão de acordo com o tipo de zona, classe de estabilidade atmosférica (Pasquill type) e distância **D_w** ao ponto de emissão (**x_s**, **y_s**).

D_p: distância perpendicular ao vento no ponto de emissão (**x_s**, **y_s**).

z_s: altura efectiva de emissão (altura da chaminé + sobrelevação da coluna de poluentes).

Para que o modelo seja realista torna-se ainda necessário entrar em conta com a sobrelevação da coluna de poluentes acima da altura da chaminé. As várias expressões para representar este fenómeno foram revistas em trabalhos de Briggs (BRIGGS, 1969), mantendo-se como um dos modelos mais utilizados na determinação da altura efetiva de emissão (ΔH), a fórmula de Oak Ridge desenvolvida pelo US Weather Bureau em 1953. Esta fórmula é apresentada na equação 3 e corresponde ao desenvolvimento do segundo termo da parcela Z_s referida na equação 2.

$$\Delta H = \frac{2V_s r_s}{U} \left[1.5 + (2.68 \times 10^2) P \left(1 - \frac{T_a}{T_s} \right) 2r_s \right] \quad (3)$$

Eq. 3. Elevação adicional da coluna de poluentes à saída da chaminé.

V_s: velocidade de emissão na boca da chaminé [m/s].

r_s: raio da boca da chaminé [m].

P: pressão atmosférica [kPa].

T_s: temperatura da chaminé [°K].

T_a: temperatura do ar exterior à chaminé [°K].

Como última adaptação do modelo às regras de representação do

SADE proposto, torna-se necessário criar uma expressão analítica genérica para os dois parâmetros de dispersão σ_y , σ_z . Dado que estes parâmetros dependem das classes de estabilidade atmosférica (Pasquill type - A a F) (PASQUILL, 1974) e que, para valores intermédios dessas classes (A-B, B-C, etc.), os parâmetros de dispersão devem corresponder a valores médios dos obtidos para os extremos do intervalo, criou-se a seguinte expressão analítica que funciona em combinação com uma tabela que fornece seis constantes de acordo com o tipo de zona (rural ou urbana) e a classe de estabilidade (A a F) (BOUBEL *et al.*, 1994). Essa expressão analítica é a seguinte (equação 4):

$$\sigma_y = \frac{k_{y1}D_w(1 + k_{y2}D_w)^{k_{y3}} + k_{y4}D_w(1 + k_{y5}D_w)^{k_{y6}}}{2}$$
$$\sigma_z = \frac{k_{z1}D_w(1 + k_{z2}D_w)^{k_{z3}} + k_{z4}D_w(1 + k_{z5}D_w)^{k_{z6}}}{2}$$

Eq. 4. Parâmetros de dispersão atmosférica.

k_{y1}, \dots, k_{y6} : coeficientes de σ_y ; tabelados em função do tipo de zona e classe de estabilidade.

k_{z1}, \dots, k_{z6} : coeficientes de σ_z ; tabelados em função do tipo de zona e classe de estabilidade.

3.2. Definição do Problema no SADE

A introdução do modelo no SADE inicia-se com a definição de uma entidade do tipo Problema. Esta entidade define, basicamente, um domínio de variação dos parâmetros do sistema relevantes para o caso de estudo. Vamos supor que o estudo será efectuado numa região rectangular no plano XOY e que se pretende eventualmente avaliar a progressão dos poluentes até se atingir um regime permanente estável (considerou-se um período contínuo de 14 400 minutos - 10 dias).

Em seguida o AD poderia definir, com base em tabelas, as funções que devolvem os coeficientes a utilizar nas expressões dos parâmetros de dispersão atmosférica. Essa operação é ilustrada na Figura 3.

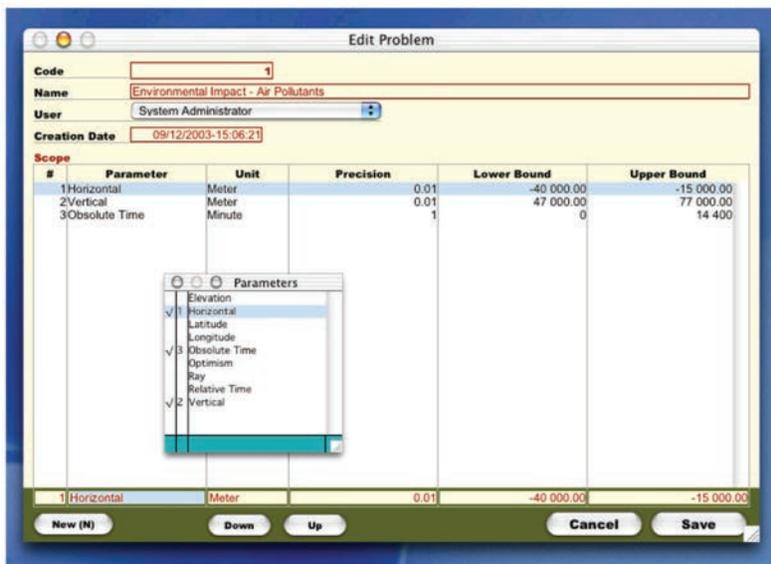


Figura 2 - Definição do Problema no SADE

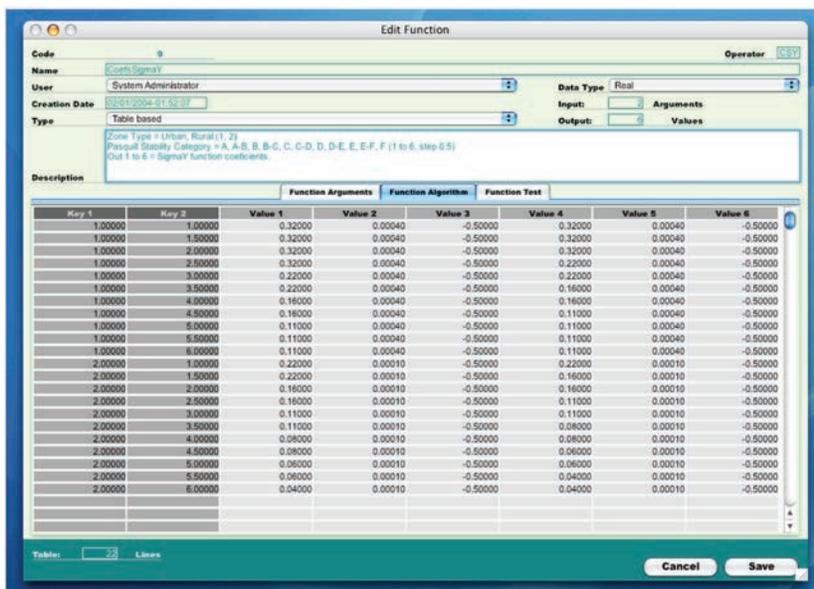


Figura 3 - Edição da função CoefsSigmaY (ecrã semelhante para CoefsSigmaZ)

A função presente na Figura 3 (CoefsSigmaY - tabela que fornece os valores a utilizar na função que determina o parâmetro de dispersão σ_y) é baseada na tabela apresentada na segunda página do diálogo de edição de funções. Os seis resultados devolvidos pela função correspondem aos valores presentes nas colunas Value1 a Value6, na linha que verifica a combinação de chaves Key1 Key2 dada pelos valores dos dois argumentos de entrada (Tipo de Zona e Classe de Estabilidade).

Num passo seguinte, e após ter editado uma função semelhante CoefsSigmaZ, o AD poderia definir uma nova função (agora do tipo “passo-a-passo” - step-by-step) para representar a expressão analítica da função que devolve os dois coeficientes de dispersão atmosférica σ_y e σ_z em qualquer ponto do plano. Na Figura 4, onde é apresentada a definição dos argumentos de entrada dessa função, é visível a primeira página do diálogo de edição e o cabeçalho comum a todas as três páginas.

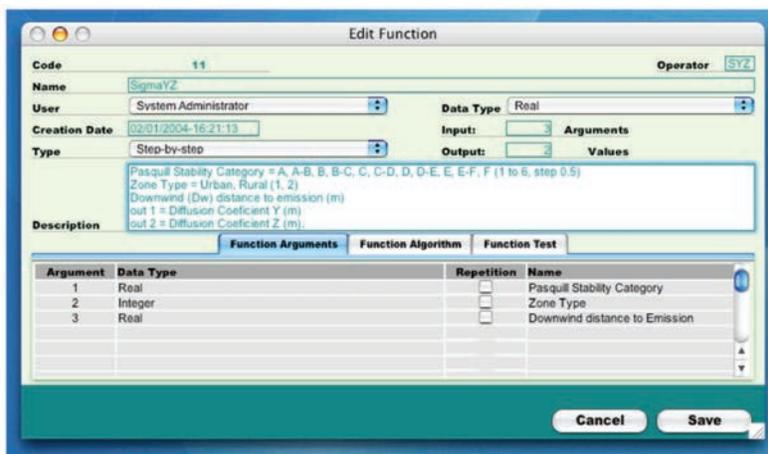


Figura 4 - Definição dos argumentos da função SigmaYZ

Na Figura 5 surge a edição do algoritmo da função cujos argumentos de entrada foram indicados na Figura 4.

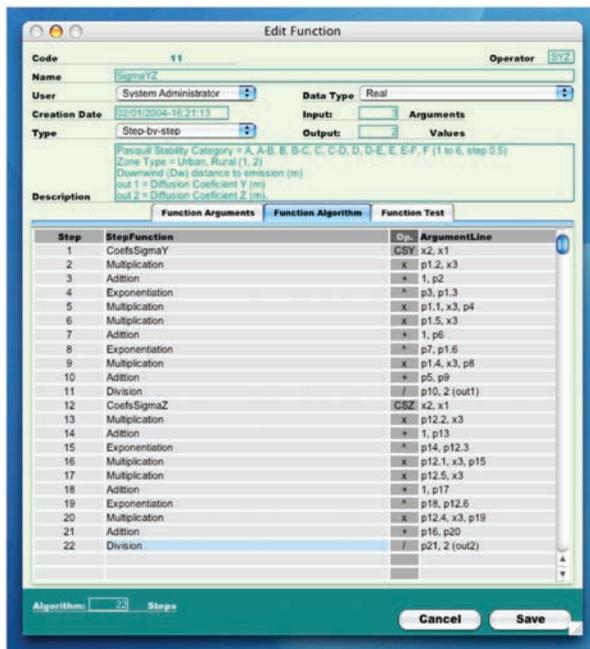


Figura 5 - Definição do algoritmo da função SigmaYZ

Através de operações semelhantes às já documentadas, o AD teria definido a função que calcula a elevação adicional da coluna de poluentes à saída da chaminé e estaria em condições de introduzir a expressão analítica do modelo gaussiano adaptado às regras do SADE.

O resultado único do modelo gaussiano, que representa a concentração da carga poluente provocada, por m^3 , no ponto de coordenadas x_1 , x_2 , x_3 , corresponde ao valor devolvido pelo último passo (step 30) do algoritmo definido através do editor de expressões apresentado na Figura 6.

3.3. Definição das Características Relevantes do Problema

Para continuar a definição do problema de Apoio à Decisão Espacial, torna-se indispensável definir as características relevantes dos objetos envolvidos. No âmbito deste estudo (“Environmental Impact - Air Pollutants”) duas categorias de objetos se evidenciam como mais importantes:

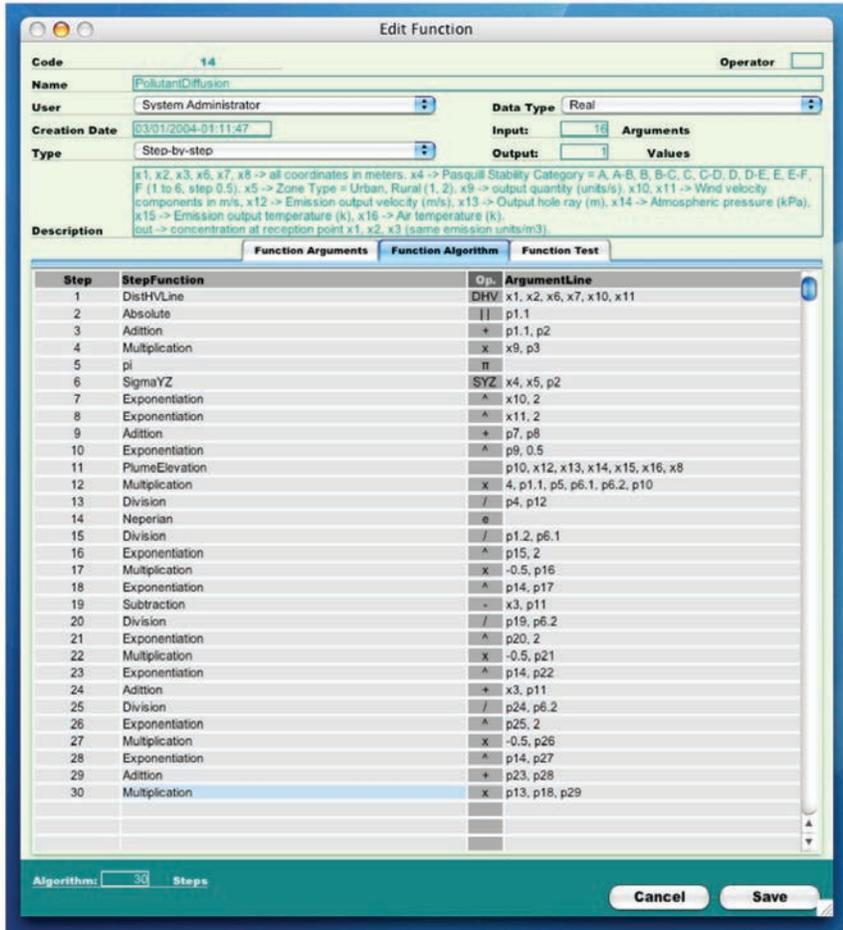


Figura 6 - Algoritmo da função PollutantDiffusion

- a **Subsecção Estatística**, pois os estudos de impacto baseiam-se nesta unidade demográfica para obter as diferentes densidades populacionais do concelho
- o **Emissor de Poluentes**, pois é das suas características de emissão que dependem, em parte, as concentrações finais que vão ter impacto sobre as populações.

4. ANÁLISE ESPACIAL UTILIZANDO O SADE

Em seguida o utilizador utiliza o interface geográfico para definir um impacto de sobreposição entre os dados relativos às concentrações de poluentes atmosféricos e aqueles relacionados com as densidades populacionais (Figura 8). Foi utilizado para tal um impacto em que a característica base (que sofre a incidência) é a relativa a densidades populacionais, e a característica incidente (neste caso apenas uma) é a relativa a concentrações de poluentes. Para o tipo de impacto desencadeado, as concentrações (associadas à característica incidente) afectam de forma ‘não distributiva’ a característica que sofre a incidência. Cada pessoa é afectada independentemente da densidade populacional da região onde se encontra e, como tal, a concentração não é dividida pelo número de pessoas como se fosse, por exemplo, uma distribuição de comida ou meios económicos, mas sim multiplicada.

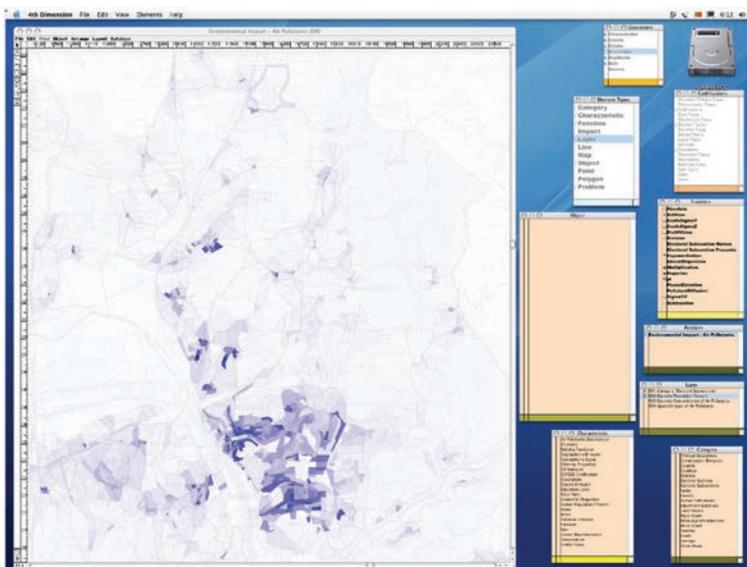


Figura 8 - Densidades Populacionais

Na Figura 9 vemos o resultado da ativação, por parte do AD, da representação geográfica do referido impacto, sendo que um tom mais escuro corresponde a maior impacto [concentração × densidade populacional].

Como cada impacto definido entre grupos de características produz os seus resultados associados a uma nova característica (indicada pelo AD mas manipulada internamente pelo SADE), a ativação da representação gráfica do impacto corresponde à visualização dessa nova característica.

Numa fase seguinte da exploração do problema, o AD poderia desejar obter informações mais precisas sobre o impacto gerado entre a eventual libertação de poluentes e a distribuição das populações afectadas. Para obter este efeito bastaria desencadear o método de análise espacial adequado e aplicá-lo à camada correspondente ao impacto referido. Os resultados numéricos e gráficos do método “Sobreposição Espacial Simples” são apresentados na Figura 10. Esta figura contém a mesma informação que o mapa da Figura 9, apresentada de uma forma quantitativa e legível para o utilizador, que pode assim averiguar quantas pessoas estão sujeitas a cada nível de intensidade de poluente. Nessa figura é possível verificar também que, neste método, o AD pode apenas manipular parâmetros relacionados com a visualização (mostrar, ou não, o gráfico) e não com a obtenção dos resultados em si, pois estamos na presença de um método não-compensatório.

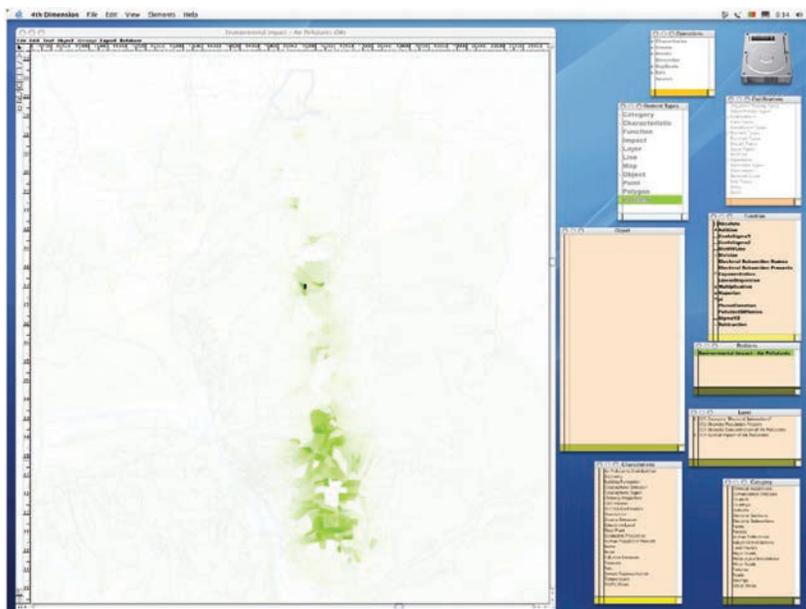


Figura 9 - Impacto de Sobreposição

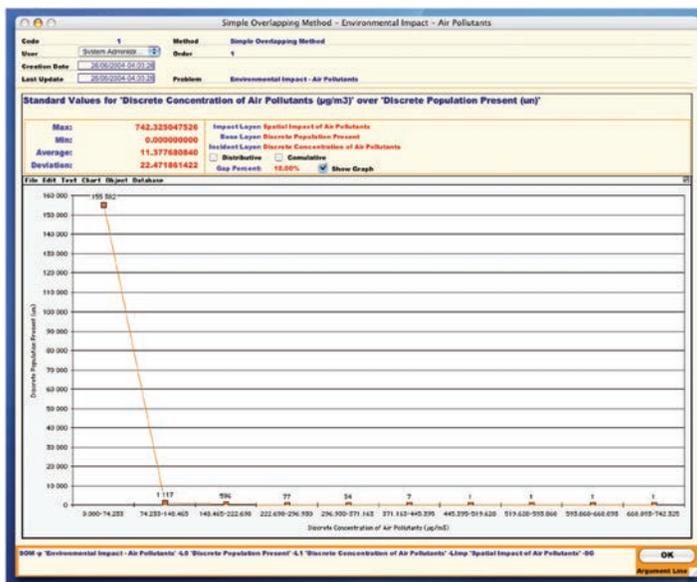


Figura 10 - Método “Sobreposição Espacial Simples”

Na Figura 11, o AD decide estudar um cenário alternativo em que identifica duas novas localizações adicionais para tratar resíduos urbanos (“Brasfemes Incinerator” em caracterização na Figura 11 e “Botão Incinerator”) e procede à sua caracterização impondo valores mais reduzidos para os respectivos caudais de emissão de poluentes (reduzindo igualmente o caudal da estação inicial mas obtendo uma capacidade total de processamento superior à do primeiro cenário com uma única central). Seguidamente procede à caracterização do fenómeno da disseminação atmosférica mas fá-lo agora por categoria de objecto (e não individualmente por incineradora) para que a distribuição final traduza a influência simultânea de todas as eventuais fontes de poluentes (Figura 12). A nova situação é analisada num processo em tudo semelhante ao anterior (geração do mesmo tipo de impacto na Figura 12). Neste novo cenário a capacidade total de processamento sobe consideravelmente (cerca de 35%). Os resultados globais, obtidos através de nova ativação do método “Sobreposição Espacial Simples” (Figura 13), traduzem também um situação de risco total ligeiramente maior para as populações humanas (média global de exposição sobe de 11.4 µg/m³ para 14.3 µg/

m³) mas a exposição máxima diminui consideravelmente (de 742.3 µg/m³ para 603.5 µg/m³) devido à maior dispersão espacial das incineradoras.

Este caso de estudo focou-se apenas no teste e comparação de cenários definidos pelo utilizador. Através do teste de novos cenários alternativos o AD facilmente poderia encontrar soluções de menor risco, mantendo, ou mesmo aumentando, a capacidade total de processamento de resíduos. Caso o objetivo fosse ao invés encontrar locais apropriados para as incineradoras, os dados gerados pelo SADE poderiam ser realimentados p.ex. num modelo multiobjetivo para o efeito.

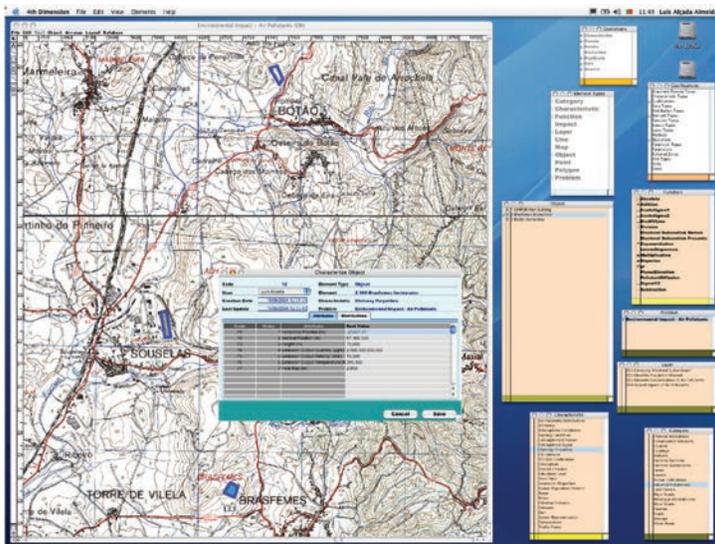


Figura 11 - Localização de duas novas Centrais de Tratamento

A utilização das capacidades analíticas do SADE proposto, operando ao nível dos atributos mono-dimensionais e da informação espacial, possibilita a produção e recolha de indicadores importantes e caracterizadores de cada um dos cenários a utilizar na construção de modelos de problemas de decisão. A natureza multidimensional do contexto que caracteriza, em geral os problemas de decisão com fortes componentes espaciais, justifica plenamente a posterior utilização de metodologias adequadas incluindo as oriundas das áreas do multiatributo e multiobjetivo. Este SADE favorece e torna mais eficaz e acessível o processo de preparação e comunicação de informação e o interface do Agente de Decisão com

estas metodologias (CHENOWETH, 2004; NATIVIDADE-JESUS *et al.*, 2007; COUTINHO- RODRIGUES *et al.*, 2011; ALÇADA-ALMEIDA *et al.*, 2009, 2013)

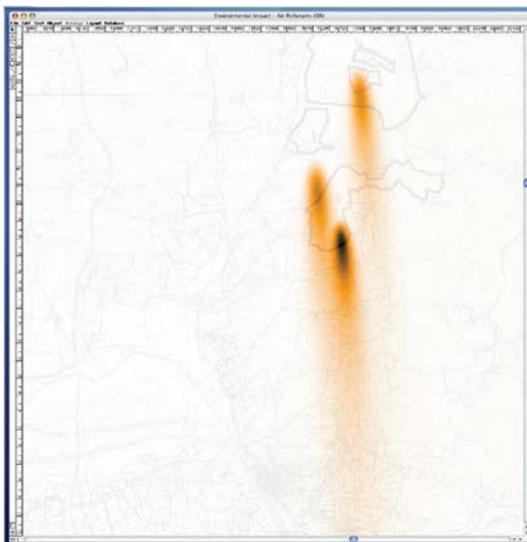


Figura 12 - Nova Distribuição de Poluentes

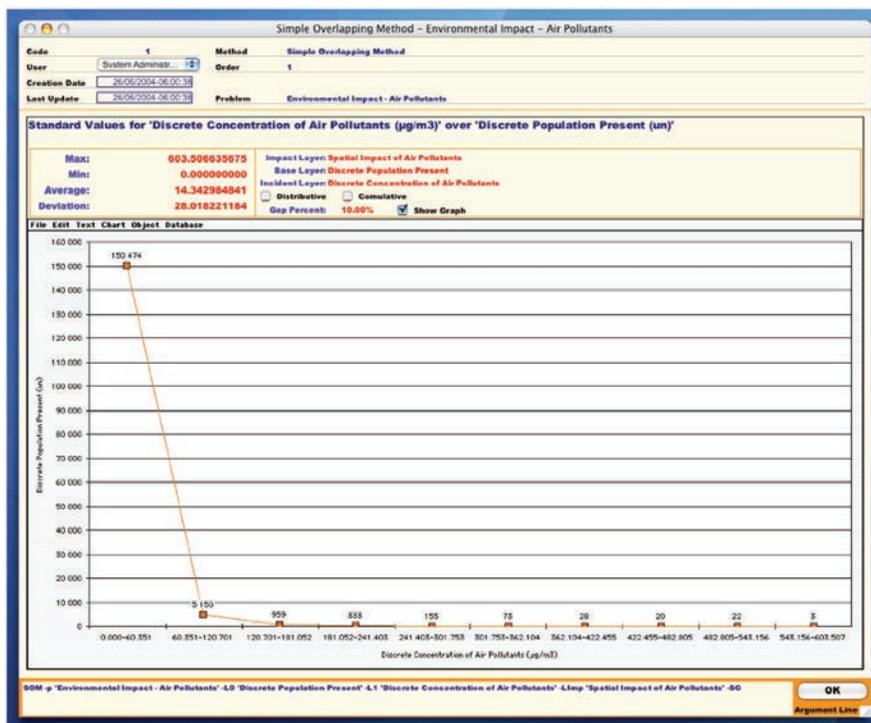


Figura 13 - Nova Aplicação do Método “Sobreposição Espacial Simples”

5. CONCLUSÕES

A utilização de sistemas de informação com componentes de SIG tem vindo a assumir, na última década, uma grande relevância no apoio à decisão, quando esta se reveste de importantes componentes espaciais. O elevado nível de intuição conferido pela possibilidade de utilizar mapas interativos, tanto na entrada de dados espaciais como na análise de resultados georreferenciados (DYKES *et al.*, 2005), contribui muito positivamente para a efetividade do processo global da tomada de decisões. Contudo, os sistemas existentes, baseados em SIG, não evoluíram no sentido de disponibilizar ao AD comum, uma plataforma genérica de modelação e análise de problemas espaciais multidimensionais. De facto, para abordar um problema concreto torna-se necessário:

- construir estruturas de dados específicas para cada problema, utilizando componentes de bases de dados mais ou menos integradas no SIG, mas de utilização inacessível para a generalidade dos AD;
- programar algoritmos de análise em linguagens nativas ou externas aos SIG, num processo que, mais uma vez, estará fora do controle do AD comum;
- conhecer a fundo as técnicas complexas de representação e tratamento de informação espacial num SIG.

Ultrapassadas estas dificuldades pelos AD, possivelmente com o apoio e orientação de uma equipa de programadores, os sistemas assim desenvolvidos esgotam a sua utilidade com o “encerramento” do problema que lhes deu origem. De facto, as estruturas lógicas e funcionais implementadas apresentavam uma grande dependência do contexto daquele processo de decisão particular e, muitas vezes, nem os dados introduzidos são reaproveitáveis, quanto mais as estruturas e os algoritmos!

No sistema desenvolvido no âmbito deste trabalho, procuram-se endereçar processos genéricos de apoio à decisão, onde a componente evolutiva que normalmente os caracteriza possa ser abordada na sua plenitude. Assim, ao invés das estruturas de dados e algoritmos se orientarem pelo modelo de cada problema particular, é o modelo do problema que é construído utilizando as estruturas lógicas e funcionais pré-estabelecidas no sistema. Deste modo, os resultados de cada análise efectuada podem

servir de base para localizações de novos elementos, estabelecimento de novas configurações de ligações, dimensionamento de serviços, etc. Os novos cenários que assim vão surgindo podem alimentar novos problemas de decisão (como é típico, por exemplo, nos processos de gestão urbana) que o AD analisará, fundamentado no conhecimento já adquirido, partindo de subconjuntos da informação gerada em anteriores processos, combinados com novos dados a introduzir e novas preferências a manifestar.

No caso de estudo apresentado a metodologia permite estudar a localização combinada de centrais de tratamento de resíduos, com vista a subseqüentemente se maximizar as quantidades incineradas e minimizar o impacto, contribuindo assim para uma gestão mais eficiente e ambientalmente mais sustentável. Como argumentado, facilmente se poderá estender a outras aplicações onde seja necessária uma gestão sustentável.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (FCT) sob a Ref^a “PEst-OE/ EEI/UI308/2014”, pelo projeto Energy and Mobility for Sustainable Regions (EMSURE) - Ref^a CENTRO-07-0224-FEDER-002004, e enquadra-se na iniciativa Energy for Sustainability da Universidade de Coimbra.

BIBLIOGRAFIA

- ALÇADA-ALMEIDA, L. *et al.* (2009) - “A Multiobjective Approach to Locate Emergency Shelters and Identify Evacuation Routes in Urban Areas”. *Geographical Analysis*, Vol. 41, Nº 1, 9-29.
- ALÇADA-ALMEIDA, L. *et al.* (2013) - “Interactive multicriteria decision support system for spatial planning analysis”. *Municipal Engineer*, Vol. 166, Nº 1, 3-15.
- ALMEIDA, J.P. & COUTINHO-RODRIGUES, J. (2002) - “Estudo de Impactos Ambientais com SIG - Simulação para o Caso da Co-Incineração de Souselas”. 3^a Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação, Coimbra, novembro 2002.
- ALMEIDA, J.P. & COUTINHO-RODRIGUES, J. (2011) - “Modelling environmental impacts over urban areas and facilities”, *Municipal Engineer*, Vol. 164, Nº 2, 103-116.

- BOUBEL, R. *et al.* (1994) - *Fundamentals of Air Pollution*, 3rd ed. Academic Press, EUA.
- BRIGGS, G. (1969) - *Plume Rise*. Critical Review Series, Atomic Energy Commission, EUA.
- CHENOWETH, T. *et al.* (2004) - “Convincing DSS Users that Complex Models are Worth the Effort”. *Decision Support Systems*, Vol. 37, Nº 1, 71-82.
- CORBURN, J. (2007) - “Urban land use, air toxics and public health: Assessing hazardous exposures at the neighborhood scale”. *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 27, 145-160.
- COUTINHO-RODRIGUES, J. *et al.* (2011) - “A GIS-based Multicriteria Spatial Decision Support System for Planning Urban Infrastructures.” *Decision Support Systems*, Vol. 51, Nº 3, 721-726.
- DYKES, J. *et al.* (2005) - “Exploring geovisualization”, in DYKES J. *et al.* (eds.): *Exploring Geovisualization*, International Cartographic Association 1, Elsevier, Amsterdão, Países Baixos, 3-19.
- GORDON, S. (1985) - *Computer Models in Environmental Planning*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 78-89.
- HOLMES, N. & MORAWSKA, L. (2006) - “A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: An overview of different dispersion models available”. *Atmospheric Environment*, Vol. 40, 5902-5928.
- JANKOWSKI, P. *et al.* (1997) - “Spatial group choice: a SDSS tool for collaborative spatial decision-making”, *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 11, Nº 6, 577-602.
- KIELY, G. (1997) - *Environmental Engineering*. McGraw-Hill International, Reino Unido.
- MAHONEY, J. (1974) - “Meteorological Aspects of Air Pollution”. *Industrial Pollution*, Vol. 15, 409-455.
- MALCZEWSKI, J. (1999) - “Spatial Multicriteria Decision Analysis”. In J.-C. Thill (ed.): *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis: a geographic information sciences approach*, Ashgate Publishing Ltd., Reino Unido, 11-48.
- NATIVIDADE-JESUS, E. *et al.* (2007) - “A Multicriteria Decision Support System for Housing Evaluation”. *Decision Support Systems*, Vol. 43, Nº 3, 779-790.
- PASQUILL, F. (1974) - *Atmospheric Diffusion*, 2nd ed. Halstead Press, New York, EUA.
- TURBAN, E. *et al.* (2010) - *Decision support and business intelligence systems*, 9th edition. Pearson Education.
- USEPA (1986) - *Guidelines on air quality models*. US Environmental Protection Agency report EPA-450/2-78-027R.
- USEPA (2003) - *Revision to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred Long Range Transport Model and Other Revisions*. Environmental Protection Agency, Washington D.C., EUA. Disponível online no endereço

url <http://www.epa.gov/EPA-AIR/2003/April/Day-15/a8542.htm> (acedido em 30 março, 2014).

ZHANG, J. *et al.* (2000) - "Using GIS to assess the risks of hazardous materials transport in networks". *European Journal of Operational Research*, Vol. 121, N° 2, 316- 332.

SESSÃO 2

COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 4

AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO INTEGRADA AOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA GERAÇÃO DE CENÁRIO DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS RÁPIDOS EM VERTENTES

PINTO, Roberto Carlos¹; CANEPARO, Sony Cortese² & PASSOS, Everton³

¹ Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná (Brasil)

Av. Cel. Francisco H dos Santos, 100 - Centro Politécnico - Bloco Setor de Ciências da Terra.

Tel: 554133080557; Fax: 554133080557; email: robertogeog@hotmail.com

² Tel: 554132323995; Fax: 554133613455; email: s_cortese@hotmail.com

³ Tel: 554135730140; Fax: 554133613455; email: everton@ufpr.br

RESUMO

Movimentos de massa em vertentes na forma de deslizamentos são importantes processos naturais transformadores do relevo, em áreas habitadas quando desenvolvidos em deslocamentos rápidos tem provocado catástrofes. A identificação e o mapeamento de áreas com suscetibilidade à ocorrência destes processos é importante instrumento auxiliar à gestão e planejamento territorial em áreas de risco. Tais movimentos bruscos de materiais diversos são recorrentes no Brasil, abordados no presente artigo em cenário de suscetibilidade, especificamente quanto a delimitação de áreas em relevo montanhoso, tendo como estudo de caso a Bacia hidrográfica do Rio Jacareí, situada na porção ocidental da Serra da Prata, compreendendo parte dos municípios de Morretes e Paranaguá no Estado do Paraná, afetada fortemente por processos correlatos ocorridos em março de 2011. O estudo descreve a aplicação de uma modelagem preditiva em Sistema de Informações Geográficas por meio da Avaliação Multicritério pelo método da Combinação Linear Ponderada de fatores condicionantes, selecionados, padronizados, posteriormente agregados e combinados. A cartografia do cenário de suscetibilidade resultante foi validada por retroanálise, sobrepondo-se ao

registro obtido em imagens de cicatrizes do evento reportado, com coincidência aproximada de 82% em classes mapeadas como Alta e Muito Alta Suscetibilidade, o modelo proposto demonstrou considerável eficiência.

PALAVRAS-CHAVE

Deslizamentos catastróficos, Vertentes, Áreas de suscetibilidade, Processos, Condicionantes.

MULTICRITERIA EVALUATION FOR INTEGRATED GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR GENERATION SCENARIO SUSCEPTIBILITY TO RAPID LANDSLIDES IN SLOPES

ABSTRACT

Mass movements in slopes in the form of landslides are important natural processes of relief transformers, in populated areas when developed in rapid shifts have caused catastrophes. The identification and mapping of areas with susceptibility to these processes is an important instrument to assist management and territorial planning in risk areas. These sudden movements of various materials are recurrent in Brazil, discussed in this paper on susceptibility scenario, specifically regarding the delimitation of areas in mountainous terrain, taking as a case study of the catchment area of the River Jacarei, located in the western portion of the Serra da Prata comprising the municipalities of Morretes and Paranaguá in Paraná State, correlates strongly affected by processes occurring in March 2011. The study describes the application of a predictive modeling in Geographic Information System via Multi-criteria Evaluation method for Weighted Linear Combination of conditioning factors selected, standardized, posteriorly aggregated and combined. The mapping of the resulting susceptibility scenario was validated by back analysis, overlapping the record obtained in images of scars event reported with approximate coincidence of 82% in classes mapped as High and Very High Susceptibility, the proposed model showed considerable efficiency.

KEYWORDS

Landslides catastrophic, Slope, Areas of susceptibility, Processes, Conditions.

1. INTRODUÇÃO

Os diferentes tipos de movimentos com materiais diversos consolidados ou não, constituintes de vertentes, caracterizam-se como importantes processos erosivos responsáveis pela evolução das vertentes e interflúvios

com consequente assoreamento ou deposição de materiais em fundo de vales ou planícies, afetando o relevo como um todo. Em áreas com predomínio de formas côncavo-convexas em relevo acidentado de serras ou montanhas, é maior a predisposição à ocorrência de movimentos rápidos, em forma de deslizamentos em vertentes, sobretudo em regiões tropicais e subtropicais onde os índices pluviométricos elevados, propiciam grandes variações nas condições hidrodinâmicas.

No Brasil, os "movimentos de massa" em forma de deslizamentos (como são genericamente identificados tais processos) podem alcançar grande magnitude, quando há uma convergência de processos combinando: deslizamentos com desprendimento de blocos; mobilização de detritos, incluindo a cobertura vegetal arbórea, que provoca represamento momentâneo do fluxo fluvial no fundo do vale, com o aporte considerável de água em momentos de elevada precipitação o material inconsolidado argiloso transforma-se em lama, sendo inevitável o rompimento destes represamentos. A persistência pluviométrica origina uma avalanche de lama e detritos incorporando blocos rochosos e materiais deslocados ou desprendidos pelo próprio movimento à jusante. Esta combinação de fenômenos são classificados como movimentos rápidos complexos, e são relativamente frequentes em regiões de serra sendo localmente conhecidos como "cabeça d'água».

São fenômenos preocupantes, pois em território brasileiro há inúmeras áreas urbanas, inseridas em tais condições ambientais, áreas consideradas no contexto de "segurança ambiental" por Bigarella (1974) citando os casos: da Serra das Araras em janeiro de 1967, com 1700 mortes, no Estado do Rio de Janeiro; o de Caraguatatuba São Paulo, com 400 vítimas fatais, ocorrido em março do mesmo ano e Tubarão no Estado de Santa Catarina em março de 1974 com 199 mortes.

Além do elevado número de vítimas os referidos movimentos, acarretam em consideráveis prejuízos socioeconômicos, a exemplo do registrado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro em janeiro de 2011, onde segundo Dourado *et al.* (2012), ocorreram "947 mortes e registrados 300 desaparecidos afetando diretamente uma população de aproximadamente 50.000 pessoas desabrigadas nos municípios de Nova Friburgo,

Teresópolis, Petrópolis, Sumidouro, São José do Vale do Rio Preto, Bom Jardim e Areal e afetando indiretamente mais de 1.000.000 de pessoas, sendo investidos R\$ 188.451.196,08 em 79 obras recuperadas pelo poder público estadual e prejuízos inestimáveis à população”.

Reconhecendo que a ocorrência dos movimentos de ”massa generalizados” em vertentes está relacionada ao comportamento de uma série de fatores condicionantes e entendendo que o mapeamento de suscetibilidade é uma etapa importante para a gestão de riscos naturais, este estudo ao propor um modelo de mapeamento preditivo de áreas de suscetibilidade, pode contribuir e em particular servir de instrumento de apoio a medidas preventivas a serem assumidas em órgãos gestores, responsáveis por políticas públicas de planejamento territorial, que visam empregar medidas preventivas, mitigadoras aos impactos negativos causados por desastres associados a estes processos.

Neste contexto, esta pesquisa sugere a utilização da avaliação multicritério (Multi Criteria Evaluation - MCE) integrada aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) para geração de um cenário de suscetibilidade, a partir da combinação de condicionantes relacionados ao desenvolvimento dos processos de instabilidade em vertentes, utilizando-se do método da Combinação Linear Ponderada (Weighted Linear Combination - WLC) tendo como área modelo uma bacia hidrográfica. A análise classifica-se como estatística, pois apresenta critérios de combinação com padrões mensurados e parte do princípio da existência de relações entre os fatores condicionantes e a distribuição espacial dos movimentos considerados.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

A proposta refere-se à identificação e delimitação das áreas mais propensas ao desprendimento de materiais, que na combinação de fatores que condicionam processos de movimentos rápidos de materiais na vertente, em particular aqueles desencadeados em eventos com elevadas concentrações pluviométricas, em períodos relativamente curtos (poucos dias ou mesmo horas) e tem como objetivo principal a apresentação de um cenário probabilístico, partindo do pressuposto de que a correlação

entre os condicionantes de instabilidade das vertentes explica a distribuição destes processos no espaço.

Considerou-se ainda que os Sistemas de Informações Geográficas possibilitam, através de avaliação multicritério gerar cenários de suscetibilidade com razoável confiabilidade. Suscetibilidade conforme conceito de Zêzere (2005, 81) “probabilidade espacial de ocorrência de um determinado fenômeno numa dada área com base nos fatores condicionantes do terreno, independentemente do seu período de recorrência”.

A avaliação multicritério em ambiente SIG permite a agregação de inúmeras variáveis sendo recomendada para decisões complexas. Zambom *et al.* (2005, 183) afirmam que “a integração de SIG’s e de métodos de decisão multicritério vêm proporcionando inúmeros benefícios para análise de problemas e tomada de decisão no planejamento. Os modelos baseados em decisão multicritério são indicados para problemas onde existam vários critérios de avaliação”.

No caso específico da suscetibilidade aos movimentos, os critérios de valoração são aqueles que aumentam ou diminuem a predisposição de uma determinada área para ocorrência dos processos. “Os critérios selecionados foram combinados e agregados, pelo método da Combinação Linear Ponderada (WLC) que permite a completa compensação entre as variáveis envolvidas” (EASTMAN, 1998).

A área de estudo localiza-se em relevo de serra, no litoral do Estado do Paraná. A Bacia Hidrográfica do Rio Jacareí foi escolhida em função da natureza de deslizamentos ocorridos no mês de março de 2011, caracterizados pela elevada magnitude e poder destrutivo. Na ocasião, um conjunto simultâneo de processos combinados definidos de movimentos complexos envolveram: queda ou desprendimento e rolamento de blocos, escorregamentos de terra, corridas de lama e detritos, que associados a inundações causaram grandes prejuízos socioeconômicos para a comunidade local, destruindo parte da vegetação natural, casas, ruas, pontes, lavouras com uma vítima fatal. (Figuras 1, 2, 3 e 4).



Vista aérea da encosta do litoral (Foto: Aniele Nascimento / Agência de Notícias Gazeta do Povo)

Figura 1 - Aspectos das cicatrizes erosivas e deposicionais decorrentes de movimentos complexos rápidos em vertentes da Serra da Prata e fundos de vales afetados em 11 de março de 2011. Deslizamentos em forma de escorregamentos e corrida de lama com transporte de detritos incluindo a movimentação de matações, alguns com dezenas de metros cúbicos, vertente e vale abaixo, provocando o transbordamento e assoreamento do canal fluvial.

Fonte: Hedeson S. Jornal Gazeta do Povo, 13/03/2011



Figura 2 - Destruição pela passagem de detritos decorrentes do evento de movimentos complexos ocorrido a montante. Uma das pontes sobre o Rio Jacaré na rodovia BR 277, principal via de acesso ao porto de Paranaguá, corredor de exportação internacional que atende no Brasil o Estado do Paraná e parte da Região Sul e Região do Pantanal mato-grossense além do Paraguai.

Fonte: Hedeson S. Jornal Gazeta do Povo, 13/03/2011



Figura 3 - Casa parcialmente destruída pelos movimentos complexos desencadeados nas vertentes da Serra da Prata de 2011

Fonte: Elaboração própria (2012)

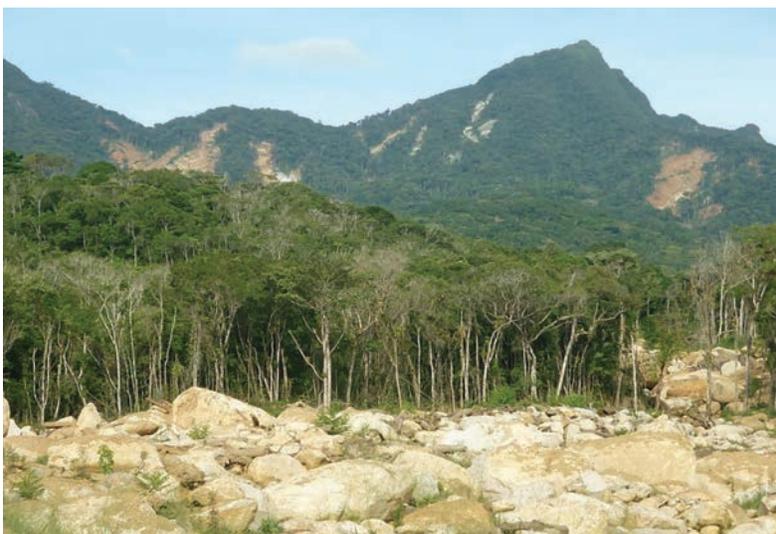


Figura 4 - Matacões de grandes dimensões (eixo maior com aproximadamente de 3 a 7m) deslocados até o fundo de vale destruindo a floresta composta por árvores com o porte das remanescentes (aproximadamente 20 metros de altura) do episódio de 2011, ao fundo algumas cicatrizes dos processos (área fonte de parte do material sedimentado).

Fonte: Elaboração própria (2012)

A Bacia Hidrográfica do Rio Jacareí localiza-se na divisa dos municípios de Morretes e Paranaguá, Estado do Paraná - Brasil, inserida no compartimento de relevo denominado Serra da Prata (ramificação do grande maciço da Serra do Mar) e na Planície Litorânea, entre as coordenadas geográficas 25°30'29" S, 25°37'44" S, 48°42'18" W, e 48°39'62" W, com área total de 41,28 km². (Figura 5).

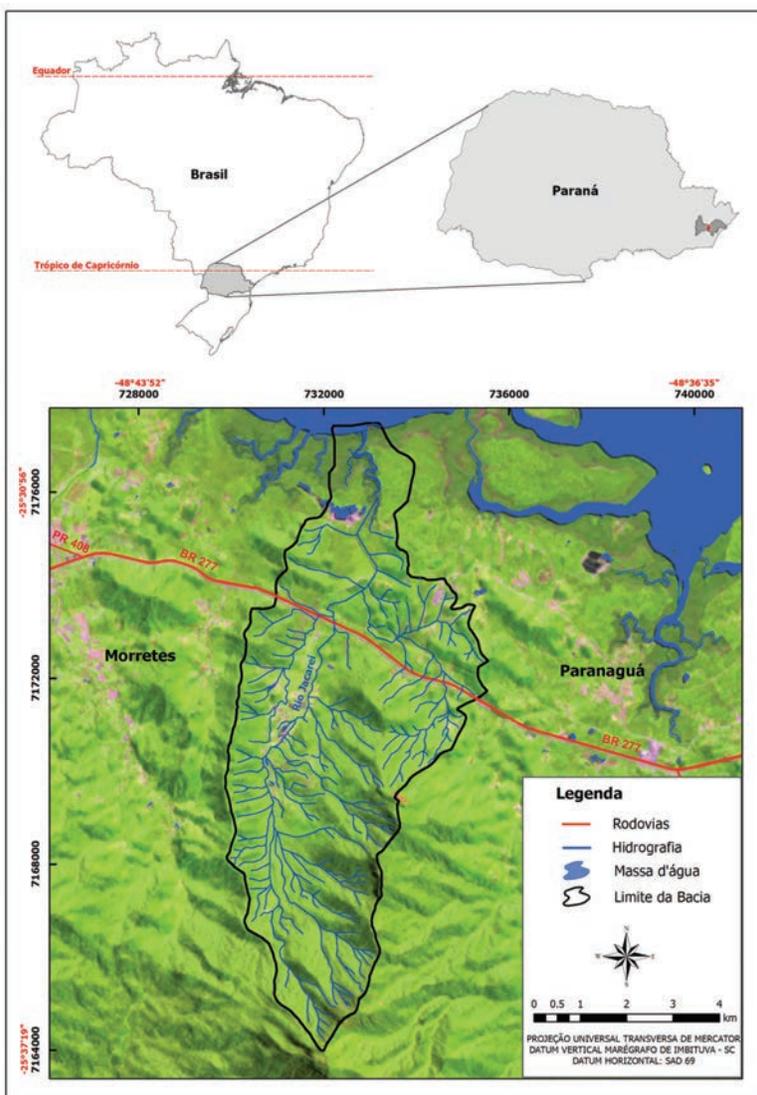


Figura 5 - Cartograma com a localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jacareí, divisa entre os municípios de Morretes e Paranaguá - Pr

Fonte: Elaboração própria (2014)

3. METODOLOGIA

Para operacionalização do trabalho foi utilizada a proposta metodológica de Libault (1971), intitulada: Os Quatro Níveis de Pesquisa Geográfica, fundamentada no tratamento quantitativo da informação, com aplicação em dados numéricos, passíveis de representação cartográfica, por meio de mapas-síntese, que representam visualmente o produto da pesquisa. Os níveis da pesquisa definidos pelo autor são os seguintes: compilatório, primeira fase da pesquisa, em que se dá o levantamento dos dados, bem como a compilação destes; correlatório, momento de correlação dos dados e aprimoramento das informações; semântico, com interpretação e análise dos resultados obtidos e normativo, etapa final do trabalho, na qual o produto da pesquisa é transformado em modelo.

Em conjunto com a proposta elaborada por Libault (idem), a agregação e combinação dos fatores condicionantes para geração do cenário de suscetibilidade foi efetuado a partir do método de Avaliação Multicritério denominado: Combinação Linear Ponderada (WLC). Todo o procedimento utilizou-se dos Sistemas de Informações Geográficas IDRISI TAIGA como suporte de operação.

Para desenvolver um modelo de suscetibilidade aos movimentos de vertente é necessário o reconhecimento e análise de uma série de condicionantes de instabilidade, configurando-se em uma avaliação multicritério, técnica que parte da combinação entre vários fatores intrínsecos, pré-definidos criteriosamente, que funcionam como atributos mutuamente correlacionados, em que todos influenciam individualmente e em conjunto no resultado final.

De acordo com Delgado e Barredo Cano (2005, 43) “a avaliação multicritério define-se como um conjunto de técnicas orientadas que contribuem nos processos de tomada de decisão, investigando um grande número de alternativas para múltiplos critérios e objetivos, gerando soluções para problemas diversos”. (Tradução livre do autor).

Entre os métodos de avaliação multicritério, a Combinação Linear Ponderada (WLC) permite, após a padronização e ponderação das variáveis, a compensação entre todos os fatores, conforme peso ou grau

de importância. Os critérios são agregados e combinados num processo de ponderação entre os mesmos. Os pesos (ou valoração) assumidos governam a compensação. De acordo com Eastman (1998, 188) “o grau com que um fator pode compensar outro, entretanto, é determinado pelo peso”. Nesse sentido, um alto escore de potencial de determinado layer em uma determinada área pode compensar um baixo potencial em outro layer nessa mesma área.

3.1. Determinação dos condicionantes

Em consulta específica a pesquisas realizadas nos últimos anos, constatou-se que os respectivos autores, geralmente utilizam como fatores condicionantes de instabilidade das encostas e, portanto, de influência direta, na predisposição dos terrenos aos processos de deslizamentos: a declividade, altitude, forma e orientação das vertentes, a litologia, os tipos de solo, a cobertura vegetal e o uso da terra.

Trabalhos como de Ross (1994); Francisco (1996); Crepani *et al.* (2001); Marcelino (2004); Zaidan (2006); Zêzere *et al.* (2005); Vanacôr (2006); Silva (2008); Chauhan *et al.* (2010); entre outros, em que propuseram gerar e analisar modelos de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade, fragilidade e risco associados utilizando-se dos Sistemas de Informações Geográficas, contribuíram para a escolha e padronização dos condicionantes, uma vez que além da adoção dos fatores foram definidos parâmetros de instabilidade para diferentes categorias, validadas em cada estudo específico. Neste contexto foram escolhidos os seguintes condicionantes: declividade, forma das vertentes, altitude, litologia, tipos de solo, uso da terra e cobertura vegetal.

3.2. Geração dos Planos de Informação (PI's)

Utilizando-se de produtos cartográficos, informações quantitativas e qualitativas, tais como: dados temáticos (geologia, pedologia, geomorfologia, drenagem, uso da terra, etc.), imagens de satélites e fotos aéreas foram gerados Planos de Informação (PI's) em formato matricial ou raster e vetorial, que formaram um banco de dados de entrada, consolidando a base para o processamento cruzado e geração do modelo.

Com uso de módulos de modelagem do Software IDRISI TAIGA, desenvolvido pela CLARK LABS (2009), foram gerados e/ou adaptados os seguintes Planos de Informação (PI's) de entrada: declividade; hipsometria; forma das vertentes; litologia; tipos de solo, uso da terra e cobertura vegetal.

3.3. Padronização dos critérios

Antes da aplicação do método de avaliação multicritério WLC, como os dados dos fatores encontravam-se em unidades de medida distintas foi necessária à padronização. Nesta etapa foi utilizada a padronização Fuzzy. Souza *et al.* (2005, 142) afirmam que “a finalidade da padronização Fuzzy é colocar todos os fatores considerados na análise, em uma mesma escala, para tornar possível a integração de todos os dados em ambiente de SIG”. Conforme Weber e Hasenack (2001, 7) “a padronização pode ser feita para um intervalo em nível de byte, entre 0 e 255, utilizando-se funções Fuzzy de pertinência a conjuntos específicos de cada variável, de acordo com critérios estabelecidos”.

Neste estudo, a técnica Fuzzy foi ajustada na valoração em relação aos objetivos da pesquisa (em bytes), de modo que 0 indica áreas menos suscetíveis e 255 mais suscetíveis, admitindo valores intermédios. Cada fator condicionante foi reescalado de acordo com uma ordem de importância, por meio das funções de pertinência Fuzzy (Linear, Sigmoidal, J-shaped e User-Defined). Entretanto, nem todos foram submetidos ao mesmo processo de padronização, por estarem em escala qualitativa ou nominal, nesse caso, foram atribuídos valores diretos entre 0 e 255, conforme potencial considerado.

“Os critérios são de dois tipos: restritivos, que limitam absolutamente as alternativas em análise e fatores, que aumentam ou diminuem a potencialidade de uma alternativa específica” (EASTMAN, 1998). Neste estudo, todos os critérios envolvidos foram considerados fatores e o procedimento de padronização dos mesmos está detalhado nos subitens a seguir:

3.3.1. Fator: declividade

Para a padronização do fator declividade utilizou-se de parâmetros estabelecidos nos trabalhos de Zaidan (2006); Marcelino (2004); Vanacôr (2006). Adotou-se a função sigmoideal crescente, com pontos de controle $a=25$ e $b=45\%$ considerou-se que em declividades com ângulos entre 0 e 25%, a encosta é relativamente estável e após este ponto, a suscetibilidade aos movimentos de vertente torna-se maior, estabilizando-se com potencial elevado nos 45% ou mais. (Figura 6).

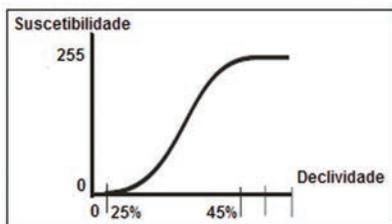


Figura 6 - Sigmoideal Crescente - Declividade
Fonte: Adaptado de Eastman (1998)

3.3.2. Fator: altitude

De acordo com Crepani *et al.* (2001, p. 74) “quanto maior a amplitude altimétrica maior é a energia potencial e maior capacidade de morfogênese”. Utilizou-se parâmetros estabelecidos por Francisco (1996) e Marcelino (2004) sendo utilizada a função sigmoideal crescente, com pontos de controle $a=200$ e $b= 500$ metros de altitude, entendendo que entre 0 e 200 metros, a encosta é relativamente estável com aumento de instabilidade até os 500 metros, estabilizando-se com potencial elevado em altitudes maiores. (Figura 7).

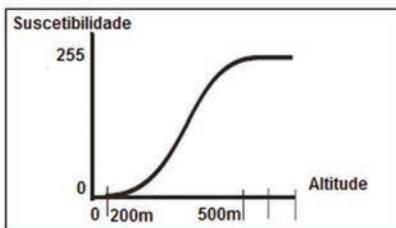


Figura 7 - Sigmoideal Crescente - Altitude
Fonte: Adaptado de Eastman (1998)

3.3.3. Fator: forma das vertentes

Para a padronização deste fator, utilizou-se o plano de informação com a curvatura numérica, com variação entre -0.18 a 0.34. Conforme Valeriano (2008, 36) “os valores negativos indicam os perfis côncavos (maior suscetibilidade), positivos os convexos (menor suscetibilidade) e os nulos ou próximos a zero indicam as vertentes retilíneas”. Partindo desse pressuposto, adotou-se a função sigmoidal decrescente, com pontos de controle em $c=-0.18$ e $d=0.34$, ou seja, à medida que os valores de curvatura aumentam a instabilidade diminui. (Figura 8).

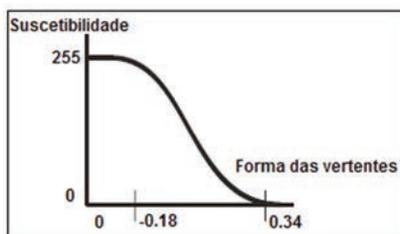


Figura 8 - Sigmoidal Decrescente - Forma das vertentes

Fonte: Adaptado de Eastman (1998)

3.3.4. Fator: tipos de solo

Por ser um condicionante com classes nominais foram atribuídos valores entre 0 e 255, para cada classe, baseando-se nos preceitos de Bigarella *et al.* (2003) ao afirmar que “os solos argilosos são mais suscetíveis, pois estes apresentam descontinuidades dentro do próprio perfil, possuindo horizonte inferior com maior capacidade de armazenamento de água, que resulta em maior facilidade de saturação e conseqüentemente de movimentação da camada superficial”. (Tabela 1).

3.3.5. Fator: litologia

Conforme Crepani *et al.* (2001) “rochas pouco coesas podem prevalecer os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto que nas rochas bastante coesas devem prevalecer os processos

de intemperismo e formação de solos (pedogênese)”. Baseando-se nesta proposta foram atribuídos valores entre 0 e 255 para cada classe litológica conforme o grau de suscetibilidade aos processos. (Tabela 2).

Tabela 1 - Valores atribuídos de acordo com a suscetibilidade dos solos à erosão e movimentos de vertente

Classes de solos	Valoração (0 e 255)
1- Gleissolos	50
2- Latossolos e Argissolos	200
3 - Cambissolos e Argissolos	255
4 - Cambissolos e Neossolos	150
5 - Neossolos Litólicos	100
6 - Neossolos e Afloramentos	100
7 - Afloramentos Rochosos	50

Fonte: Elaboração própria (2014).

3.3.6. Fator: uso da terra e cobertura vegetal

Também com classes nominais, este condicionante foi padronizado numa escala de valores entre 0 e 255, com parâmetros definidos com base nas propostas de Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001). (Tabela 3).

3.4. Ponderação das variáveis

Considerando que os condicionantes de instabilidade das vertentes interferem com pesos diferenciados de influência, após a padronização Fuzzy foi necessário recorrer à ponderação das variáveis. Utilizou-se para este procedimento, a proposta de Saaty (1980), técnica AHP (Analytical Hierarchy Process), passível de ser efetuado no módulo WEIGHT do Software IDRISI. “Esse método de comparação da importância relativa das variáveis, duas a duas, auxilia no estabelecimento dos pesos finais dos fatores diminuindo a subjetividade” (WEBER & HASENACK, 2001, 7).

Tabela 2 - Valoração do grau de resistência das rochas para o intemperismo e erosão

Unidade Geológica	Sigla	Classes litológicas	Valores (0 - 255)
Complexo Gnáissico-Migmatítico	APImge	Migmatitos estromáticos com paleosoma de biotita-hornblenda gnaiss, mica-quartzoxisto, ultrabásito, metabásito e anfibólito	100
	APImgm	Migmatitos oftálmicos, com paleosoma de biotita gnaiss, biotita-hornblenda gnaiss e hornblenda gnaiss, localmente com quartzitos	100
	APIsgf	Suíte granítica foliada, granitos metassomáticos ou de anatexia, indiferenciados	100
Complexo Metamórfico Indiferenciado	APIrmx	Biotita-muscovita xistos e clorita-biotita-muscovita xistos, com ocorrências locais de quartzoxistos e quartzitos	150
Sedimentos Recentes	Qha2	Aluviões recentes	200
	Qhc	Depósito de colúvio associados à depósitos de tálus, com argila, silte, areias e seixos	255
	QHcs	Cascalheiras continentais retrabalhadas	255
	QHmg	Sedimentos fluviomarinheiros, associados à manguezais	150
	QHmo	Sedimentos argilo-siltico-arenosos, paleoestuarinos	255
	Qt	Depósitos de tálus, blocos em matriz argilosa	255
Formação Alexandra	Ta	Conglomerados, arcósios, areias e argilitos	200

Fonte: Elaboração própria (2014)

Tabela 3 - Valores atribuídos à suscetibilidade de acordo com uso da terra e cobertura vegetal

Uso e ocupação da terra e cobertura vegetal	Valoração (0 e 255)
1 Agricultura anual	150
2 Agricultura perene	150
3 Área construída	255
4 Campos de altitude	100
5 Corpos d'água	150
6 Floresta estágio inicial	100
7 Floresta estágio médio ou avançado	50
8 Mangues	0
9 Ocupação rural	150
10 Pastagens e campos	150
11 Reflorestamento	100
12 Solo exposto ou mineração	255
13 Vegetação de várzea	50

Fonte: Elaboração própria (2014)

Nos quadros I e II são apresentadas as escalas pré-definidas de valores a serem atribuídos por meio da técnica AHP, proposta por Saaty (op. cit.).

Quadro I - Escala de valores AHP para comparação pareada

Intensidade de importância	Definição e Explicação
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objeto
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: Adaptado de Saaty (1980).

Quadro II - Escala de comparação de critérios

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremamente	bastante	muito	pouco	igual	pouco	muito	bastante	extremamente
MENOS IMPORTANTE					MAIS IMPORTANTE			

Fonte: Adaptado de Saaty (1980)

A técnica AHP combina os diversos critérios atribuindo-lhes pesos e ponderando a participação individual no processo, resultando em pesos finais de importância relativa para cada critério. “Uma das vantagens desse processo é a possibilidade de refazer o cálculo dos pesos quantas vezes julgar-se necessário, pois o método informa os novos pesos juntamente com uma razão de consistência (CR- Consistency Ratio) alertando o usuário sobre possíveis equívocos.” (EASTMAN, 1998, 187).

Os fatores foram organizados na matriz de comparação pareada, técnica AHP, resultando em pesos finais de influência e na razão de consistência. (Tabela 4, Quadro III).

Tabela 4 - Determinação dos pesos de importância relativa para suscetibilidades

	Altitude	Uso e cobertura Vegetal	Litologia	Forma Das Vertentes	Tipos de Solo	Declividade
Altitude	1					
Uso e cobertura Vegetal	2	1				
Litologia	3	2	1			
Forma das Vertentes	3	2	2	1		
Tipos de Solo	5	3	2	1	1	
Declividade	7	5	4	3	2	1

Fonte: Elaboração própria (2014)

Quadro III - Pesos calculados - Suscetibilidade

FATORES	PESOS FINAIS
Altitude Fuzzy	0.0447
Uso do solo e cobertura vegetal Fuzzy	0.0740
Litologia Fuzzy	0.1116
Forma das vertentes Fuzzy	0.1658
Tipos de Solo Fuzzy	0.2036
Declividade Fuzzy	0.4003

Fonte: Software IDRISI TAIGA. Atividade de laboratório
 Razão de Consistência = 0.01 (Consistência é aceitável)

3.5. Método da Combinação Linear Ponderada - WCL

De posse dos fatores devidamente padronizados pela técnica Fuzzy, com valoração contínua entre 0 a 255 (bytes) e com seus pesos finais de importância relativa, resultantes da ponderação pela técnica AHP foi possível efetuar o processo de agregação entre todos os fatores condicionantes envolvidos, estes foram submetidos ao método de compensação, pela **Combinação Linear Ponderada** (Weighted Linear Combination - WCL) presente no módulo de avaliação por critérios múltiplos (Multi Criteria Evaluation - MCE), do software IDRISI.

No método WLC, os pesos dos fatores usados expressam a importância relativa de cada critério e determinam como os fatores são compensados

entre si. Portanto, um fator como a cobertura vegetal formada por floresta em estágio médio ou avançado pode atenuar potenciais mais elevados de suscetibilidade gerados, por exemplo, pela declividade acentuada. “O programa multiplica cada fator por seu peso correspondente somando a seguir o resultado”. (EASTMAN, 1998).

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

4.1. Cenário de Suscetibilidade

No mapa resultante da WLC (Figura 9), observa-se a variação dos níveis de suscetibilidade em que cada pixel representa o valor recebido em todo o processo que considerou os critérios condicionantes adotados e padronizados, com seus respectivos pesos de importância relativa. Os pixels com maiores valores, representados com cores avermelhadas, indicam as áreas que apresentam maior suscetibilidade aos movimentos de vertente, com as zonas de origem dos processos e os pixels com valores tendendo a 0 representam os locais de menor suscetibilidade.

Como a Combinação Linear Ponderada faz a total compensação entre os fatores utilizados, os escores de suscetibilidade da área, se apresentaram relativamente baixos. O nível máximo de suscetibilidade obteve um escore de 229, na escala de variação entre 0 a 255. Sendo assim, no processo de agregação e combinação ficou evidenciada a compensação entre classes de fatores com valoração indicando mais propensão às ocorrências dos movimentos de vertente com categorias que favorecem a estabilidade da mesma.

O mapa demonstrou razoável consistência, uma vez que os pixels com coloração representando maiores níveis de suscetibilidade se concentraram principalmente nas maiores altitudes, elevadas declividades da Serra da Prata (margem direita do Rio Jacareí), em terrenos formados por solos rasos e afloramentos rochosos indicando o predomínio da morfogênese em detrimento da pedogênese. Por outro lado, os pixels com coloração demonstrando menor suscetibilidade concentraram na área de planície de inundação, com baixas declividades e solos mais espessos com predomínio da pedogênese.

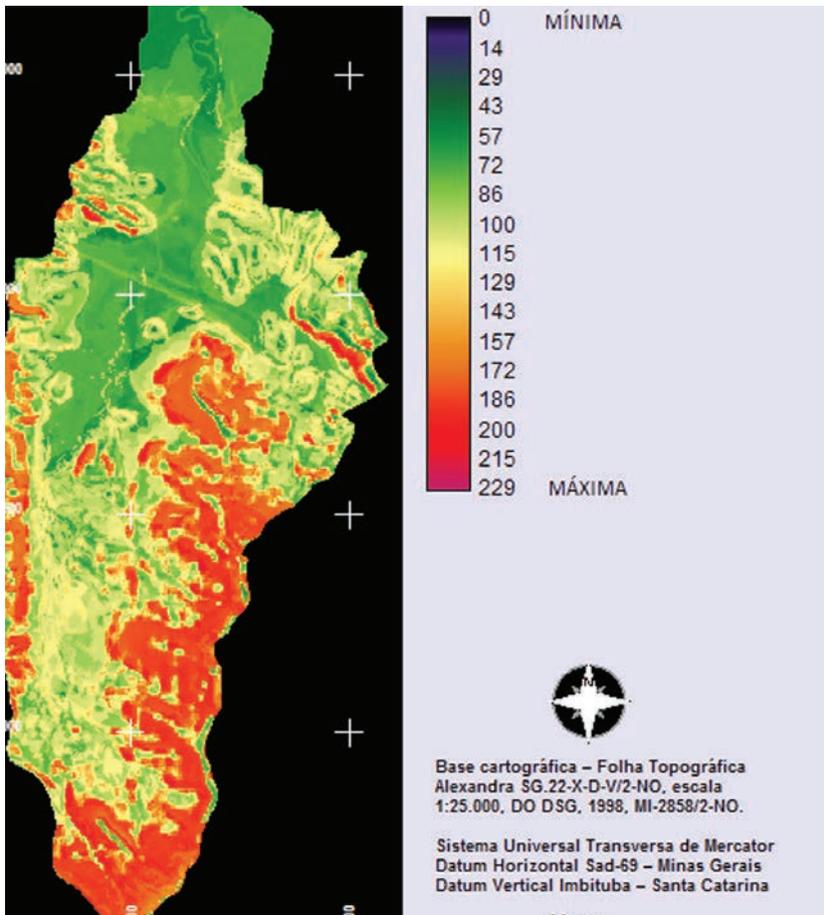


Figura 9 - Mapa de suscetibilidade resultante do método de Combinação Linear Ponderada - WLC
Fonte: Elaboração própria (2014)

A partir da grade numérica, representando uma visão contínua da variação da grandeza suscetibilidade a movimentos de vertente, foi realizada a reclassificação pelo método do desvio quartílico visando categorizar o modelo em diferentes níveis de suscetibilidade. De acordo com Ramos e Sanchez (2000), “este método divide a série de dados em quatro grupos com igual número de ocorrências, cada um compreendendo 25% do total de valores. Desta forma, o fatiamento é definido quantitativamente, excluindo a subjetividade no processo de definição do limiar de corte”.

Seguindo esta proposta, a imagem original foi dividida em quatro intervalos de suscetibilidade: de 0 a 63 (classificada como baixa suscetibilidade), de 63 a 127 (moderada suscetibilidade), de 127 a 191 (alta suscetibilidade) e de 191 a 255 (muito alta suscetibilidade).

O fatiamento em categorias de suscetibilidade foi realizado com uso do módulo RECLASS, do Software IDRISI, resultando no mapa com classes de suscetibilidade aos movimentos de vertente (zonas de origem de desprendimento de materiais) para a área de estudo. (Figura 10).

A análise do mapa síntese (Figura 10) com quatro níveis categóricos de suscetibilidade permitiu inferir que na Bacia Hidrográfica do Rio Jacareí ocorre o predomínio das classes Moderada e Baixa suscetibilidade, localizadas principalmente, no terço médio e na planície de inundação respectivamente. Em termos percentuais as classes descritas representam 68,13% da área total da bacia, enquanto que as classes de Alta e Muito Alta suscetibilidade representam 31,87%, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição da área, por graus de suscetibilidade a movimentos de vertente

Classes de Suscetibilidade	Área (ha)	%
Baixa	1087,66	26,35
Moderada	1727,70	41,78
Alta	795,06	19,26
Muito Alta	520,42	12,61

Fonte: Cálculo de área utilizando-se do software
IDRISI TAIGA. Atividade de laboratório

Neste modelo, os pesos de cada critério considerados baixos ou elevados tendem a se aproximar de uma média, de modo que, a total compensação (1) tem como característica principal a de gerar modelos homogeneizados, levando a valores medianos.

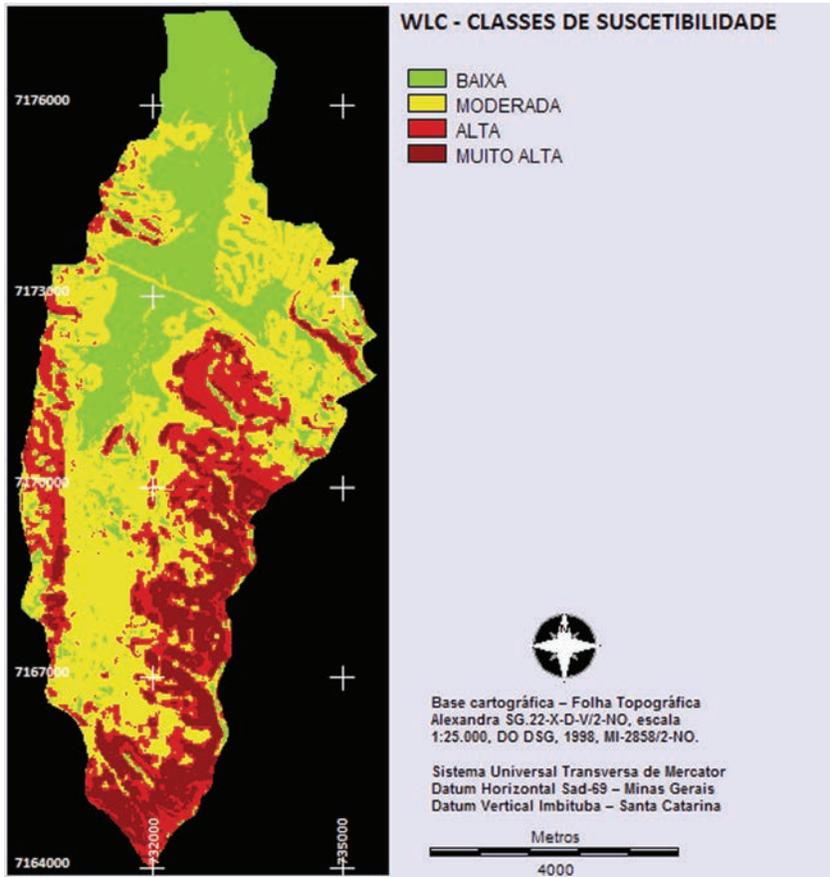


Figura 10 - Mapa síntese com classes de suscetibilidade
Fonte: Elaboração própria (2014)

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados no mapa síntese de áreas com suscetibilidade a movimentos rápidos em vertentes (Figura 10) e observações em campo demonstraram compatibilidade entre o cenário produzido e as condições reais presenciadas. Quanto às características de relevo identificadas como áreas mais instáveis, com as classes Alta e Muito Alta suscetibilidade, estas estão situadas na margem direita do Rio Jacareí, onde as vertentes apresentam declividades elevadas, superiores a 30% e concentram-se principalmente no terço superior, as altitudes acima dos

400 metros, sendo que as declividades e os gradientes altimétricos nesses pontos sustentados por rochas mais resistentes ao intemperismo, onde predominam os granitóides. Os solos são rasos e apresentam-se associados a afloramentos rochosos caracterizando o predomínio da morfogênese sobre a pedogênese nestes setores das vertentes. Na margem esquerda do Rio Jacaréi as áreas de Muito Alta e Alta suscetibilidade ocorrem com menor intensidade, situam-se também preferencialmente no terço médio das vertentes, em litologia de natureza metamórfica.

Por meio do procedimento de retroanálise, as ocorrências reais de deslizamentos mapeadas, registradas na paisagem em forma de cicatrizes dos movimentos nas vertentes de março de 2011 serviram como base para o cruzamento com os modelos gerados e verificação dos níveis de coincidência entre as classes de suscetibilidade estabelecidas com as zonas de origem dos movimentos.

No mapeamento (Figura 11), com base na imagem de satélite WordView1, resolução espacial de 0,6 metros, datada do dia 05 de maio de 2011, disponibilizada por Silveira *et al.* (2013), foram registradas de 288 cicatrizes, equivalente a 2,06 km² ou 5,14% da área.

Comparando as categorias obtidas pelo método probabilístico multicritério WLC e o referido mapa de cicatrizes por meio do módulo CROSSTAB (tabulação cruzada) do Software IDRISI, verificou-se que 81,80% coincidem com as classes identificadas como Alta e Muito Alta Suscetibilidade, 31,86% e 49,94% respectivamente, com maior concordância na margem direita do Rio Jacaréi onde encontra-se o compartimento geológico com predomínio de rochas graníticas denominado de Serra da Prata, demonstrando considerável consistência do método utilizado, sendo portanto recomendável a estudos preditivos.

Áreas classificadas como de elevada suscetibilidade (Classes Alta e Muito Alta) onde não ocorreram sobreposições e, portanto que não sofreram deslizamentos estão no mesmo contexto físico-natural daquelas em que grandes volumes de materiais vieram encosta abaixo e se enquadram na mesma condição de instabilidade, portanto passíveis de movimentação futura, em recorrência de eventos pluviométricos similares. (Figura 12).

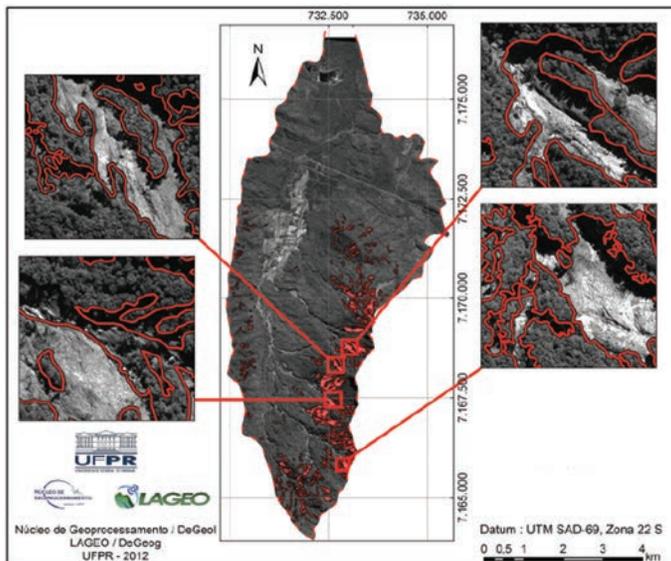


Figura 11 - Delimitação das cicatrizes com zonas de origem dos movimentos de vertente (escorregamentos, queda e rolamento de blocos)

Fonte: Imagem de satélite WordView 1, imageamento em 05 de maio de 2011. Org.: Silveira *et al.* (2013)



Figura 12 - Foto obtida imediatamente após o evento demonstrando a existência de remanescentes de áreas florestadas apontadas pelos presentes autores com setas em vermelho onde não houve escorregamento ou desprendimento de blocos, inseridas no mesmo contexto de suscetibilidade das áreas adjacentes marcadas pelas cicatrizes cujo material transportado registrado em primeiro plano na foto o qual foi depositado em forma de cone de dejeção, recobrando a planície de inundação do Rio Jacaré e assoreando o canal fluvial

Fonte: MINEROPAR (2011)

É importante ressaltar que o método WLC tem como principal característica a compensação global entre os fatores avaliados, cuja potencialidade e/ou suscetibilidade demonstrada a partir da combinação dos fatores prioriza a importância relativa de cada um e por isso tende a resultar em valores medianos.

Outra questão relevante refere-se às condições de pluviosidade específicas do evento de março de 2011, em que a instabilidade das vertentes se deu principalmente devido os elevados valores pluviométricos. Pois a chuva acumulada, não apenas do dia 11 de março de 2011 totalizada em 230,6 mm, mas também ao fato de que nos dias 10, 11 e 12 daquele mês, os índices somados foram de 382,2 mm, muito acima da normalidade SIMEPAR (2011). Guidicine e Iwasa (1976) afirmam que com “índices de pluviosidade acima de 250-300 mm em 72 horas os movimentos em vertente são generalizados tanto em áreas alteradas pela ocupação humana quanto em áreas virgens”.

6. CONCLUSÃO

Modelos de suscetibilidade como o tratado neste estudo é uma etapa imprescindível na gestão de riscos de desastres naturais, portanto é muito importante que novas metodologias sejam testadas com objetivo de aprofundar o conhecimento referente à temática, visando diminuir os impactos negativos que os fenômenos tratados eventualmente provocam para a sociedade em geral.

O cenário de suscetibilidade a movimentos rápidos de grandes volumes nas vertentes da Bacia Hidrográfica do Rio Jacareí, gerado por meio da avaliação multicritério, método da Combinação Linear Ponderada, por meio dos Sistemas de Informações Geográficas demonstrou considerável eficiência, uma vez que resultou em aproximadamente 82% de coincidência de áreas classificadas como de Alta e Muito Alta Suscetibilidade, com o mapeamento das cicatrizes ocorridas no episódio de março de 2011, e que abrangem cerca de 30% da área total da bacia.

Outra possibilidade de modelagem e análise de suscetibilidade envolvendo metodologia semelhante é a avaliação multicritério pelo método

da Media Ponderada Ordenada (Ordered Weighted Average - OWA), uma derivação da Combinação Linear Ponderada, que além dos fatores padronizados e ponderados permite a atribuição de um segundo conjunto de pesos, com intuito de controlar a compensação e o risco associado à tomada de decisão. Neste sentido, ensaios futuros poderão ser efetuados na perspectiva de alcançar melhores resultados.

Quanto a subjetividade na atribuição de valores para os condicionantes adotados e respectivas classes, tanto no processo de padronização, como na ponderação de pesos de importância relativa, há de se considerar o uso de um procedimento possível na definição dos parâmetros de instabilidade com base no detalhamento de estudo da tipologia diversificada dos processos envolvidos na movimentação dos materiais, com estudo "in loco" e relação com a diversidade de cicatrizes registradas no inventário existente que ora expõem rocha sã ou com variações no grau de alteração do manto de intemperismo sob diferentes condições litológicas e de relevo.

BIBLIOGRAFIA

- BIGARELLA, Joao José (1974) - Segurança ambiental uma questão de consciência e muitas vezes de segurança nacional. Brasília: Associação dos Diplomados da Escola Superior de Guerra. 66p.
- BIGARELLA, Joao José *et al.* (2003) - Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003 v. 3 (p. 877-1436).
- CHAUHAN, Shivani *et al.* (2010) - Landslide susceptibility zonation through ratings derived from artificial neural network. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 12, p. 340-350.
- CREPANI, Edison *et al.* (2001) - Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: INPE.
- DELGADO Montserrat Gomes; BARREDO CANO José (2005) - Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio (2ª Ed.) Alfaomega, México.
- DOURADO, Francisco *et al.* (2012) - O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre.

Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ - Vol. 35 - 2 p.43-54.

- EASTMAN, Ronald (1998) - Idrisi for Windows: Introdução e Exercícios Tutoriais - Versão 2. Tradução: Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS - Centro de Recursos Idrisi.
- FRANCISCO, Cristiane Nunes (1996) - Mapeamento das áreas de riscos de deslizamentos e desmoronamentos do Parque Nacional da Tijuca (RJ) e entorno através de Sistemas Geográficos de Informação. 1ª Semana Estadual de Geoprocessamento - Rio de Janeiro- Clube de Engenharia 197-209. Disponível online no endereço url: http://www.professores.uff.br/cristiane/Documentos/SEGEO_1996b.pdf. (acedido em 03 de julho, 2013).
- GUIDICINI, Guido & IWASA, Oswaldo Yujiro (1976) - Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido. São Paulo: IPT, 48 p.
- LIBAULT, André (1971) - Os quatro níveis da pesquisa geográfica. Métodos em Questão. (1). São Paulo: IGEO/USP.
- MARCELINO, Emerson Vieira (2004) - Mapeamento de áreas suscetíveis a escorregamento no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG. São José dos Campos. 228p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.
- MINEROPAR (MINERAIS DO PARANÁ S/A) - (2011) Mapeamento Geológico Geotécnico da Porção Leste da Serra do Mar do Estado do Paraná. MINEROPAR (Minérios do Paraná S/A), 91p.
- RAMOS, Cristhiane da Silva & SANCHEZ, Miguel Cezar (2000) - Estudo metodológico de classificação de dados para cartografia temática. Geografia, v. 25, n. 2, p. 23-52.
- ROSS, Jurandy Luciano Sanches (1994) - Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, São Paulo: FFLCH/USP, 1994.
- SAATY, Thomas (1980) - Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná (2011). Alturas pluviométricas do Estado do Paraná (março de 2011). Disponível online no endereço url: <http://www.simepar.br/> (acedido em 15 de setembro, 2013).
- SILVA, Marcos Antônio (2008) - Aplicação de lógica nebulosa para previsão do risco de escorregamentos de taludes em solo residual. Rio de Janeiro. 150p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRJ. (2008).
- SILVEIRA, Claudinei Taborda *et al.* (2013) - Análise do fator de segurança da estabilidade das vertentes na bacia do Rio Jacareí, Serra do Mar paranaense. Revista Brasileira de Geomorfologia, 13(3).

- SOUZA, Luiz Carlos *et al.* (2005) - Estudo do Meio Físico na Avaliação de Bacias Hidrográficas Utilizadas como Mananciais de Abastecimento. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba: SANEPAR - Finep. 500 p. 123 - 158.
- VALERIANO, Marcio de Morisson (2008) - TOPODATA: Guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. 44p.
- VANACÔR, Roberto Nunes (2006) - Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível online no endereço url: <http://hdl.handle.net/10183/8344> (acedido em 07 de março, 2012).
- WEBER, Eliseu & HASENACK, Heinrich (2001) - Avaliação de áreas para a instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. Universidade Luterana do Brasil, Canoas - RS.
- ZAIDAN, Ricardo Tavares (2006) - Risco de escorregamento numa bacia de drenagem urbana no município de Juiz de Fora - MG. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2006. 99p. Tese (Doutorado em Geografia).
- ZAMBON, Kátia Lívica *et al.* (2005) - Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, v.25, n.2, p.183-199.
- ZÊZERE, José Luis (2005) - Dinâmica de vertentes e risco geomorfológico. Centro de Estudos Geográficos, Relatório N.º41, Lisboa.
- ZÊZERE, José Luis *et al.* (2005) - Análise sensitiva na avaliação da susceptibilidade a deslizamentos na região a norte de Lisboa. Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa. Disponível online no endereço url: http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/analise_sensitiva.pdf (acedido em 11 de outubro, 2013).

ARTIGO 5

DETECÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO, BASEADA NO USO DE SIG, EM LOCAIS DE ATRATIVIDADE ECOTURÍSTICA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (BRASIL)

COSTA, Nadja Maria Castilho da¹ & COSTA, Vivian Castilho da²

¹ Departamento de Geografia Física; Instituto de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Brasil); Grupo de Estudos Ambientais - GEA (Brasil); Rua São Francisco Xavier, 523, sala 4001, bloco D, Maracanã, CEP: 20550-013, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Tel: +55 21 23340036; email: nadjacastilho@gmail.com

² Departamento de Geografia Física; Instituto de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Brasil); Laboratório de Geoprocessamento - LAGEPRO (Brasil); Rua São Francisco Xavier, 523, sala 4002, bloco B, Maracanã, CEP: 20550-013, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Tel: +55 21 23340788; email: vivianuerj@gmail.com

RESUMO

No desenvolvimento do turismo nas áreas protegidas brasileiras é imprescindível que o gestor conheça suas potencialidades e limitações, bem como os aspectos socioeconômicos e cognitivos dos visitantes/turistas. No que diz respeito às limitações, um dos processos erosivos que mais preocupam diz respeito à questão do risco de ocorrência de deslizamentos/desmoraamentos em áreas de alto potencial à visitação. Neste contexto o presente trabalho tem por objetivo mostrar as limitações à visitação impostas pela ocorrência de áreas de alto risco de movimentos de massa próximos aos principais atrativos ecoturísticos do interior do Parque Natural Municipal da Prainha, localizado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. Metodologicamente, a investigação foi desenvolvida utilizando as ferramentas de análise ambiental apresentadas pelo software de SIG (GIS) denominado Sistema de Análise Geoambiental - SAGA/UFRJ, que possibilitou a identificação de áreas com diferentes níveis de fragilidade ecoturística. Os resultados obtidos mostram a presença

de segmentos de trilhas com alto nível de fragilidade, particularmente na trilha da Pedra dos Cabritos (Morro da Boa Vista), considerada como a de maior interesse ao uso público. Caberá aos gestores da área protegida definir claramente um programa de monitoramento dos locais considerados críticos nessa trilha.

PALAVRAS-CHAVE

SIG, Fragilidade ecoturística, Risco.

DETECTION OF LANDSLIDE RISK AREAS, BASED ON THE USE OF GIS IN ECOTOURISM ATTRACTIVENESS PLACES IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO (BRAZIL)

ABSTRACT

To develop tourism in the Brazilian protected areas is essential that the manager knows its potential and limitations as well as the socioeconomic and cognitive aspects of visitors/tourists. About the limitations, one of the more important erosive process related to the question of the risk of landslides/mudslides in areas of high potential for visitation. In this context, this paper aims to show the limitations on visitation imposed by the occurrence of high-risk areas of mass movements near major ecotourism attractions points in the interior of Municipal Natural Park of Prainha (PNMP), located in the western area of the city of Rio de Janeiro. About the methodology used, the study was developed using tools of environmental analysis submitted by the GIS software called Geoenvironmental Analysis System - SAGA / UFRJ, which enabled the identification of areas with different levels of ecotourism fragility. The results show the presence of segments of trails with high level of fragility, particularly in trail of Pedra dos Cabritos (Boa Vista Mountain), considered as the most interest for public use (tourism). It is up to the protected area managers clearly define a monitoring program in critical parts of these trail.

KEYWORDS

GIS, Ecotourism fragility, Risk.

1. INTRODUÇÃO

As áreas protegidas brasileiras do tipo Parque (unidade de proteção integral, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, Lei nº 9.985/2000) tem como principal função implementar o uso público em seu interior através da visitação controlada e ordenada, que

promova não somente a satisfação do visitante/turista, como também a conservação de seus recursos naturais.

A sustentabilidade no ecoturismo representa o desenvolvimento de práticas na natureza envolvendo: o lazer e recreação controlados, a inserção social e a educação para a conservação. Isso pressupõe avaliar as potencialidades e limitações físicas e socioambientais dos locais onde as práticas serão desenvolvidas. Partindo-se da premissa que os principais destinos ecoturísticos estão em áreas protegidas torna-se fundamental na implementação do uso público, avaliar os aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos que possam conduzir à identificação dessas potencialidades e limitações.

Um dos aspectos pouco considerados pelos administradores das unidades de conservação brasileiras são os fatores limitantes à visitação, dentre elas a condição de risco (em diferentes níveis) de ocorrência de processos acelerados de encosta: deslizamentos/desmoronamentos. Grande parte dos Parques da cidade de Rio de Janeiro encontra-se em áreas sob essa condição. Costa (2006) destaca esse aspecto no maior Parque da cidade: Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), localizado na zona Oeste da cidade. Contiguamente a ele encontra-se o Parque Natural Municipal da Prainha (PNMP), também vulnerável àquele processo sendo esta unidade de conservação o recorte espacial do presente trabalho.

O Parque Natural Municipal da Prainha, por se tratar de uma área protegida em um relevo montanhoso, com vários atrativos (eco)turísticos, sob a influência de um regime de chuvas intensas e concentradas no verão (alta temporada da visitação nas unidades de conservação da cidade do Rio de Janeiro), e por estar próxima à costa, com costões rochosos que vem sendo utilizados para atividades desportivas como rapel e escalada, o risco de acidentes entre os visitantes/turistas torna-se significativo, mediante essas situações.

Neste contexto, o objetivo da investigação foi determinar níveis diferenciados de fragilidade ecoturística no Parque Natural Municipal da Prainha, área protegida localizada na zona oeste do município do Rio de Janeiro, baseados na aplicação de SIG. Para tal, baseou-se na análise multicritério, a partir de pesos e notas para os mapas temáticos, finali-

zando em situações de fragilidade ambiental aos processos erosivos e movimentos de massa (erodibilidade e erosividade) na área destinada ao uso público (atrativos ecoturísticos).

2. O USO DE SIG NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE FRAGILIDADE ECOTURÍSTICA

A tecnologia de geoprocessamento e de desenvolvimento de softwares gráficos, como por exemplo, a difusão dos Sistemas de informação geográfica (SIG), vem permitindo, não somente a manipulação de um volume grande de informações geográficas, mas que elas sejam armazenadas e atualizadas em várias áreas do conhecimento.

O SIG é um conjunto poderoso de ferramentas para armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados do mundo real para um conjunto particular de propósitos (BURROUGH e McDONNELL, 1998). Além de proporcionar a percepção visual da distribuição espacial de um determinado problema, é capaz de traduzir padrões existentes com considerações objetivas e mensuráveis. Na análise espacial, visa fornecer informações para mensurar relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita (CÂMARA *et al.*, 2003). No que diz respeito ao manejo de áreas protegidas sua aplicabilidade tem sido significativa e uma das recentes utilizações, diz respeito à identificação de potencialidades e limitações ao desenvolvimento do uso público, com destaque para o ecoturismo (COSTA *et al.*, 2009). A partir do cruzamento de informações temáticas contidas nos vários mapas digitais gerados na etapa de diagnóstico do plano de manejo é possível identificar áreas com diferentes potenciais e limitações às práticas de lazer e recreação na natureza levando-se em conta a fragilidade dos ambientes naturais, proporcionada pela interação entre os diversos condicionantes do meio físico-biótico (ROSS, 2006).

Montanhas, serras, cachoeiras, grutas e cavernas são alvos de atividades recreacionais e da prática de alguns tipos de esportes vinculados ao ecoturismo, os chamados ecoesportes, tais como: o rapel, o trekking, o mountain-bike, entre outros. No Brasil, essas atividades são, em geral,

desenvolvidas nas unidades de conservação (SNUC, 2000) e fazem parte do programa de uso público, no contexto do manejo de seus recursos. Entretanto, a administração dessas áreas não leva efetivamente em conta suas potencialidades e limitações. Nesses casos, a geomorfologia, especialidade da geografia física, tem contribuído, na medida em que procura “compreender os processos formadores do relevo, bem como a sua dinâmica externa, que pode ser mais ou menos afetada, em virtude do tipo de ocupação a que uma determinada porção do território possa estar sendo exposta” (GUERRA e MARÇAL, 2006, 43). Esta ocupação pode ser entendida, dentre outras formas, pela visitação turística em locais com geomorfologia privilegiada, com formações rochosas e/ou relevo destacado que se configuram em atributos (eco)turísticos.

Paralelamente aos ambientes favoráveis (com potencialidades), existem as limitações às atividades, impostas principalmente por processos acelerados e intensos, a exemplo dos movimentos de massas nas encostas, associadas às fragilidades ambientais, gerando situações de risco. Para Kawakubo (2005), a fragilidade potencial é definida como a vulnerabilidade natural que um ambiente apresenta em função de suas características físicas, já a fragilidade ambiental, além destas características, considera os diferentes níveis e agentes de proteção/degradação do ambiente.

Segundo Ross (1994 apud CINTRA, 2009) as unidades de fragilidade dos ambientes naturais devem ser resultantes dos levantamentos básicos de: geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima, dentre os principais. Esses elementos tratados de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais. Este modelo propõe que cada uma destas variáveis seja hierarquizada em classes de acordo com sua vulnerabilidade. Cintra (op. cit.) desenvolveu análises de fragilidade natural e resiliência ambiental no Parque Estadual de Ibitipoca (Minas Gerais), aplicando técnicas de geoprocessamento.

Por sua vez, o termo “fragilidade ecoturística” foi criado por Costa *et al.* (2009) e significa a condição de vulnerabilidade que as áreas de atrativos ecoturísticos apresentam à ocorrência dos citados processos, na medida em que se situam em locais de alta fragilidade ambiental. No caso da

área em estudo, por se tratar de relevo montanhoso e sob a influência de um regime de chuvas intensas e concentradas no verão (alta temporada da visitação nas Unidades de Conservação da cidade do Rio de Janeiro) a presença de áreas de fragilidade ecoturística e consequentemente de risco de acidentes entre os visitantes/turistas, torna-se significativa.

O conceito de risco é um dos mais complexos e discutidos no meio técnico-científico, envolvendo uma variada tipologia de situações. No caso do estudo em questão o conceito que norteou a presente pesquisa foi o de risco geomorfológico associado a movimentos de massa em vertentes, abordado por Rebelo (2010).¹ Conforme destaca este autor, os grandes e recorrentes movimentos de massa das áreas tropicais, a exemplo do Brasil, vêm ganhando dimensão de tragédia, como a que ocorreu na região serrana do Estado do Rio de Janeiro (principalmente as cidades de Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis) no ano de 2010 e que vitimou mais de 900 pessoas, deixou 7 mil desabrigados e desalojados e 165 pessoas ainda estão desaparecidas.

As situações de perigo que caracterizam a condição de risco estão associadas às conseqüências socioambientais que os processos de encosta geram. Segundo Veyret e Richemond (2007, 30) o risco “é um perigo calculável e avaliável” devendo fazer parte de um processo de prevenção. Neste contexto, o conhecimento das condicionantes físicas predisponentes aos movimentos de massa, bem como dos agentes deflagradores dos mesmos, deve ser avaliado num contexto espacial e temporal. Isso exige do poder público, nas diferentes esferas de atuação, tomadas de decisão importantes no sentido de incorporar tal conhecimento aos diagnósticos que antecedem as ações, que devem ser prioritariamente preventivas, em detrimento de medidas remediadoras.

Para Pinto e Costa (2012), o ecoturismo tem riscos ambientais implícitos em suas atividades e podem ser deflagrados pelas atividades em ambientes naturais, a exemplo de áreas protegidas no Brasil. Para essas autoras o turismo pode oferecer riscos ao ambiente (degradação)

¹ Na área em estudo, o material rochoso mobilizado nas encostas vem envolvido numa matriz de solos, configurando-se em um depósito coluvionar. Ao final do movimento, se deposita na base da encosta traduzindo-se em um depósito de tálus. O conjunto mobilizado, segundo Rebelo (op. cit.) se traduz em movimento de massa.

impactando negativamente as áreas receptoras, e oferecer riscos também sociais e culturais (comprometimento ao patrimônio cultural, a exemplo de arquiteturas históricas), “caso não exista um planejamento adequado de suas atividades e uma conduta consciente por parte dos turistas, respeitando a cultura e economia local” (COSTA, 2009, apud PINTO e COSTA, op. cit., 229). O turismo em áreas naturais pode oferecer riscos aos recursos naturais, principalmente no desencadeamento dos processos erosivos nas áreas vulneráveis, na “[...] destruição e ou perturbação, por estresse do habitat da fauna, e por fim, a descaracterização da paisagem” (idem, ibidem, 230).

No caso das áreas protegidas brasileiras do tipo Parque, a exemplo das regiões serranas do Sudeste, a fragilidade ambiental estará presente em vários pontos das encostas e poderá acarretar o comprometimento à visitação, na medida em que os visitantes/turistas se veem ameaçados, principalmente na época da ação das chuvas de verão, pela deflagração de processos erosivos e movimentos de massa, que afetam, dentre vários pontos, as trilhas ecoturísticas, conforme será destacado nos resultados apresentados no presente trabalho.

3. ÁREA DE ESTUDO: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-BIÓTICAS E DO USO PÚBLICO

O Parque Natural Municipal da Prainha (PNMP) foi criado pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, através do **Decreto Municipal nº 17.426/1999** e abrange uma área de 126,30 hectares. Está inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) da Prainha e seus limites confrontam-se ao sul desde as áreas da praia, pertencente à APA da Orla Marítima; ao norte, possui áreas sobrepostas ao Parque Estadual da Pedra Branca (acima da cota 100m de altitude) até as cumeeiras, a partir do Morro Boa Vista, Caeté e Pedra dos Cabritos; a oeste com a APA de Grumari; e a leste com o bairro do Recreio dos Bandeirantes (Figura 1).

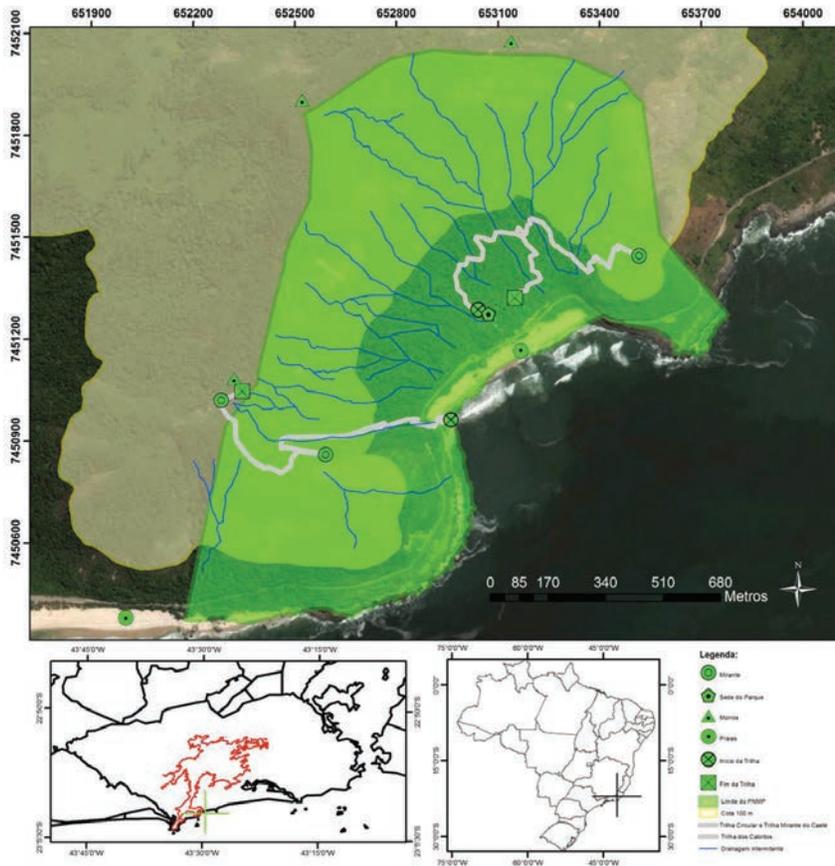


Figura 1 - Mapa de localização do Parque Natural Municipal da Prainha no município do Rio de Janeiro e seus pontos de atrativos ecoturísticos.

Fonte: SMAC-IPP, 2012, realizado em ArcGIS 10 por Vivian C. da Costa, 2014

Sob o ponto de vista geológico-geomorfológico-pedológico o Parque encontra-se nas encostas localizadas a Sudeste do maciço da Pedra Branca, apresentando vertentes de forte inclinação que compõem o Morro da Pedra dos Cabritos, o Morro Boa Vista e o Morro do Caeté. Essas elevações são formadas por gnaisses da Unidade Rio Negro, granitos indiferenciados da Unidade Rochas Graníticas e depósitos recentes da Unidade Sedimentos Quaternários. Da decomposição físico-química dessas litologias prevalece a ocorrência de argissolos, representando a associação argissolos vermelho-amarelo eutrófico câmbico ou típico, mais argissolo amarelo eutrófico saprolítico ou abrupto, ambos de textura média/argilosa,

ocorrendo também neossolos quartzarênico e afloramentos de rochas e faixa arenosa de praia (SMAC, 2012).

Estudos recentes realizados por Porto Jr. *et al.* (2012) sobre um grande movimento de massa ocorrido próximo à área do Parque, em abril de 2010, mostram que, sob o ponto de vista geológico-geotécnico, as encostas da área protegida apresentam uma série de características que potencializam a ocorrência de processos erosivos de diferentes naturezas e magnitudes, com destaque para: a alta declividade do terreno, o intenso processo de intemperismo físico-químico e a elevada fragmentação do material rochoso à meia encosta. Segundo o referido autor, o movimento ocorrido mobilizou aproximadamente 10.000m³ de material rochoso (predominantemente granítico) e terroso.

A área protegida está incluída na região delimitada climaticamente como Aw (classificação de Köppen), clima tropical com estação seca em que a precipitação média mensal é inferior a 60 mm em pelo menos um mês por ano, no inverno. Situa-se na faixa de precipitação de 1.001 a 1.200 mm, com valores de 1.201 a 1400 mm nas áreas elevadas, com uma insolação na faixa entre 1.800h e 2.000h por ano. As temperaturas médias mínimas variam entre 18°C e 20°C, enquanto as temperaturas médias máximas situam-se entre 27°C e 29°C, com temperaturas médias anuais entre 22°C e 24°C. Essa condição favorece a ocorrência da Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica, notadamente representada pela sua formação submontana, com áreas de Formação Pioneiras Marinhas (restingas), entremeada por áreas de Refúgios Vegetacionais (campos e vegetação rupestre) nos costões rochosos e nas porções mais íngremes do Parque (SMAC, 2012).

Todas essas características anteriormente mencionadas favorecem, não somente o desenvolvimento de várias práticas de lazer na natureza, como paralelamente geram condições específicas de vulnerabilidade a determinados processos naturais, em especial as tempestades e intensas chuvas no período do verão, muitas vezes deflagradoras de movimentos de massa e desastres intensificados pela ocupação desordenada do espaço urbano. Um exemplo disso foram as chuvas ocorridas na cidade do Rio de Janeiro em 2011, que provocou escorregamentos de encosta

(deslizamentos de terra) e enchentes em vários pontos da zona norte e oeste da cidade, dentre eles, o citado anteriormente, o que fez interromper a principal via de acesso à região (a Avenida Estado da Guanabara), conforme ressaltam Porto Jr. et al (2012).

3.1. Atrativos ecoturísticos do Parque Natural Municipal da Prainha - PNMP

O PNMP reproduz, em uma escala de maior detalhe, os atrativos encontrados no Parque Estadual da Pedra Branca, que a ele se sobrepõe nas encostas acima de 100 m, quais sejam: mirantes, trilhas ecológicas, um centro de visitantes servido por equipamentos de lazer e recreação e a sede da Associação de Surfistas e Amigos da Prainha (ASAP), tudo mantido com um sistema de produção de energia solar.

A praia da Prainha é o principal atrativo turístico do Parque, seguido de um sistema de trilhas que corta o ambiente de floresta em diferentes graus de regeneração, cujo término, da maioria delas, é um mirante onde vista das praias é uma das mais belas de toda a cidade do Rio de Janeiro. Alguns paredões, a exemplo do Morro dos Cabritos, possuem vias definidas de escalada, muito frequentadas por montanhistas escaladores.

Em dezembro de 2012, o PNMP recebeu o certificado Bandeira Azul, entregue pela ONG Foundation For Environmental Education (Fundação para a Educação Ambiental): “A certificação, internacional, é dada as praias e áreas costeiras que cumprem 33 exigências divididas em quatro áreas: educação e informação ambiental, qualidade da água do mar, segurança e gestão ambiental” (Jornal O Globo, 2012). O PNMP possui duas praias como principais atrativos, a praia da Prainha e a praia do Abricó, além de possuir uma sede e vários morros cujos paredões rochosos e declividade acentuada propícia às práticas de rapel e escalada (Figura 2).

4. METODOLOGIA

Em termos de enfoque metodológico, as análises realizadas fazem parte da aplicação, medição e avaliação de indicadores geoambientais de desenvolvimento do ecoturismo em unidades de conservação no Estado do Rio de Janeiro, onde foram avaliados 22 indicadores, dentre eles o

indicador “erosão nos atrativos”, considerado, para a área de estudo, um dos mais importantes fatores limitantes.

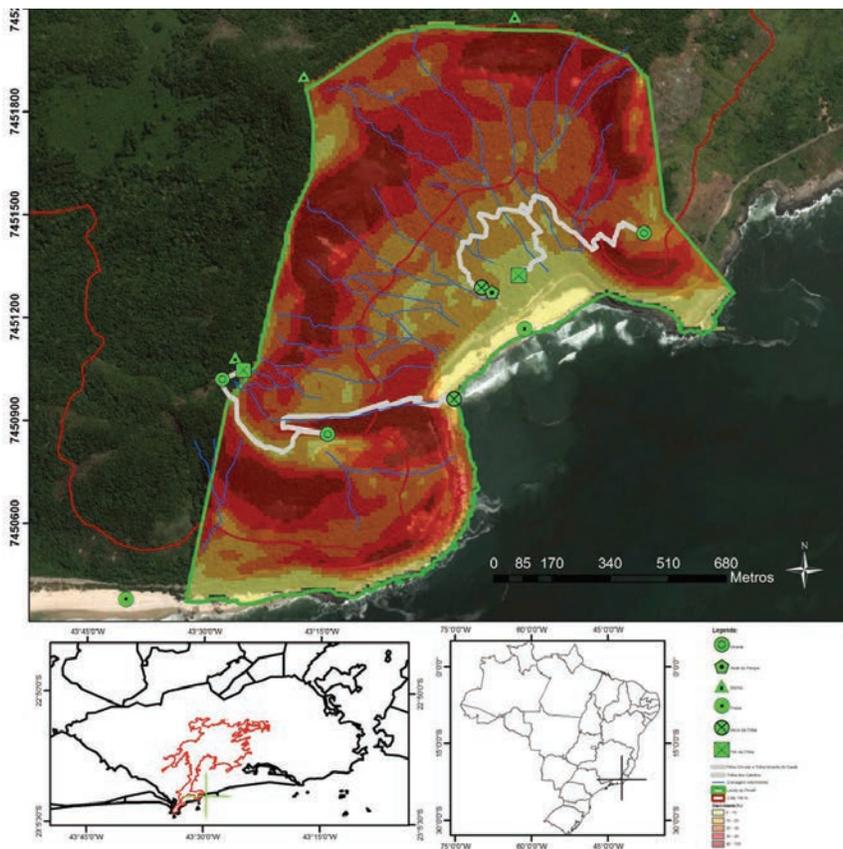


Figura 2 - Mapa de Declividade com Atrativos Ecoturísticos e Trilhas do Parque Natural Municipal da Prainha.

Fonte: Planta topográfica do IPP (2000), declividade baseado em MDT (TIN) em ArcGIS 10, realizado por Vivian C. da Costa (2014)

Inicialmente, foram selecionadas as bases cartográficas (planos de informação a serem utilizados em GIS) do Maciço da Pedra Branca, mas com o recorte espacial do Parque Municipal da Prainha, correspondentes aos seguintes temas dentro dos limites da área de estudo: Geologia, Proximidade de Lineamentos Estruturais, Formas da Encosta, Direção de Vertente, Proximidade de Drenagem, Hipsometria e Declividade (COSTA *et al.*, 2009). Tais bases georeferenciadas e em escala de 1:10.000, foram

sobrepostas através do software acadêmico de SIG denominado SAGA/UFRJ (Sistema da Análise Geoambiental desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento - LAGEOP - Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro), resultando nas avaliações simples (Fator Geológico e Fator Geomorfológico). Os mapas da análise simples foram cruzados entre si utilizando o SAGA-UFRJ e resultaram em análises complexas (mapas analíticos): Fatores Morfoestruturais e Pedotopográficos que foram sobrepostos à Erosividade (precipitação) resultando no mapa de fragilidade ambiental (Tabela 1).

Tabela 1 - Pesos e notas utilizados pelo método de multicritérios para os mapas gerados nas análises diretas complexas no SAGA-UFRJ

FATOR GEOLÓGICO			
TEMAS	PESOS	COMPONENTES DE LEGENDA	NOTAS
GEOLOGIA	70%	Aluvião	0
		Dunas	0
		Área de ocorrência mista de microclima-gnaisses e plagioclásio-quartzo (microclina) biotita, granada, gnaisses...	8
		Biotita plagioclásio (ortoclásio) quartzo – granada – gnaisses, passando a tipos ricos em: kinzigito (granada, GG; cilicatos)...	9
		Gnaisse da série inferior e intrusões básicas e intermediárias, não separados	8
		Granito plutônico; aplitos, pegmatito e granito hipobissal, não mapeados	7
		Granodiorito; quartzodiorito, e equivalentes gnaissificados, gnaisses básicos de metamorfismo e composição variável	6
		Microclina Oligoclásio Andesina-Quartzo-Biotita-Granada, Gnaisses – Leogocráticos (microclina gnaisses)...	7
		Série inferior; aplitos, pegmatitos, diabásios, metamorfizados, biotita (horblenda) – Gnaisses graníticos, ...	10
		Água	Bloqueado
		Não mapeada	Bloqueado
		Área fora de análise	Bloqueado
PROXIMIDADE DE LINEAMENTOS	30%	Fundo	5
		Buffer de Lineamentos Estruturais	10
		Área fora de análise	Bloqueado
FATOR GEOMORFOLÓGICO			
TEMAS	PESOS	COMPONENTES DE LEGENDA	NOTAS
FORMA DE ENCOSTA	40%	Área plana	0
		Escarpa artificial	3
		Escarpa natural	7
		Talvegue	0
		Topo de Elevação	5
		Vertente Côncava-Convergente	10
		Vertente Côncava-Divergente	8
		Vertente Convexa-Convergente	9
		Vertente Convexa-Divergente	10

		Área fora de análise	Bloqueado
DIREÇÃO DE VERTENTE	40%	Norte	8
		Nordeste	8
		Leste	5
		Sudeste	10
		Sul	10
		Sudoeste	10
		Oeste	5
		Noroeste	8
		Baixada Antropofizada	0
		Área fora de análise	Bloqueado
PROXIMIDADE DE DRENAGEM	20%	0-10 m	4
		10-20 m	5
		20-30 m	7
		30-50 m	7
		50-100m	8
		>100 m	10
		Rios	Bloqueado
		Área fora de análise	Bloqueado
FATOR TOPOGRÁFICO			
TEMAS	PESOS	COMPONENTES DE LEGENDA	NOTAS
HIPSOMETRIA	40%	0-20 m	0
		20-50 m	3
		50-100 m	6
		100-200 m	7
		200-300 m	8
		300-400 m	10
		500-600 m	10
		600-700 m	10
		700-800 m	10
		800-900 m	10
		900-1025 m	10
		Área fora de análise	Bloqueado
DECLIVIDADE	60%	0-3%	0
		3-8%	2
		8-20%	4
		20-45%	7
		45-75%	10
		75-100%	10
		>100%	10
		Área fora de análise	Bloqueado
FATOR PEDO-TOPOGRÁFICO			
TEMAS	PESOS	COMPONENTES DE LEGENDA	NOTAS
PEDOLOGIA	50%	Manguezal	0
		Argissolos	10
		Área urbana	2
		Solos orgânicos	0
		Afloramento de rocha	9
		Latossolos	8
		Água	Bloqueado
		Chernossolos	10
		Solos Glai	0
Podzol	0		

		Solos aluviais	3
		Solos arenoquartzosos profundos	0
		Planossolos	0
		Área fora de análise	Bloqueado
FATOR TOPOGRÁFICO	50%	Nota 0	0
		Nota 1	1
		Nota 2	2
		Nota 3	3
		Nota 4	4
		Nota 5	5
		Nota 6	6
		Nota 7	7
		Nota 8	8
		Nota 9	9
		Nota 10	10
		Área fora de análise	Bloqueado
FRAGILIDADE AMBIENTAL			
TEMAS	PESOS	COMPONENTES DE LEGENDA	NOTAS
FATOR MORFOESTRUTURAL	35%	Nota 2	2
		Nota 3	3
		Nota 4	4
		Nota 5	5
		Nota 6	6
		Nota 7	7
		Nota 8	8
		Nota 9	9
		Nota 10	10
		Área fora de análise	Bloqueado
		Rios	Bloqueado
Não mapeada	Bloqueado		
Água	Bloqueado		
FATOR PEDOTOPOGRÁFICO	35%	Nota 0	0
		Nota 1	1
		Nota 2	2
		Nota 3	3
		Nota 4	4
		Nota 5	5
		Nota 6	6
		Nota 7	7
		Nota 8	8
		Nota 9	9
		Nota 10	10
Área fora de análise	Bloqueado		
Água	Bloqueado		
FATOR EROSIVIDADE	30%	500-530 mm	7
		530-550 mm	8
		550-570 mm	9
		570-590 mm	9
		590-610 mm	10
		610-630 mm	9
		Área fora de análise	Bloqueado

O mapa de fragilidade ambiental, gerado a partir do cruzamento dos mapas temáticos na análise direta, e dos mapas de fatores na análise complexa no SAGA-UFRJ, posteriormente se juntou ao mapa de atrativos ecoturísticos através de análise combinatória no ArcGIS 10, resultando no mapa de áreas de fragilidade ecoturística.

Com base nos mapas produzidos, foi elaborada a “árvore de decisão” (XAVIER-DA-SILVA, 2001), que mostra o nível de importância relativa de cada mapa (e sua interação) no processo e avaliação (direta e complexa)

e na determinação na fragilidade ecoturística. Para XAVIER-DA-SILVA (op. cit., 99 e 101), a avaliação direta é a resultante da “[...] combinação imediata dos dados originalmente inventariados, isto é, são os primeiros resultados avaliativos obtidos com a combinação dos dados originais [...]”. Quanto a avaliação complexa, em contraste com a avaliação direta que é realizada com base nos dados originais constante no inventário ambiental, a complexa “[...] utiliza uma ou várias avaliações prévias como base para a sua construção. Podem se referir ao cotejo de uma avaliação contra um dado básico ou mesmo reproduzir o resultado do confronto entre as expressões territoriais de avaliações previamente elaboradas”. Na Figura 3, as avaliações diretas estão indicadas na cor azul e as complexas, na cor vermelha.

Todos os mapas temáticos foram convertidos em arquivo RASTER para serem utilizados na avaliação ambiental (simples e complexa) através do SAGA/UFRJ. A resolução espacial trabalhada foi de 5m x 5m. Foi definida a importância (representatividade) de cada mapa (plano de informação) no processo de avaliação (pesos até 100%), bem como atribuídas notas (de 0 a 10) referentes aos parâmetros (categorias) de cada mapa temático. Por fim, a análise multicritério foi aplicada a partir do cálculo da média ponderada (XAVIER-DA-SILVA, 1999; COSTA, 2002; MOURA, 2007) - Figura 3.

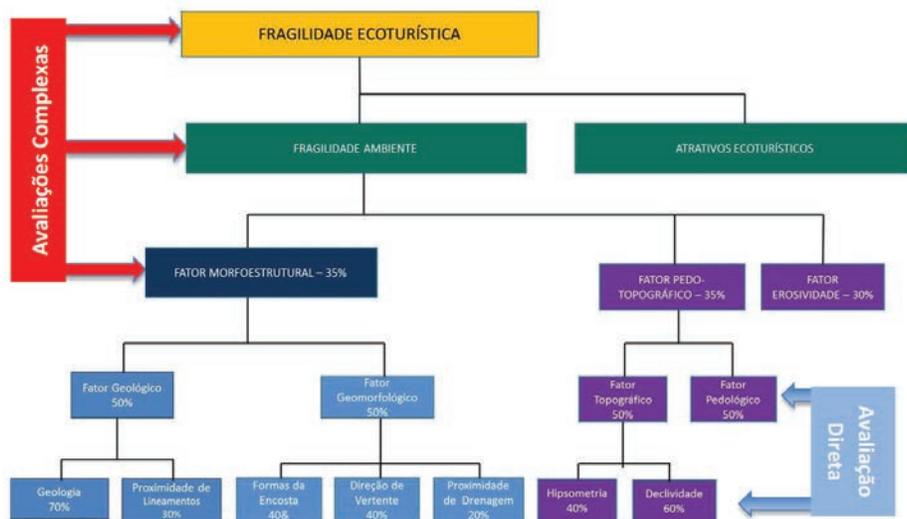


Figura 3 - Árvore de decisão da análise multicritério, com pesos das avaliações diretas e complexas dos mapas temáticos no SAGA-UFRJ. Elaborado por Vivian C. da Costa (2014)

de mais elevada fragilidade ecoturística do Parque, relacionadas às três importantes trilhas e seus atrativos, quais sejam: Trilha da Pedra dos Cabritos, Trilha Circular e Trilha do Mirante do Caeté (Figura 5).

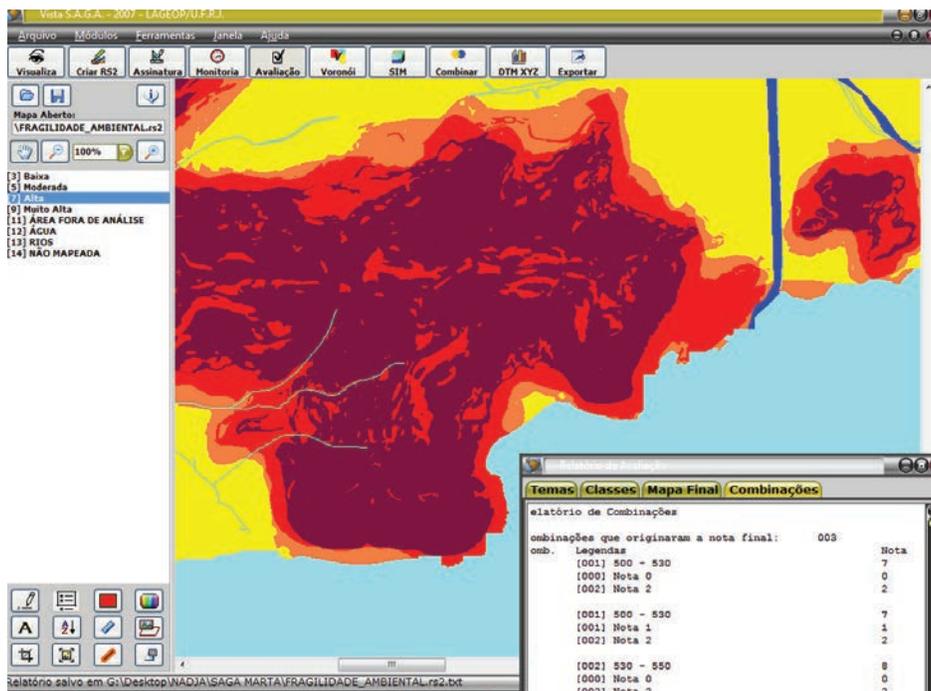


Figura 5 - Fragilidade ambiental sendo realizada no SAGA-UFRJ módulo de avaliação ambiental

5. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

Os dados obtidos com a realização das avaliações simples e complexas sobre a fragilidade dos atrativos ecoturísticos do Parque Natural Municipal da Prainha, bem como os resultados extraídos de suas análises são, a seguir, resumidamente apresentados.

5.1. Identificação e análise das áreas de fragilidade ambiental do PNMP

A avaliação complexa feita através do SIG SAGA-UFRJ permitiu - a partir do cruzamento entre os mapas de fragilidade ambiental e de proximidade de atrativos ecoturísticos - identificar áreas de fragilidade

ecoturística no interior do Parque. Todo o sistema de trilhas e seu entorno próximo se apresentam com níveis de fragilidade de alta a muito alta. Destacam-se como muito alta fragilidade, os trechos de trilhas na média/alta encostas. São locais que, apesar de estarem recobertos com vegetação apresentam solos de alta erodibilidade em encostas declivosas. Os mirantes foram qualificados também como de muito alta fragilidade ecoturística, pois estes se localizam no topo das elevações, em áreas de afloramento rochoso fortemente diaclasados.

Para a análise da fragilidade ambiental as notas obtidas foram agregadas e transformadas em valores qualitativos, segundo o método de Análise Hierárquica de Pesos (AHP), desenvolvido pelo Prof. Thomas Saaty em 1978, na Universidade da Pensilvania. “Ele auxilia na atribuição dos pesos, dos planos de informação, visando determinar a contribuição relativa de cada um. Paralelamente, o especialista deve definir a hierarquia entre as variáveis e os pesos de cada componente da legenda das variáveis.” (MOURA, 2007, 2903), colocando-as em ordem de importância. Portanto, o método propõe a comparação de variáveis, par a par, e é atribuído um critério de importância relativa entre eles. Para a escolha das notas de cada variável foi utilizado o método Delphi, que é a “[...] composição de potenciais gerados a partir da combinação de variáveis conjugadas segundo indicação de especialistas sobre suas composições e comportamentos.” (idem, *ibidem*, 2905) - Figura 6.

Com a utilização da ferramenta Data Management Tool - Raster - Raster Processing - Clip do ArcGIS 10, foi possível recortar as áreas de Fragilidade Ambiental no interior dos Buffers de Atrativos do PNMP e assim realizar a análise combinatória e gerar o mapa da Fragilidade Ecoturística dessas áreas (Figura 7).

De maneira similar ao Parque Estadual da Pedra Branca, o Parque Natural Municipal da Prainha apresenta quatro níveis de fragilidade ambiental: fragilidade baixa (notas 3 e 4), nos locais de baixada, representados pela Praia da Prainha e das áreas da sede do Parque; moderada (notas 5 e 6); alta (notas 7 e 8) e muito alta fragilidade ambiental (notas 9 e 10), estes três últimos níveis, distribuídos em vários pontos das encostas do Parque (Figura 7).

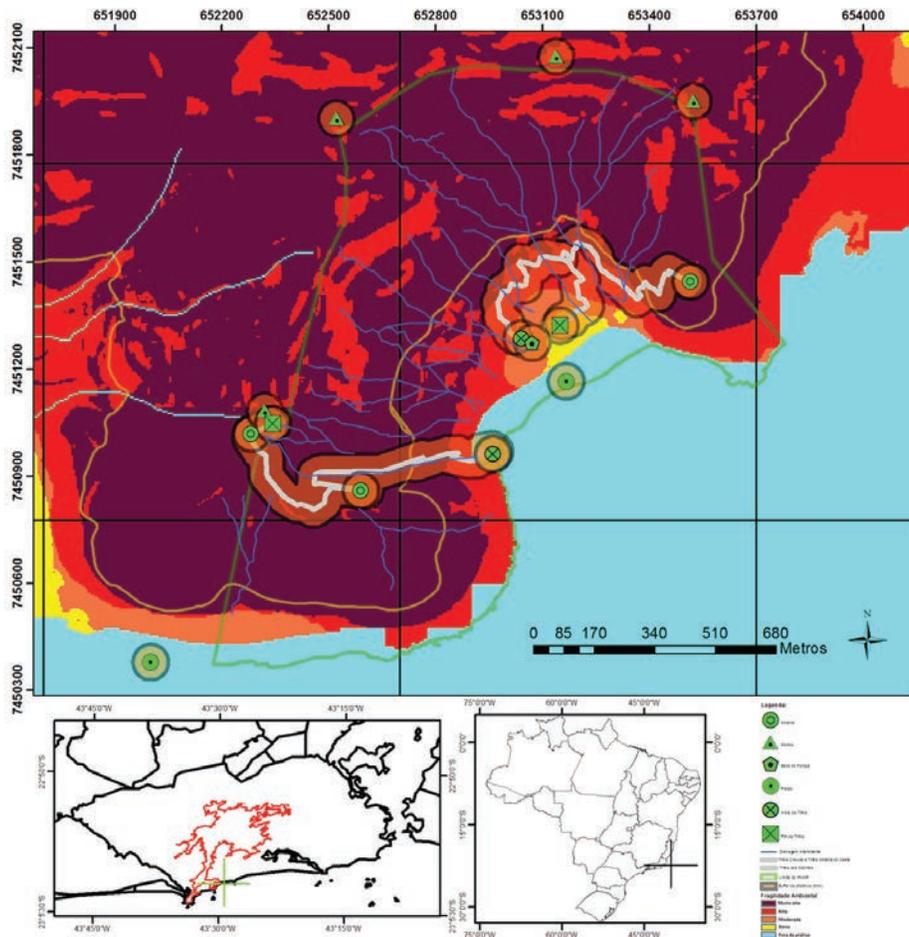


Figura 6 - Mapa de Fragilidade ambiental nas UCs e buffers dos atrativos no PNMP

As classes de notas mais altas (de 7 a 10) de fragilidade ambiental no PNMP associam: encostas elevadas, de forte declividade (acima de 45°), de perfil côncavo-côncavo e convexo-convexo, recobertas por argissolos e brunizem decorrentes da decomposição dos granitos. Nas encostas verticalizadas há o domínio dos neossolos. Neste contexto de elevada fragilidade encontram-se as duas mais importantes trilhas do Parque: Trilha da Pedra dos Cabritos e Trilha Circular/Mirante do Caeté (Figura 7).

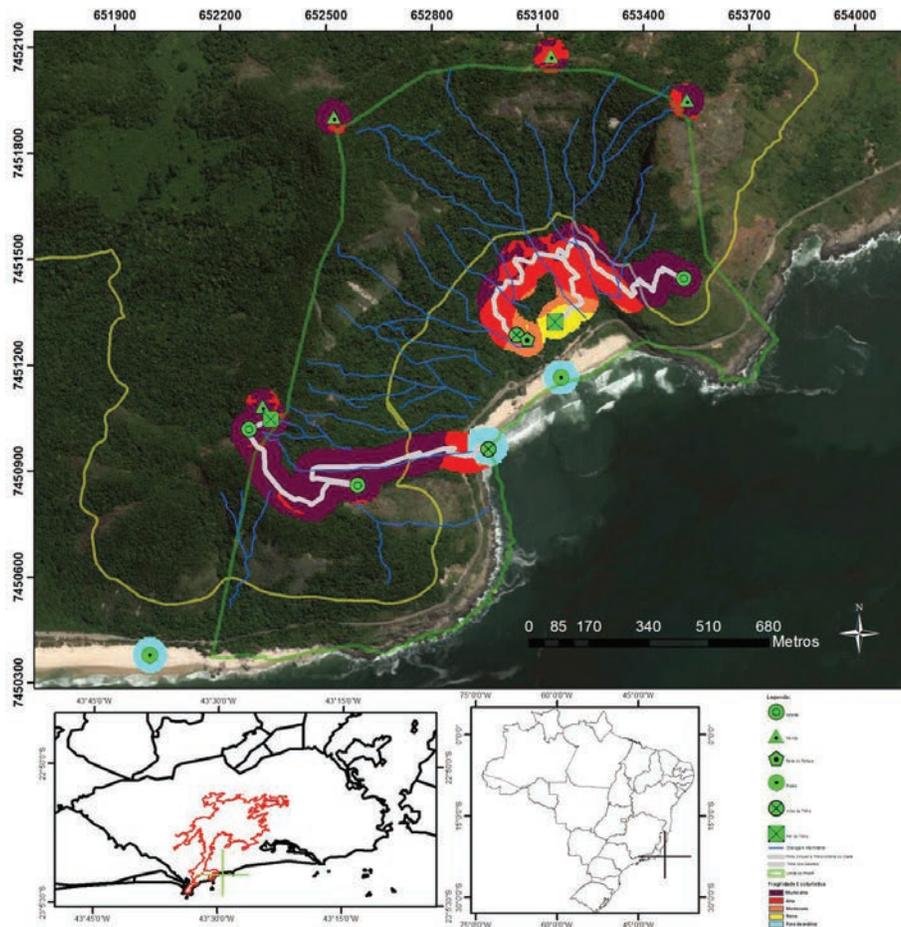


Figura 7 - Mapa de Fragilidade Ecoturística nos buffers de atrativos do PNMP

As áreas oceânicas foram bloqueadas (fora da análise), além das áreas com presença de água, rios e não mapeadas (fora das Unidades de Conservação), não recebendo, portanto, notas às avaliações simples e complexas.

5.2. Fragilidade ecoturística da Trilha da Pedra dos Cabritos

A fragilidade ambiental ao longo da trilha da Pedra dos Cabritos retrata o quadro regional de grande parte do Parque. De traçado estreito,

o início da trilha é uma subida íngreme, em encosta de forte gradiente, em ambiente típico de zona de contato entre baixada e maciço litorâneo. Nos primeiros 50 m, atravessa depósitos de tálus, de espessura variada, contendo fragmentos rochosos de diferentes calibres. À parte o material coluvial, os solos (material in situ) são rasos, recobertos por grande quantidade de matéria orgânica com diferentes níveis de decomposição: desde a densa camada de serrapilheira até a presença de depósito de turfa.

Na medida em que se aproxima da média encosta, a trilha se ajusta ao vale encaixado de um curso de água totalmente entulhado de material proveniente das encostas mais íngremes a montante, tendo como fonte principal de material, o paredão que lhe é contíguo. Trata-se de um vale estrutural, associado à tectônica regional que afetou todo maciço, à época de sua formação, há milhões de anos atrás (COSTA *et al.*, 1996 e COSTA, 2002).

Um dos aspectos que mais chama atenção é o fato da trilha seguir por este vale, dentro do talvegue, até atingir a alta encosta. Todo o material alúvio-coluvionar é de alta instabilidade, tendo sido constatadas, ao longo de quase todo o trajeto de campo, mobilizações decorrentes da caminhada da equipe de campo sobre ele.

Por sua vez, o paredão do Morro dos Cabritos, ao longo da Trilha Pedra dos Cabritos nome, sofre um típico processo de deslocamento de fragmentos rochosos, decorrentes da presença de juntas de alívio de pressão, contribuindo constantemente com material para a base das encostas, na zona de contato brusco com o vale. Testemunhos de quedas recentes de material foram encontrados no leito da trilha.

Ao chegar à parte alta da encosta, já se aproximando da cumeada da serra, a trilha segue pelo paredão rochoso, atravessando encostas convexas, com trechos que requer do caminhante (seja um mero visitante/turista seja um montanhista experiente), atenção na chegada ao topo. É neste momento, que se vislumbra uma excepcional paisagem, não somente

da orla, como também das encostas florestadas do Parque da Prainha/Grumari e parte do PEPB.

A trilha atravessa ambientes distintos dentro do domínio da floresta, tanto sob o ponto de vista biótico - com a ocorrência de espécies da flora e fauna singulares (algumas ameaçadas de extinção e endêmicas) - quanto relativo à atratividade do lugar, com a presença de atributos que motivam a prática do turismo de aventura (presença de paredões para escalada) e do turismo contemplativo (a culminância da caminhada ocorre quando da chegada em dois espetaculares mirantes: mirante da Pedra dos Cabritos e mirante Boa Vista - Foto 1).



Foto 1 - Vista panorâmica da Prainha obtida a partir do Mirante da Pedra dos Cabritos. Foto: Vivian C. da Costa, 2013

Entretanto, existem fortes limitações impostas pela fragilidade ambiental ao longo de todo o percurso da trilha, decorrentes das características integradas do seu quadro físico-biótico. São locais do traçado de forte gradiente, com altíssimo risco de queda de lascas rochosas vindas do paredão contíguo à grande parte da trilha, bem como provindos da mobilização do depósito de tálus (por sua própria natureza, de alta instabilidade) que recobre grande parte das encostas e dos vales por onde a trilha passa. O trânsito de pessoas pela mesma requer cuidado quanto ao perigo de queda de lascas do paredão rochoso ao longo de alguns trechos da trilha

e certa habilidade diante da grande quantidade de matacões, de diversos calibres, em praticamente quase todo seu percurso (Foto 2).

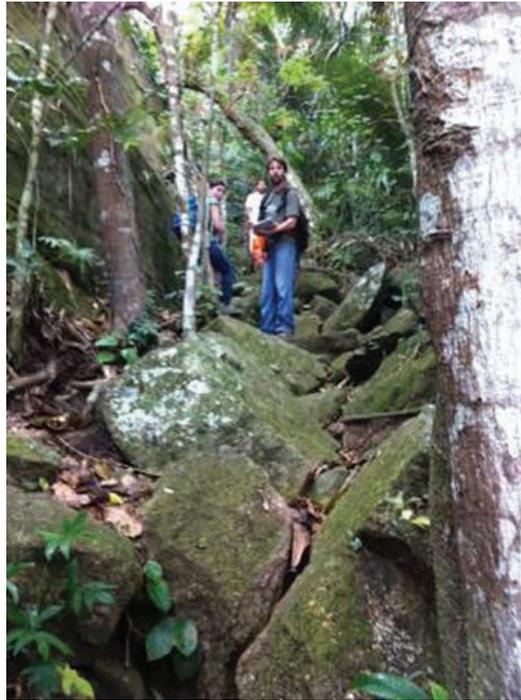


Foto 2 - Leito do “Rio/trilha” entulhado de material rochoso, grande parte mobilizado no interior do vale. Foto: Vivian C. da Costa, 2013

O fato de grande parte da Trilha da Pedra dos Cabritos se situar no talvegue do rio aumenta o risco de queda de blocos originados do faturamento (juntas de alívio de carga) do paredão rochoso. Isso ocorre principalmente no período do verão na cidade do Rio de Janeiro, quando o regime hidrológico sofre brusca transformação (passando a drenagem existente na trilha, de rio intermitente a permanente aumentando significativamente a vazão).

5.3 Fragilidade ecoturística da Trilha Circular / Mirante do Caeté

A trilha circular possui 600 m de extensão e é por ela (a partir de 300 m) que se tem acesso à Trilha do Mirante do Caeté, com aproximadamente 800 m de extensão, totalizando cerca de 1.400 m. Inicia-se próximo à sede

do Parque e, neste trecho original, tem moderada fragilidade ecoturística. Os fatores que respondem por essa característica são: encostas com baixa a média declividade (até 25%), em solos arenoquartzosos profundos, oriundos da decomposição de granodioritos e quartzodioritos. Entretanto, a maior parte de seu percurso apresenta alta fragilidade ecoturística, só se tornando de moderada a baixa fragilidade, nos seus 200 metros finais, novamente próximo à sede.

Já a trilha do Mirante do Caeté, toda sua extensão (proximadamente 540 m, a partir da trilha circular), está em alta a muito alta fragilidade ecoturística, proporcionada por um conjunto de características, com destaque para: o forte gradiente das encostas (acima de 25%), recobertas por argissolos neossolos, estes mais próximos ao topo (localização do mirante).

O conhecimento da fragilidade ecoturística, em diferentes níveis, de toda a área protegida pelo PNMP permitirá aos seus gestores traçar planos de prevenção e intervenção de acidentes devendo ser contemplados nos programas e subprogramas de manejo, principalmente no que concerne ao uso público.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão e o monitoramento do uso público nas áreas protegidas brasileiras exigem, cada vez mais, o conhecimento de processos naturais como forma de explorar, com racionalidade, suas potencialidades e limitações. Quando se trata de duas unidades de conservação que apresentam áreas de sobreposição, como é o caso do Parque Natural Municipal da Prainha e o Parque Estadual da Pedra Branca, essa exigência torna-se maior e deve estar alicerçada em ações integradas, por parte de seus administradores. No que diz respeito aos fatores limitantes à visitação, a condição de risco à ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa não deve ser negligenciada considerando, principalmente, os episódios recentes ocorridos na área, conforme mencionado anteriormente (item 3).

As análises físico-ambientais e o diagnóstico de campo realizados no Parque da Prainha mostraram a fragilidade ecoturística de grande parte dos atrativos correspondendo, basicamente, as trilhas que atravessam

ambas as áreas protegidas (PNMP e PEPB), com destaque para as trilhas do mirante dos Cabritos e do mirante da Boa Vista, localizadas a poucos metros do local do episódio de deslizamento, ocorrido em abril de 2010 (Porto Jr. *et al.*, 2012).

A tomada de medidas que privilegiem a segurança do usuário (seja qual for o seu perfil), bem como a máxima proteção dos recursos naturais ao longo de seu traçado e área de influência, deve ser a tônica central da administração da área protegida, em consonância com o que preceitua a legislação geral das unidades de conservação brasileiras (SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação) e das duas áreas protegidas, principalmente as diretrizes constantes em seus Planos de Manejo. Neste sentido, sugere-se que a visitação as duas trilhas anteriormente citadas sejam constantemente monitoradas através de voluntariado com os principais atores sociais locais, em integração com as ações de controle de catástrofes naturais por parte dos órgãos oficiais da cidade do Rio de Janeiro (GEORIO, Defesa Civil, INEA, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, entre outros), visando a correta implementação do uso público no PNMP.

A fragilidade à erosão do solo e movimentos de massa que a área protegida vem passando e sua incorporação ao processo de gestão é, acima de tudo, um problema de governança que não pode ser ignorado. Fechar ou controlar a visitação naqueles locais de alta atratividade, mas que apresenta alta fragilidade ambiental é, antes de tudo, uma tomada de decisão consciente e de caráter preventivo, tanto à biota quanto aos visitantes/turistas, que deve preponderar sobre outros interesses, particularmente os de natureza política.

BIBLIOGRAFIA

- BURROUGH, Peter Alan & McDONNELL, Rachael (1998) - Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 333 p.
- CINTRA, Leonardo Martins (2009) - "Proposta de Zoneamento para a Gestão da Fragilidade Ambiental do Circuito de Atratividade do Parque Estadual de Ibitipoca - MG". Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - PPGEO-UERJ.

Rio de Janeiro, 110 p.

- COSTA, Nadja Maria Castilho da (2002) - “Análise do Parque Estadual da Pedra Branca (RJ) por Geoprocessamento: Uma contribuição ao seu Plano de Manejo”. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Tese (doutorado) IGEO/CCMN/UFRJ, Rio de Janeiro. 317 p.
- COSTA, Nadja Maria Castilho da *et al.* (1996) - “Movimentos de Massa e Processos Erosivos na Vertente Leste do Maciço da Pedra Branca (RJ): O caso da Bacia Hidrográfica do Rio Grande”. In Anais do Congresso Internacional de Ciências de La Tierra. Santiago, Chile, Instituto Geográfico Militar. 41 p.
- COSTA, Nadja Maria Castilho da, *et al.* (2009) - “Fragilidade Ecoturística em Áreas de Atrativos no Parque Estadual da Pedra Branca (RJ)”. Revista Geo UERJ, Ano 11, Vol. 2, Nº. 19, 138-160. Disponível online no endereço url: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/download/1407/1197>. (acessado em 21 fevereiro, 2014)
- COSTA, Vivian Castilho da (2006) - “Proposta de Manejo e Planejamento Ambiental de Trilhas Ecoturísticas: Um Estudo no maciço da Pedra Branca - Município do Rio de Janeiro (RJ)”. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Tese (doutorado) IGEO/CCMN/UFRJ, Rio de Janeiro. 325 p.
- CÂMARA, Gilberto *et. al.* (2003). “Análise Espacial e Geoprocessamento”. in Análise Espacial de Dados Geográficos, FUKS, Suzana, *et al.* (eds.), São José dos Campos, INPE, 3a. edição, revista e ampliada. Disponível online no endereço de url: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. (acessado em 13 fevereiro, 2014).
- Decreto Municipal nº 17.426/1999, de 25 de março. Cria e Delimita o Parque Municipal Ecológico da Prainha. Rio de Janeiro. Diário Oficial da Cidade do Rio de Janeiro - 25 de março de 1999. Retificado em 29 de março de 1999. Rio de Janeiro, Brasil.
- GUERRA, Antônio José Teixeira & MARÇAL, Mônica dos Santos (2006) - “Geomorfologia Aplicada ao Turismo”, in GUERRA, Antônio José Teixeira & MARÇAL, Mônica dos Santos (eds.). Geomorfologia Ambiental. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ. 43-45.
- JORNAL O GLOBO (2012) - “Prainha recebe a Bandeira Azul, selo internacional de qualidade”. Natalia Castro. Publicado em 01 de dezembro de 2012. Disponível online no endereço de url: <http://oglobo.globo.com/rio/prainha-recebe-bandeira-azul-selo-internacional-de-qualidade-6900784>. (acedido em 14 fevereiro, 2013).
- KAWAKUBO, Fernando Shinji *et al.* (2005) - “Caracterização Empírica da Fragilidade Ambiental Utilizando Geoprocessamento”. In Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12, Goiânia - GO. Ed. INPE - S. José dos Campos, 2203-2210. Disponível online no endereço de url: <http://marte>.

- dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.10/doc/2203.pdf. (acedido em 14 fevereiro, 2013).
- Lei Nº. 9985/2000 de 18 de julho. Vetos da Presidência da República ao PL aprovado pelo Congresso Nacional e Decreto Nº 4.340 - 22 de agosto de 2002. Brasil. Disponível online no endereço url: http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_18_2ed.pdf. (acedido em 18 fevereiro, 2014).
- MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise Muticritério. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. INPE. p. 2899-2906. Disponível online no endereço url: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.14.41/doc/2899-2906.pdf>. (acedido em: 18 de junho de 2014).
- PINTO, Roberta Mariana Ferreira Mori & COSTA, Vivian Castilho da (2012) - "Ecoturismo e Risco Ambiental". Territorium, Portugal, Nº 19, 227-235. Disponível online no endereço url: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T19_artg/T19_NNR_02.pdf. (acedido em 18 fevereiro, 2014).
- PORTO JR., Rubem, *et al.* (2012) - "Caracterização Geológico-Geotécnica do Movimento de Massa Ocorrido entre as Praias da Prainha e Grumari, Município do Rio de Janeiro, RJ". Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, Vol. 35-2/2012, 5-13. Disponível online no endereço url: http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2012_2/2012_2_05_13.pdf. (acedido em 13 fevereiro, 2014).
- REBELO, Fernando (2010) - Geografia Física e Riscos Naturais. Imprensa da Universidade de Coimbra, 1ª. ed., 215 p.
- ROSS, Jurandy Luciano Sanches (1994) - Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia, Nº 8, DG-FFLCH- USP, São Paulo, 63-74.
- SMAC (2012) - Elaboração do Plano de Manejo dos PNM da Prainha e PNM de Grumari. Produto III - Módulo 4. Secretaria de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro. Detzel Consulting. FUNBIO - SEA - Prefeitura do Rio de Janeiro, 137 p.
- VEYRET, Yvette & RICHEMOND, Nancy Meschinet de (2007) - "Definições e Vulnerabilidade do Risco", in VEYRET, Yvette (ed.). Os Riscos. O Homem como agressor e vítima do meio ambiente. 1ª. ed., Contexto, São Paulo, 25 - 46.
- XAVIER-DA-SILVA, Jorge (1999) - Geoprocessamento para Análise Ambiental. Rio de Janeiro: Lageop, 15 p. (apostila do Curso de Especialização em Geoprocessamento - Mídia CD-rom).
- XAVIER-DA-SILVA, Jorge (2001) - Geoprocessamento para Análise Ambiental. XAVIER DA SILVA, Jorge (ed.), Rio de Janeiro. 227 p.

ARTIGO 6

CONTRIBUIÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E TÉCNICAS GEOESPACIAIS APLICADAS AO ESTUDO GEOTECTÔNICO - SISMICIDADE EM GOIÁS

do VALE e SILVA, Alexandre Henrique Cardoso¹ & NUNES, Fabrizia Gioppo²

¹ Instituto Militar de Engenharia; Subdivisão de Cursos de Pós-Graduação (SD/1); Seção de Engenharia Cartográfica - SE/6; Praça General Tibúrcio, 80 - Praia Vermelha; 22290-270 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil
Tel: 55 (62)8249-2072; e-mail: alexandre.vale@ime.eb.br

² Universidade Federal de Goiás; IESA - Instituto de Estudos Sócio-Ambientais ; Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento - Lapig; Campus Samambaia CEP: 74.001-970 Caixa Postal 131, Goiânia - Brasil; Tel: 55 (62) 3521 - 1360; e-mail: fabrizia.iesa.ufg@gmail.com

RESUMO

Fenômenos sismológicos são inerentes à dinâmica da Terra, logo, ao observar as ocorrências de eventos sísmicos no estado de Goiás percebe-se uma disposição maior de registros em determinadas regiões. A complexidade do estudo sismológico se torna maior quando referente à tectônica intraplacas. No entanto, mediante ao uso de técnicas de geoprocessamento, bem como, da aplicação metodológica de análise geoespacial, para o tratamento de registros sísmicos, pode-se entender os padrões pontuais na identificação de áreas de clusters, representados em produtos cartográficos. Sabe-se que terremotos até o momento não são previstos e nem serão evitados, porém, a organização das informações de ocorrências sísmicas em ambientes de Sistema de Informação Geográfica, contribui na análise dos fatos relacionados aos abalos tectônicos, promovendo um diagnóstico para o zoneamento do potencial sismológico da região de estudo. Após análise dos mapas gerados em associação a geologia estrutural e a geofísica, pode-se observar um aglomerado pertinente

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_6

à porção setentrional do estado. Isso indica que a densidade de tremores intraplacas, na região norte próximo ao lineamento transbrasiliano, está relacionada à localização da litosfera onde a crosta é mais fina.

PALAVRAS-CHAVE

Sistema de Informação Geográfica, Geotectônica, Sismicidade intraplaca, Análise espacial.

CONTRIBUTION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND GEOSPATIAL TECHNIQUES APPLIED TO STUDY THE GEOTECTONIC - SEISMICITY IN GOIÁS

ABSTRACT

Seismological phenomena are inherent to the dynamics of the Earth, immediately, observing occurrences of seismic events in the state of Goiás, perceives a greater disposition of records in certain regions. The complexity of seismological study becomes greater when referring to intraplate tectonics. However by using GIS techniques, methodological application of spatial analysis for the treatment of seismic records, can understand the specific patterns to identify areas of clusters represented in cartographic products. It is known that earthquakes so far are not provided and will not be avoided but, the organization of information in environments of seismic occurrences of Geographic Information System, contributes to the analysis of the facts related to tectonic quakes and so, promote a diagnosis for zoning the seismological potential of the study area. After analyzing the maps generated in association with structural geology and geophysics, one can observe cluster the northern portion of the state. This indicates that where the density of tremors intraplate in the northern region near the lineament Transbrasiliano, is related to the location of the lithosphere where the crust is thinner.

KEYWORDS

GIS, Geotectonics, Intraplate seismicity, Spatial analysis

1. INTRODUÇÃO

No enquadramento da fenomenologia geoestutural brasileira, a maioria dos abalos sísmicos são eventos raros de serem sentidos pela população. Porém casos de magnitude $>6,0$ na escala Richter já ocorreram no país. O estudo sismológico se faz necessário para o entendimento maior das camadas do interior da Terra, compreendendo os impactos que as ondas

de choque provocam na superfície.

Ao observarmos a dinâmica sísmica do estado de Goiás, estimula-se uma reflexão a respeito das condições geofísicas locais, para a segurança do potencial de uso antrópico. Os registros sísmos coletados no Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (UnB), no período de 1973 a 2013, tem demonstrado um número considerável de abalos nas mesorregiões do norte e noroeste goiano, em relação às outras mesorregiões do estado, porém de magnitude moderada, < 5,2 na escala Richter. É relevante analisarmos as regiões em destaque, interpretando os dados geotectônicos, na visão da distribuição de padrões espaciais, dos pontos de ocorrência deste fenômeno, como uma corroboração ao desenvolvimento de modelos que buscam explicações para os eventos de terremotos no Brasil.

O geoprocessamento e suas ferramentas computacionais consistem em um exemplo de técnicas, que tem apresentado um amplo auxílio para o tratamento de informações espaciais, fazendo parte do universo geotecnológico, que caracteriza a organização das informações geográficas.

Segundo Câmara *et al.* (2001) são considerados três tipos de dados relacionados a problemas de análise espacial: (a) Áreas com Contagens e Taxas Agregadas, (b) Superfícies Contínuas e, (c) Eventos ou Padrões Pontuais, sendo este último à localização espacial do fenômeno, como o fator principal de análise associados a padrões aleatórios ou aglomerados das disposições pontuais.

A análise desenvolvida em plataformas SIG, permite a interpretação mais coerente do fenômeno estudado, comportando um nível de precisão onde às variáveis presentes são organizadas de acordo com a proposta do projeto, que propende à compreensão das aglomerações das ocorrências sísmicas no estado de Goiás. No intuito de atender esta proposta, o presente trabalho objetiva-se a análise da distribuição de arranjos espaciais da ocorrência de eventos sísmicos em Goiás, reconhecendo áreas de *cluster*, a partir do emprego da técnica de *Kernel* na identificação de padrões pontuais, bem como a correlação destes resultados com informações geológicas e geofísicas existentes.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

2.1. Contexto geoestrutural

Para entender a sismicidade brasileira, é importante compreender o contexto estrutural geológico do país. O Brasil está inteiramente localizado na plataforma Sul-Americana de idade pré-cambriana. Uma porção relativamente estável dividida em escudos pré-cambrianos e coberturas fanerozóicas, localizada a leste da Cadeia Andina, onde esta corresponde à área instável do continente.

Os embasamentos pré-cambrianos são escudos cristalinos caracterizados por rochas ígneas e metamórficas e são relativamente estáveis se tratando da tectônica. Esses embasamentos são atribuídos no conceito geológico, como porções da litosfera constituídas por substratos de origem arqueano e proterozóico. Já as coberturas fanerozóicas são estruturas sedimentares intracratônicas, herdadas do ciclo Brasileiro-Pan-Africano (MILANI & THOMAZ FILHO, 2000).

A dinâmica geológica estrutural do Brasil faz com que a atividade sísmica presente no país, seja muito inferior aos abalos ocorridos nas bordas das placas, por exemplo, no contato entre as placas de Nazca e a placa Sul-Americana, porém, isso não quer dizer que a região seja assísmica. Devido a sua localização na porção central da placa da América do Sul, a sismicidade presente no território brasileiro é de origem intraplacas.

Explicar as origens de sismos intraplacas não é uma tarefa fácil. Zonas de fraqueza e concentração de tensões são alguns modelos propostos na tentativa de uma compreensão dessa atividade. É sabido que os abalos ocorridos nesses locais, em sua maioria, têm baixa e moderada intensidade, são decorrentes das tensões geradas por parte dos sismos tectônicos, originados entre as fronteiras das referidas placas (JOHNSTON & KANTER, 1989). Todavia, alguns sismos podem ter grande magnitude como no caso de Porto dos Gaúchos no Mato Grosso com magnitude de 6,2 e em Vitória no Espírito Santo com magnitude de 6,1 ambos no ano de 1955 registrados por pesquisadores do exterior, pois, naquela situação praticamente não existiam registros sismológicos no país.

Assumpção e Sacek (2013) pesquisando as anomalias gravimétricas no Brasil Central constatam que, onde a crosta terrestre é mais fina os abalos sísmicos se concentram. No mesmo artigo, os pesquisadores ressaltam que:

Modelaram as anomalias da gravidade no Brasil Central, supondo que o excesso de massa, causador das anomalias isostáticas é devido a variações da espessura crustal. [...] a crosta estreita ocorre ao longo da zona do arco magmático e do Maciço de Goiás, fazendo um paralelo a região de alta gravidade. 'Soares *et al.* (2006) já haviam sugerido uma correlação das zonas citadas com uma crosta fina. Interpretando as anomalias Bouguer, de acordo com a teoria da Topografia de Moho'. Verificaram que no meio aquoso, que se refere à porção do manto, há uma área de baixa altitude e alta gravidade, coincidente com a zona sísmica, citada (tradução livre dos autores).

Para melhor entender a situação da espessura da crosta terrestre a Figura 1, ilustra a relação do manto no Brasil e nos Andes, mostrando que a profundidade é maior na parte oeste do continente Sul-Americano.

A compreensão dos esforços crustais é de fundamental importância para o estudo da sismicidade intraplaca e para o entendimento, dos processos dinâmicos das atividades, responsáveis pela movimentação e pela formação das placas litosféricas (ZOBACK, 1992 apud LOPES, 2008).

Da energia liberada pelos sismos, no planeta, 10% estão relacionados à sismicidade intraplaca (JOHNSTON, 1989 apud LOPES 2008). O estudo desses esforços reconhece os mecanismos tectônicos que deformam as placas litosféricas, possibilitando, a determinação mais concisa do risco sísmico associados a grandes obras de engenharia, e a identificação de regiões onde poderão ocorrer futuros abalos intraplaca. (LOPES, 2008).

2.2. Estimador de Kernel

Para a análise espacial de dados geográficos, é necessário um fenômeno, onde este tenha uma localização no espaço. Na simbologia cartográfica, tal fenômeno pode ser representado por pontos e analisados de acordo com métodos de análises espaciais.

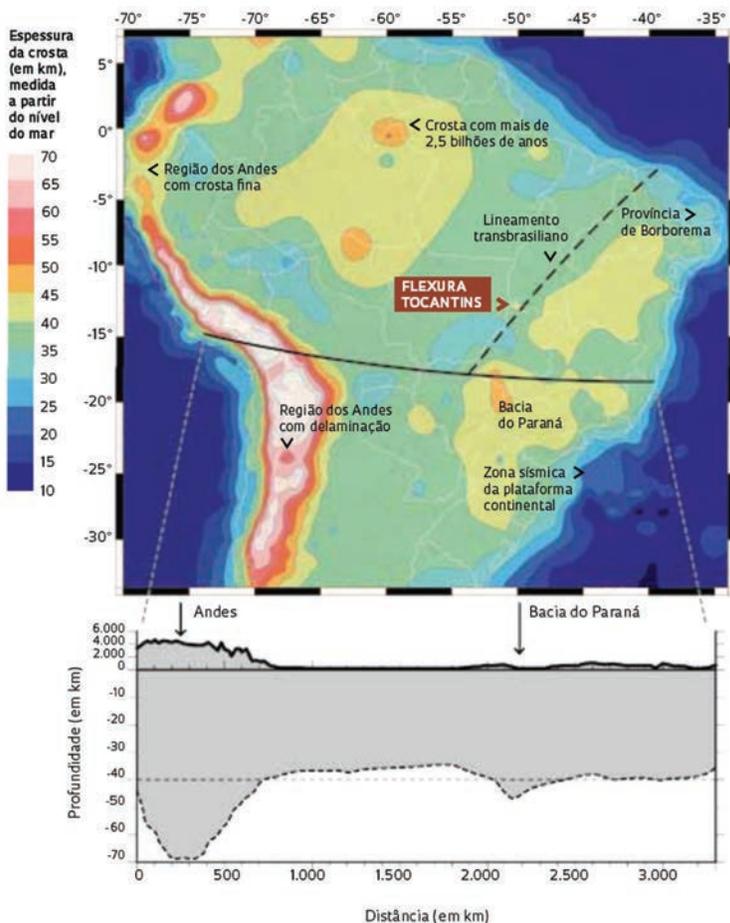


Figura 1 - Espessura da crosta terrestre no Brasil e nos Andes
Fonte: Assumpção (IAG/USP, 2013)

Um dos métodos de análise do comportamento da distribuição pontual é o estimador de *Kernel*, que possibilita a estimação da densidade do evento em toda a área de interesse, mesmo em regiões onde o processo não tenha gerado nenhuma ocorrência real. Segundo Botev *et al.* (2010) o estimador de densidade de *Kernel* é uma técnica importante, para a análise estatística de dados. É considerado, como um estimador probabilístico e não paramétrico, ou seja, consiste em estimar o número esperado de eventos por unidade de área. Para os autores (*op. cit.*) a vantagem da abordagem não paramétrica é que esta oferece uma maior flexibilidade,

na modelagem de um determinado conjunto de dados pontuais, ao contrário dos clássicos estimadores paramétricos.

De acordo com Matsumoto e Flores (2012, 96) o estimador de *Kernel* é uma técnica de estatística espacial que demonstra onde estão alocadas as concentrações de eventos pontuais em um plano. Quando este estimador é utilizado em um SIG, gera uma interpolação que se insere sobre as bases cartográficas, identificando o fenômeno georreferenciado no espaço geográfico e, destacando, a localização em que ocorre a maior ou menor frequência das concentrações do fenômeno analisado.

Em suma, pode-se avaliar que o estimador de *Kernel* é uma técnica que detecta a ocorrência de distribuições de eventos em padrões de aglomerados, ou a ocorrência destes, de forma aleatória. Este estimador consiste em uma função bidimensional, a qual se define uma largura de banda, fazendo-se a contagem de pontos dentro da região de influência, ponderados pela distância de cada um à localização de interesse. Como produto final, os resultados estarão arranjados em um plano cujo valor será proporcional à frequência de amostras por unidade de área, obtêm-se os cálculos quanto ao seu valor de densidade (BAILEY & GATRELL, 1995).

Segundo Câmara e Carvalho (2002, 5) para efeito de cálculo são considerados como parâmetros básicos: (a) um raio de influência ($\tau \geq 0$) que define a vizinhança do ponto a ser interpolado, controlando o "alisamento" da superfície gerada e; (b) uma função de estimação com propriedades de suavização do fenômeno. O raio de influência define a área centrada no ponto de estimação central "S" que indica quantos eventos "Si" contribuem para a estimativa da função de densidade " λ ". O princípio esquemático do estimador de densidade de Kernel pode ser observado na Figura 2.

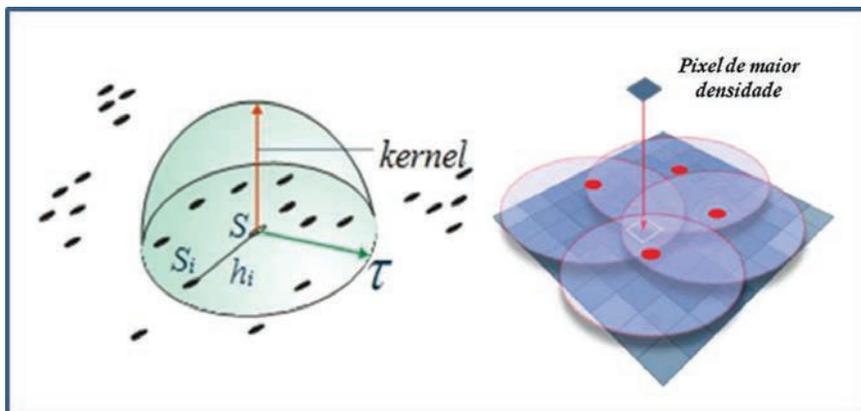


Figura 2 - Representação da ação do estimador de densidade de Kernel, sobre uma distribuição de pontos no espaço

Para a verificação dos eventos sismológicos, foram utilizados os dados cedidos pelo Observatório Sismológico da UnB. Os dados do observatório sismológico descrevem as informações dos abalos sísmicos no estado de Goiás, entre o período de 1973 até 2008. Foi utilizada também a compilação de ocorrências sísmicas do Websisbra, um Sistema de Informação Geográfica Web para a Análise de Fenômenos Sismológicos, objetivando completar os registros até o ano 2013. Todos os dados utilizados no presente artigo foram trabalhados no *datum* SIRGAS 2000 que obrigatoriamente é o modelo matemático da representação da superfície terrestre oficial do Brasil, não tendo problemas de compatibilidade. O levantamento foi contemplado por dados disponíveis em literaturas sobre o estudo de métodos tomográficos (IAG/USP) para obter informações das propriedades físicas da região do Brasil Central.

No decorrer das análises, para aplicação mais detalhada do estimador de *Kernel*, foi utilizada a ferramenta de análise espaciais, Mapa de Kernel, do aplicativo *TerraView*. O *TerraView* é um software de Sistema de Informação Geográfica, de domínio público, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial brasileiro (INPE), com ferramentas de análises espaciais, de fácil manuseio.

São vários os tipos de estimadores de *Kernel*: normal, quártico, triangular, exponencial negativo e uniforme. No caso deste trabalho, foi utilizado um

Kernel Quártico, que é o modelo adotado pelo aplicativo *TerraView*, para obter a estimativa da densidade de padrão de pontos. A função Quártica dá mais peso aos pontos próximos do que aos distantes, sendo o decréscimo gradual. Para Santos *et al.* (2012) o *Kernel*, como uma função de suavização, deve ser simétrica à origem. Assim, segundo os autores (op. cit.), uma das melhores soluções é aplicar um *Kernel* Quártico.

O aplicativo *TerraView*, possibilita a opção de adaptar o raio do círculo de vizinhança, ou seja, durante o processamento foi utilizada a opção *Kernel* Adaptativo. Essa alternativa calcula automaticamente o raio, considerando o número de eventos e a dimensão da unidade de área avaliada.

A ferramenta Mapa de *Kernel* permitiu o cálculo da função Quártica para a análise espacial da: (a) densidade, (b) média de movimento espacial e, (c) probabilidade dos eventos pontuais, com o atributo magnitude ativo. Por tanto, não considerou apenas a estimativa da frequência de pontos por unidade de área, mais também, o grau da magnitude dos sismos na escala Richter, ou seja, o cálculo do peso da desigualdade de importância dos eventos registrados e armazenados na tabela de atributo do banco de dados operacional.

Se tratando sobre o raio, que é um parâmetro importante para a representação cartográfica, no sentido do estimador de *Kernel*, para as ocorrências sísmicas, foi utilizado também o *Kernel* adaptativo. Onde é feito um cálculo para o raio automático que considera o número de eventos e a área.

Para efeito de zoneamento de risco foi calculada a densidade do evento por unidade de área, sendo as delimitações municipais, a unidade de área territorial, selecionada no estudo para a captura e representação dos dados quantitativos apresentados. A Figura 3 ilustra o esquema de aplicação da ferramenta Mapa de *Kernel*, do software *TerraView*, utilizada na elaboração dos mapas de riscos de sismo por municípios.

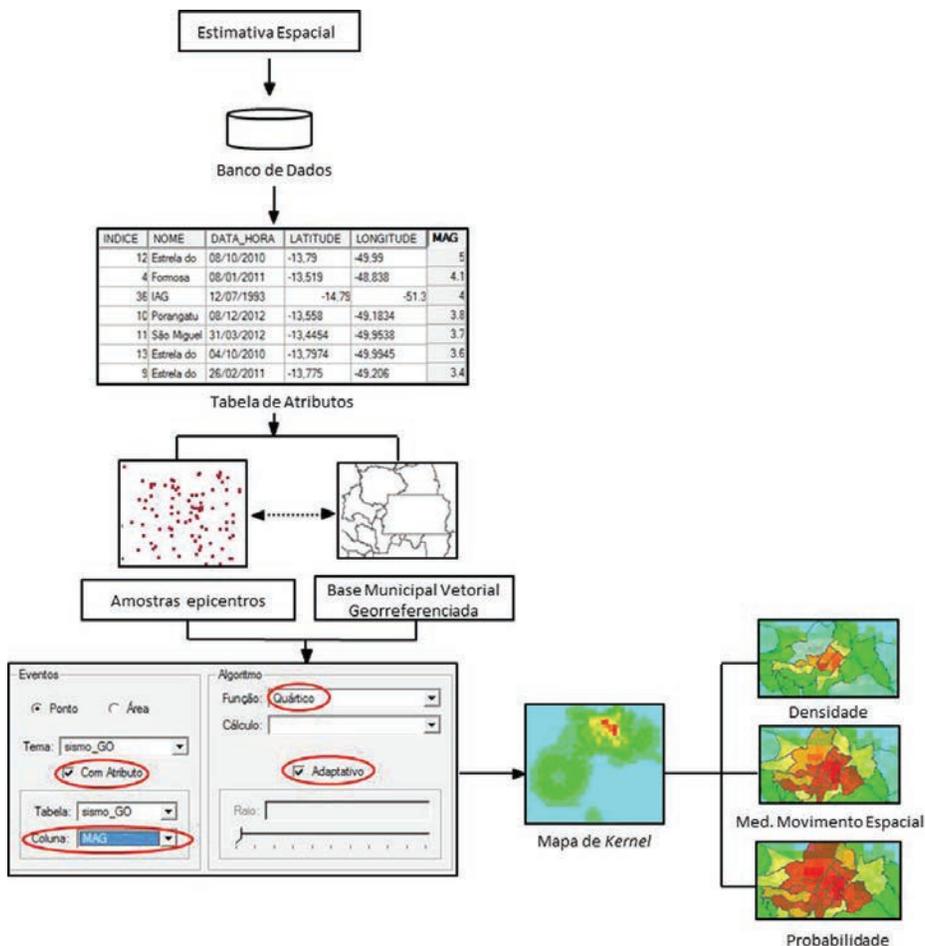


Figura 3 - Esquema utilizado pelo estimador de Kernel, no processamento de análise espacial dos pontos de epicentros registrados na Estação Sismológica da UNB, entre o período de 1973 a 2013

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O tratamento das informações sismológicas do estado de Goiás foi realizado visando à caracterização espaço-temporal da sismicidade e sua correlação com as estruturas geológicas e geofísicas locais, de forma a obter a configuração do potencial sísmico da região. Ao compilar os dados do observatório sismológico, foi gerado um produto cartográfico que posiciona a distribuição e magnitude das ocorrências do evento nas mesorregiões do estado (Figura 4).

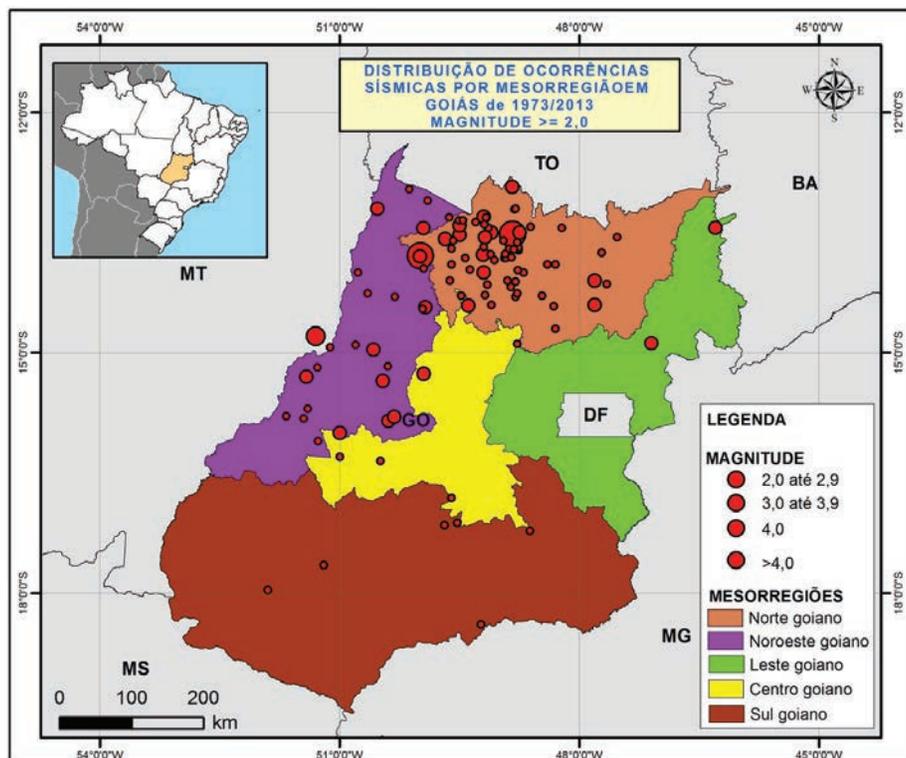


Figura 4 - Mapa da magnitude de ocorrências sísmicas nas mesorregiões do estado de Goiás

Da derivação das informações contidas na Figura 4, interpreta-se que as regiões leste, central e sul do estado de Goiás não concentram muitos registros de abalos geotectônicos intraplacas, concentrando a densidade de registros e os maiores pesos da magnitude sísmica, para as mesorregiões noroeste e norte, em especial, a essa última.

Ao processar os dados em ambiente SIG utilizando técnicas de geoprocessamento para a análise espacial de *Kernel*, foi gerado um produto cartográfico, enfocando, as principais regiões da densidade sísmica de Goiás, no que se refere às estruturas geológicas da região (Figura 5). Da organização destes dados e elaboração do produto cartográfico, observa-se que a disposição das ocorrências sísmicas em Goiás, apresenta-se com maior grau de frequência na porção norte do estado, sobre a estrutura geológica da Província Tocantins.

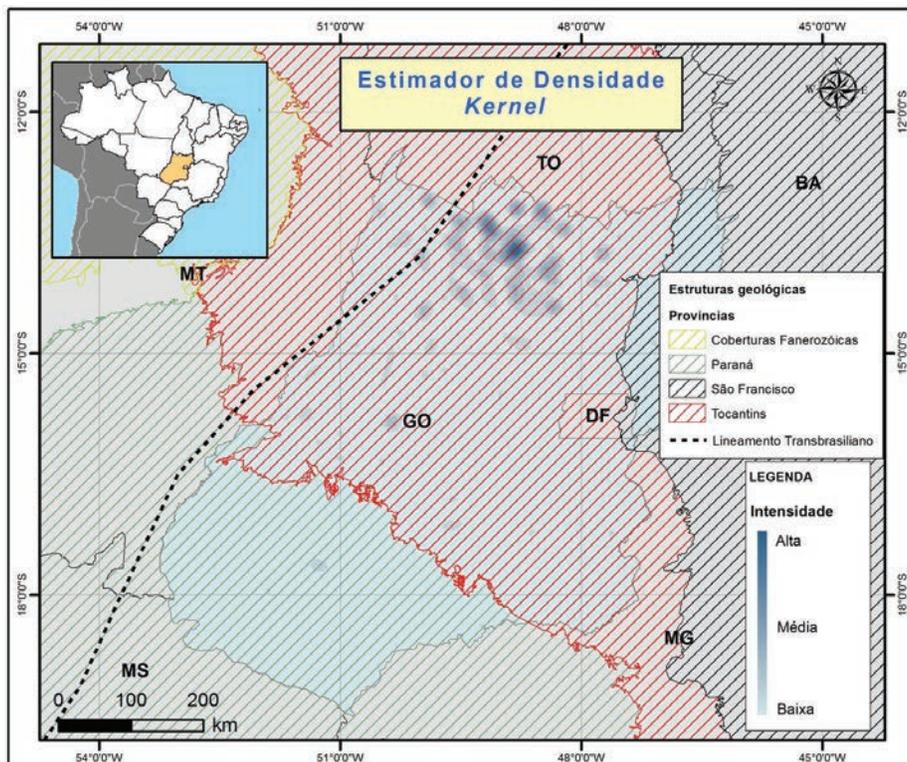


Figura 5 - Mapa de densidade sísmica do estado de Goiás

Dentro da caracterização do contexto geológico presente, as ocorrências destes sismos estão representadas em toda a província Tocantins (Figura 5), mais precisamente a leste do lineamento transbrasiliano, que corresponde a uma zona de fraqueza litosférica, com cerca de 2.700km de extensão no território brasileiro. Nesta zona de fraqueza, concentram-se os esforços gerados nos limites das grandes placas tectônicas, onde em tempo futuro são liberadas as tensões, assim, sendo um potencial para sismicidade intraplacas.

Nota-se também a proximidade da zona sísmica Goiás-Tocantins com a densidade das ocorrências na região. Um paralelismo do lineamento transbrasiliano com a zona citada. A localização da mesma pode ser observada na Figura 5.

A Figura 6 apresenta os resultados da aplicação do processo estocás-

tico de interpolação dos pontos de epicentros, pelo estimador de *Kernel*, utilizando as ferramentas computacionais do *TerraView*. No caso referente à concentração de registros dos eventos sísmicos, nos municípios goianos verifica-se que tanto para os cálculos de densidade, média de movimento espacial e de probabilidade, há a formação de um cluster de forte densidade sobre os municípios pertencentes à porção norte do estado.

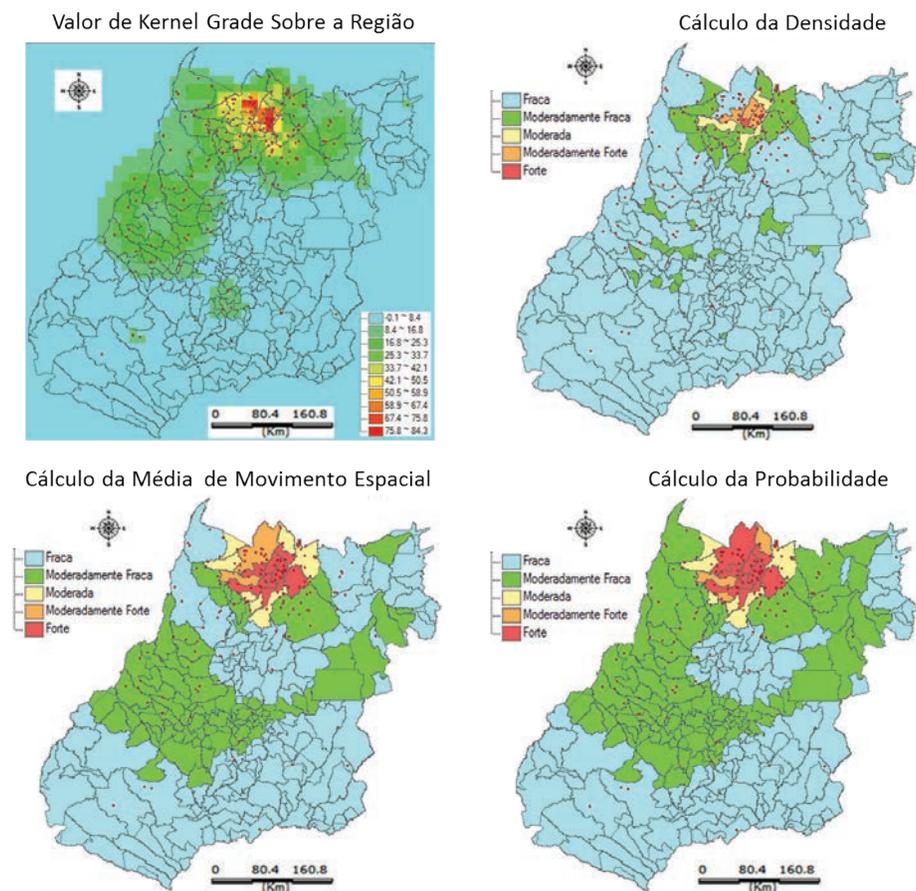


Figura 6 - Mapas derivados da aplicação do estimador de Kernel (função Quártica), dos pontos de epicentros registrados na Estação Sismológica da UnB, entre o período de 1973 a 2013

E ambos os mapas o comportamento dos padrões pontuais representa um agrupamento ou interação espacial, das classes de valores do estimador de *Kernel*, agrupadas em municípios. Agrupamento este visualizado no

mapa de Média de Movimento Espacial, representados pelos municípios de Estrela do Norte, Formoso, Santa Tereza de Goiás, Mutunópolis, Trombas, Campinaçu, Campinorte e Mara Rosa. Na representação da média móvel espacial, a classe de densidade forte, representada por estes municípios indica um alto número esperado de sismos nestas unidades de área.

Já o mapa de Probabilidade de *Kernel*, indica a possibilidade de ocorrência de um sismo em determinada área. Neste mapa verificamos esta alta probabilidade, indicada no cluster da classe de densidade forte, formada pelos mesmos municípios apontados no mapa de Média de Movimento Espacial, acrescido pelo município de Porangatu.

Por fim, o mapa de Densidade de *Kernel* indica a densidade de sismo por unidade de área, indicando um ponto focal da classe de densidade forte, representada sobre o município de Estrela do Norte, procedida pela classe moderadamente forte constituída pelos municípios de Santa Tereza de Goiás, Mutunópolis e Formoso.

4. CONCLUSÃO

A partir das técnicas tanto de geoprocessamento quanto de análise geoespacial, pode-se entender a dinâmica dos padrões focais sísmicos relacionados a uma zona, com densidade maior do que, em outras regiões goianas onde este evento não se faz tão presente. Estas técnicas permitiram averiguar a probabilidade de ocorrência deste fenômeno, em um determinado local, e sua distribuição no espaço.

As técnicas de geoprocessamento adotadas na análise espacial possibilitaram também a ordenação quantitativa dos dados espaciais, promovendo o potencial analítico do fenômeno sísmico, registrado na área de estudo em questão. Os dados coletados e processados das ocorrências sísmicas mostraram-se bastante consistentes, para um melhor entendimento da dinâmica sismológica do estado de Goiás, evidenciando como este evento se distribui em termos de densidade e em peso de magnitude, neste espaço territorial.

As análises dos produtos cartográficos provenientes da aplicação do método de *Kernel*, mostraram que há uma disposição sismológica maior

para porção setentrional goiana, apresentando uma zona sísmica de eventos pontuais nesta região, coincidente com a já reconhecida Zona Sísmica de Porangatu, formada pelos municípios pertencentes à microrregião de Porangatu.

Os produtos cartográficos gerados nos remete a conclusão, que a técnica de análise espacial aplicada foi eficiente, para a análise proposta. Desta forma pode-se jogar, que de posse de dados confiáveis, processamento adequado e interpretação coerente, os problemas geográficos podem sim serem analisados para um planejamento detalhado, no que diz respeito às condições físicas estruturais.

Os dados tomográficos associados à crosta fina (Figura1), onde é verificado um potencial para a concentração de tremores é observado também, pelas análises cartográficas geradas. Evidenciando uma densidade maior na região boreal de Goiás onde a litosfera é menos densa.

De fato, ainda não temos condições de prever abalos sísmicos e mesmo se tivéssemos não seria evitado, porém, os estudos científicos brasileiros estão avançando no que diz respeito à sismologia intraplaca. E com auxílio das ferramentas da geotecnologia essas pesquisas podem trazer um resultado mais positivo, na investigação deste assunto.

BIBLIOGRAFIA

- ASSUMPTÃO, Marcelo Sousa de & SACEK, Victor (2013) - "Intra-plate seismicity and flexural stresses in central Brazil". *Geophysical Research Letters*, Vol. 40, Nº 3, 487-91.
- BAILEY, Trevor & GATRELL, Anthony (1995) - "Interactive spatial data analysis". Edinburgh Gate, Essex: Longman Scientific and Technical, England, 413p.
- BOTEV, *et al.* (2010) - "Kernel density estimation via diffusion". - *The Annals of Statistics*, Vol. 38, Nº 5, 2916-2957. Disponível online no endereço url: <http://arxiv.org/pdf/1011.2602.pdf> (acedido em 5 Maio, 2014).
- CÂMARA, Gilberto & CARVALHO, Marília Sá. (2002). - "Análise espacial de eventos". São José dos Campos, INPE, cap. 2, 15p. Disponível online no endereço url: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf> (acedido em 16 Maio, 2014).

- CÂMARA, Gilberto *et al.* (2001). “Introdução à ciência da Geoinformação”. São José dos Campos, INPE. Disponível online no endereço url: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro> (acedido em 14 de Setembro, 2013).
- FERNANDES & FREITAS, Filho (2011). Websisbra. Sistema de Informação Geográfica Web para a Análise de Fenômenos Sismológicos, UnB.
- JOHNSTON & KANTER (1989) - “The seismicity of stable continental interiors”, *in* GREGERSEN, S. & BASHAM, P. W. (eds.): Earthquakes at North-Atlantic Passive Margins, Neotectonics and Post-glacial Rebound, Ed. Kluwer Academic, Boston, EUA, 299-327.
- LACERDA FILHO, Joffre Valmório de *et al.* [org]. (2000) - “Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil”. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal, escala 1:500.000. 2ª ed. Goiânia: CPRM/METAGO/UnB.
- LOPES, Afonso Emidio Vasconcelos de (2008) - “Mecanismos focais e esforços litosféricos no Brasil”. Tese de doutorado. São Paulo, USP, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas.
- MATSUMOTO, Patrícia Sayuri Silvestre & FLORES, Edilson Ferreira (2012) - “Estatística espacial na geografia: um estudo dos acidentes de trânsito em Presidente Prudente - SP”. GeoAtos - Revista geografia em Atos, Vol. 1, Nº 12, 95-113. Disponível online no endereço url: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/viewFile/1755/matsumoto> (acedido em 10 de Maio, 2014).
- MILANI & THOMAZ, Filho (2000) - “Sedimentary basins of South America”, *in* CORDANI, U.G *et al.* (eds.): Tectonic Evolution of South America, Rio de Janeiro, 31st. IGC, 389-449.
- PROGRAMA *TerraView* (2010) - Tutorial. São José dos Campos, SP: INPE, versão 4.2.2. Disponível online no endereço url: <http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php> (acedido em Setembro, 2013).
- SANTOS, Bethsaide Souza *et al.* (2012) - “Análise espacial aplicada à expansão de condomínios fechados na cidade de Feira de Santana (BA)”. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife - PE, 1-9p. Disponível online no endereço url: http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SIG/149_5.pdf (acedido em Abril, 2014).
- SOARES, José *et al.* (2006) - “Seismic characteristics of central Brazil crust and upper mantle: A deep seismic refraction study”. Journal of Geophysical Research: Solis Earth, Vol. 111, B12302, 13-31. Disponível online no endereço url: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2005JB003769/pdf> (acedido em Novembro, 2013).

ARTIGO 7

METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PAISAGENS FLUVIAIS DO BRASIL MEDIANTE CRITÉRIOS EUROPEUS

PRICHOA, Carla Eva¹, HOLGADO MOLINA, Pedro² & RIBEIRO, Selma Regina Aranha³

^{1,2} Departamento de Geografia - Faculdade de Filosofia e Letras da Universidade Autónoma de Madrid (Espanha) - Cidade Universitária de Cantoblanco, Calle Francisco Tomás y Valiente, 1, 28049 Madrid, España Tel: +34664759345; email: cprichoa@yahoo.com.br; Tel: +34914974033 pedro.molina@uam.es

³ Departamento de Geografia - Universidade Estadual de Ponta Grossa (Brasil); Programa de Pós Graduação em Geografia, Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil Tel: + 55 41 9653 5399; email: selmar.aranha@gmail.com

RESUMO

Na Europa as paisagens fluviais adquiriram maior importância socioambiental a partir da implementação do Convênio Europeu de Paisagens (2000) inserindo-as nas políticas de ordenação territorial. Consequentemente, ocorreram aumentos significativos nas pesquisas de âmbito fluvial, proporcionando a criação de metodologias específicas de análise, aplicadas em muitos rios da Europa, sobretudo da Espanha. Uma das metodologias, aqui aplicada, utiliza critérios relativos a água, relevo, vegetação e ao estado de conservação das áreas, visando melhorar a gestão dos espaços fluviais. O Brasil é um país de grande extensão territorial e com uma rede hidrográfica abundante, porém, carece de pesquisas de âmbitos estritamente fluviais. Portanto, a adaptação desta metodologia aplicada a um curso de rio brasileiro é pertinente. O estudo será realizado na área teste na região Sul do Brasil, no Estado do Paraná e que abrange três municípios: Castro, Carambeí e Ponta Grossa. Após sua adaptação poderá ser provada e corroborada em áreas maiores, adequando a gestão dos espaços de maneira sustentável e valorando os elementos associados a estas paisagens.

PALAVRAS-CHAVE

Metodologia, Paisagens fluviais, Rio Pitangui, Sensoriamento remoto, GEOBIA

METHODOLOGY FOR IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF RIVER LANDSCAPES IN BRAZIL BY EUROPEAN STANDARDS

ABSTRACT

In Europe the fluvial landscapes acquired greater environmental importance since the implementation of the European Convention of Landscapes (2000), placing them among the policies of territorial ordering. Consequently, significant increases occurred in surveys of river level, providing the creation of specific analytical methodologies applied to many rivers of Europe, especially Spain. One of the methodologies applied here, uses criteria relating to water, relief, vegetation and conservation status of areas; in order to improve the management of river areas. Brazil is a country with a large territory and abundant river system, however it lacks surveys strictly fluvial areas. Therefore, the adaptation of this methodology to a Brazilian river course is pertinent. The study will be conducted in a test area in southern Brazil, in the State of Paraná and covering three counties: Castro, Carambeí and Ponta Grossa. After the adaptation it can be tested and replicated in larger areas, sustainably adjusting management of areas and valuing the elements associated with these landscapes.

KEYWORDS

Methodology, Fluvial landscapes, Pitangui river, Remote sensing, GEOBIA

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Nas últimas décadas as áreas fluviais têm sido objeto de interesse de diversas pesquisas, bem como, de programas para melhor gestão do território, priorizando a manutenção da diversidade ecológica e paisagística. Estas áreas possuem elevado interesse natural e cultural e apresentam características, usos e problemas específicos, onde a água atua como principal elemento de estruturação e organização da paisagem.

Tratando de paisagens fluviais do Brasil, considera-se oportuno e de suma importância a aplicação de um método que além de identificar e caracterizar estes espaços, também, os valorará de maneira qualitativa

e quantitativa; sendo o Brasil um país de grande extensão territorial e abundante rede hidrográfica.

Este estudo propõe a descrição do método de identificação, caracterização e valoração de paisagens fluviais desenvolvido e utilizado pela Europa, sobretudo Espanha e que será adaptado às paisagens fluviais do Brasil, sendo testado no curso do rio Pitangui/Paraná/Brasil. Será um método novo de apreciar os espaços fluviais deste rio brasileiro, extraíndo características que poderão satisfazer diversas linhas de conhecimento, uma vez que para análise são considerados critérios hidrológicos, morfológicos e ecológicos.

Trata-se de uma metodologia desenvolvida a partir da implementação do Convênio Europeu de Paisagem assinado na cidade de Florença no ano de 2000, que inseriu as paisagens fluviais nas políticas de ordenação territorial, estabelecendo um marco comunitário de atuação no âmbito da política de águas (DMA-Directiva Marco del água). Deste modo, o modelo não se centra exclusivamente nos aspectos quantitativos dos recursos hídricos, mas atribui especial atenção às características, as dinâmicas, as funções e aos serviços dos ecossistemas aquáticos.

A metodologia pode ser utilizada em qualquer paisagem de âmbito fluvial de qualquer parte do território mundial, porém, deve-se adaptar os critérios de identificação (hidrológicos, morfológicos e ecológicos) e caracterização à realidade paisagística local.

Neste sentido, o objetivo fundamental deste estudo é esboçar o método de análise de paisagens fluviais utilizado na Europa, associando-o às paisagens do curso do rio Pitangui-Brasil, inserindo, ainda, a técnica GEOBIA- Análise de Imagem Baseada em Objetos - como método auxiliar para caracterização das paisagens e seleção dos critérios posteriormente usados. A criação da nova metodologia visa orientar a gestão destas paisagens, facilitar sua proteção, manter sua produtividade de forma sustentável, restaurar degradações e impactos, etc., bem como, propor aos órgãos competentes a aplicação deste método em outras áreas do território brasileiro e com objetivos diversos.

Para isso, torna-se necessário seguir alguns objetivos específicos, como:

- Conhecer os elementos dominantes que articulam e singularizam as paisagens, destacando especialmente aquelas vinculadas a água, a sua gestão e as intervenções humanas desenvolvidas ao longo do tempo;
- Destacar as paisagens fluviais de especial interesse por apresentar bom estado de conservação, alta complexidade estrutural, por acumular tensões sociais e ambientais relevantes ou por sua importância em escala regional para um ou para vários de seus elementos constitutivos;
- Sugerir aos órgãos competentes, como proposta emergente, critérios e medidas para incorporar as paisagens fluviais no planejamento territorial e setorial.

Salienta-se que para o desenvolvimento da metodologia de identificação e caracterização das paisagens fluviais do rio Pitangui será atribuído atenção especial aos critérios utilizados, uma vez que, as características tanto físicas como socioculturais diferenciam-se das paisagens de âmbito fluvial da Espanha. Assim, buscar-se-á características que possam valorar sua aptidão, melhorar e ampliar o protocolo de análise e valoração, e, que contribua para o desenvolvimento de uma taxonomia das paisagens fluviais aplicável a rede hidrográfica brasileira.

2. PAISAGENS DE ÁGUA

Os espaços fluviais, como já mencionado anteriormente, são áreas de especial interesse tanto natural como cultural. São espaços de grande importância para a conservação por atribuir elevado valor a manutenção e preservação da diversidade ecológica e paisagística, em grande parte devido a sua função como elementos de conexão.

A paisagem fluvial é definida como uma paisagem em cuja origem e dinâmica o rio é o elemento principal. Inclui o canal natural, as ribeiras e planície de inundação em suas duas margens. Esta definição atesta a dupla complexidade da paisagem fluvial como objeto de estudo, pois engloba, ao mesmo tempo, a organização material do espaço, cujo maior componente é o rio, e a relação “sensível” que possui o observador com

este espaço em particular (DUPUIS- TATE, 1998).

Por isso, é relevante considerar que os problemas do meio ambiente e paisagísticos, relacionados com os espaços vinculados a água, requerem políticas específicas para sua gestão, conservação e ordenação. E a análise global revela-se como instrumento de especial valor já que permite compreender melhor as dinâmicas e os processos que geraram estas paisagens.

No Brasil, para a análise, caracterização das paisagens fluviais são usados métodos distintos do estudo aqui proposto. Geralmente utiliza-se como limite os divisores topográficos de uma bacia hidrográfica. Por isso, esta pesquisa contribuirá para o avanço e permitirá construir uma metodologia que favoreça a melhoria da gestão dos espaços integrados ao recurso água e a adequada valoração da relação existente entre as diferentes sociedades e seu meio ambiente.

De acordo com Molina (2007) para qualquer tipo de paisagem a água configura-se como elemento essencial, porém, em nenhum outro território terrestre ela adquire a mesma importância como nas paisagens fluviais. Ou seja, a água é o elemento chave, organizador e dinamizador dos sistemas fluviais, e por este motivo, qualquer modificação que afete as características hidrológicas e hidráulicas dos recursos hídricos, se manifestará externamente na paisagem.

As paisagens vinculadas aos cursos fluviais possuem características próprias e valores específicos, por ser a água o elemento que organiza sua conectividade espacial e estrutura a vida e as próprias formas de ocupação do território (HORDEN & PURCELL, 2001), como pode ser visto nas antigas civilizações e culturas tradicionais vinculadas em sua gênese a áreas e culturas fluviais (GRANERO, 2008; LAUREANO, 2005).

Por este motivo, as paisagens fluviais foram e ainda são objeto de intensas pressões antrópicas que, com frequência provocaram intensa modificação das estruturas naturais (CASIMIRO *et al.*, 2003; NAIMAN *et al.*, 1993; KNOPF *et al.*, 1988). Como exemplo de degradação observa-se, na Espanha, a desapareção de 12% (7.508 ha) dos canais naturais no período de 1987-2000 (MOLINA & BERROCAL, 2010).

O entendimento global da paisagem requer a compreensão de suas partes e, a análise de seus componentes e estrutura, o reconhecimento da singularidade, riqueza e valor conforme indicado no informe do Observatório da Sustentabilidade na Espanha relativo ao patrimônio natural, cultural e paisagístico (JIMENEZ, 2009).

As paisagens fluviais podem ser consideradas paisagens eminentemente culturais, entendendo que tal característica se manifesta em seu caráter misto, que reúne elementos naturais e culturais. Podem, assim, considerar-se como um produto resultante da combinação de elementos físicos, onde a água sempre é o elemento mais destacado (RIBAS, 2007).

Numa paisagem fluvial o rio outorga características marcantes e significados que podem ser valorados de diferentes maneiras, segundo o sujeito e segundo o ponto de vista, a escala e o momento da observação (RODRIGUEZ RODRIGUEZ, 2012).

Vista de cima, uma paisagem fluvial pode parecer monótona, porém, ao aproximar-se ao rio essa percepção vai sendo modificada e marcada pela heterogeneidade e riqueza que se alternam nas diversas morfologias do canal e das margens (DUPUIS-TATE, FISCHESSE, 2003), na lâmina de água (maior ou menor velocidade), formações ribeiras com diversidade estrutural e composição florística, etc. (RODRIGUEZ RODRIGUEZ, 2012).

Neste sentido, a análise dos espaços fluviais que se apresenta neste estudo metodológico incluirá componentes geográficos, ecológicos e históricos, adotando assim, um enfoque integrado e sistêmico, de dimensão transdisciplinar. Pretende-se identificar e caracterizar as paisagens fluviais de amplo setor da bacia hidrográfica do rio Pitangui (curso pertencente a Bacia Hidrográfica do rio Paraná), de acordo com a metodologia proposta pelos autores Molina & Berrocal (2010), tratando ainda de gerar novos conhecimentos que favoreçam a gestão e conservação destes espaços.

3. ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA

A área escolhida para aplicar a metodologia é o espaço fluvial do curso Rio Pitangui, que situa-se na região Centro-oeste do Estado do Paraná/Brasil (Figura 1). O Rio Pitangui pertence à Bacia Hidrográfica do Rio

Pitangui e possui uma área de 927,3 Km², situando-se entre as latitudes 25°46'40" e 25°49'06" S e as longitudes 49°46'40" e 50°17'38" W. Tem suas nascentes no Primeiro Planalto Paranaense, no município de Castro e percorre os municípios de Carambeí e Ponta Grossa no Segundo Planalto Paranaense, desembocando no rio Tibagi à oeste do estado.

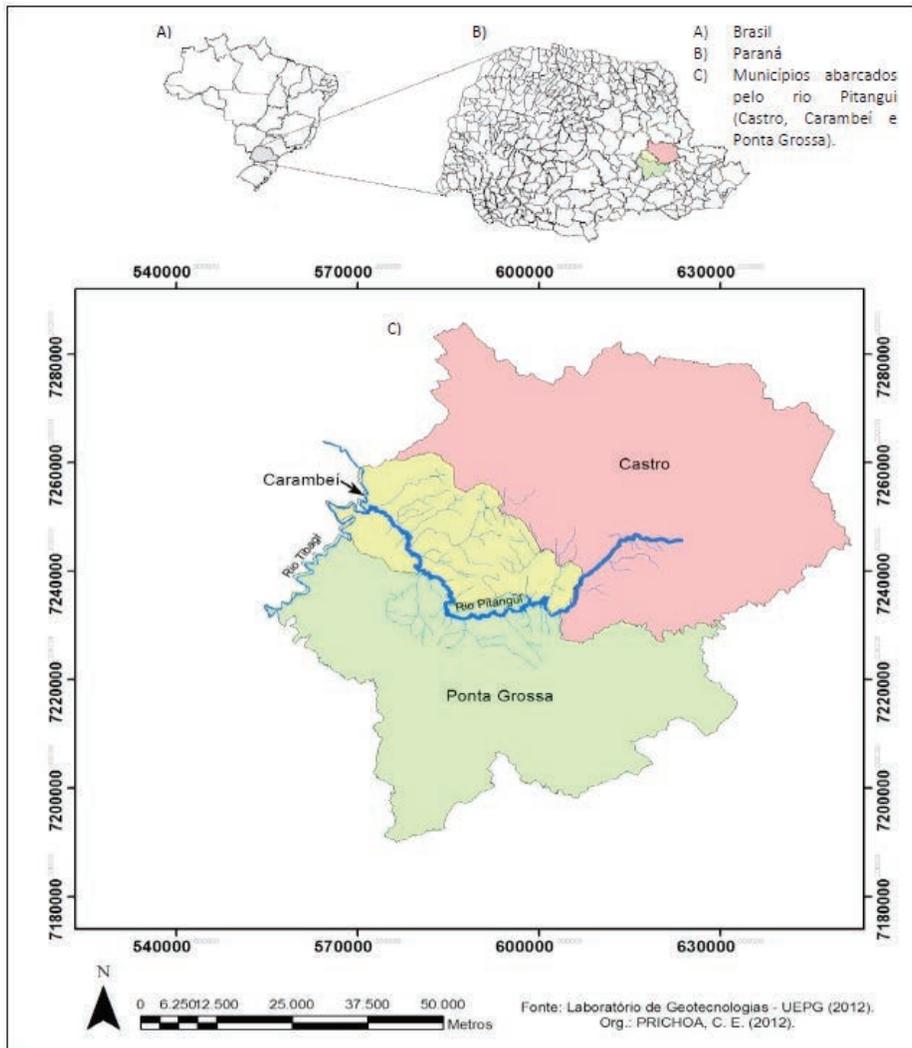


Figura 1 - Localização da área de estudo

O rio Pitangui é um importante curso, pois, além de manter vivo um ecossistema aquático e terrestre de interesse em escala regional, é a prin-

cipal fonte de abastecimento da cidade de Ponta Grossa, cuja população supera os 300 mil habitantes (IBGE, 2010). Em seus 170 km de traçado conta com uma grande infraestrutura hidráulica, a Represa Alagados, que afeta também os rios afluentes Jotuba e São Jorge. O traçado destes rios é controlado por diversas estruturas geológicas, especialmente na transição do Primeiro para o Segundo Planalto¹ Paranaense, onde se situa a Escarpa Devoniana² e mostra um relevo encaixado composto por sumidouros (uma parte do canal do rio Pitanguí flui por um singular canal subterrâneo) e cânions de grande profundidade e verticalidade. Esta diversidade geomorfológica e geológica se manifesta na rede hidrográfica, característica que condicionou historicamente as atividades humanas e, a própria configuração das paisagens fluviais (GEALH *et al.*, 2010).

Comenta-se que antes de apresentar e aplicar a metodologia europeia, se realizará o reconhecimento e caracterização das áreas mediante processamentos digitais das imagens (Sensoriamento Remoto - SR, Sistemas de informação geográfica-SIG e GEOBIA, com o objetivo de reunir toda a informação recopilada sobre os diferentes segmentos, fazendo referência a suas características (físicas, antrópicas, usos, etc.), valores (naturais, como recurso, sociais, etc.) e riscos. Esta técnica visa auxiliar na escolha dos critérios a serem usados posteriormente, além de permitir avaliar as mudanças observadas na paisagem e, assim quantificar as perdas de valor produzidas nos espaços fluviais.

Nesta fase atribui-se especial atenção a GEOBIA, pois trata-se de uma técnica amplamente empregada nos estudos da Ciência Geográfica e áreas afins com o intuito de otimizar os trabalhos exaustivos a campo e gerar resultados fidedignos. A unidade de análise GEOBIA é um objeto de imagem que obtém informações completas, incluindo textura, forma e relações espaciais com objetos vizinhos e dados espaciais auxiliares para diferentes resolução espacial (AGUIRRE- GUTIÉRREZ *et al.*, 2012;

¹ Tipo de relevo com superfícies planas localizadas em alturas elevadas (GEALH *et al.*, 2010).

² A origem do nome se deve à rocha que a sustenta (Formação Furnas) da idade devoniana (cerca de 400 milhões de anos), porém, cabe salientar que a feição de relevo representada pela escarpa é muito mais recente e resultou dos processos erosivos posteriores à ruptura continental entre a América do Sul e a África (< 133 milhões de anos) (GEALH *et al.*, 2010)

BOCK *et al.*, 2005) permitindo a exploração do contexto espacial. Isto é semelhante ao analista humano, que identifica intuitivamente os objetos de uma imagem em vez de pixels individuais, considerando as diferentes propriedades (tamanho, textura, forma) e arranjos espaciais desses objetos para compreender a semântica (MARCEAU, 1999).

A estrutura referente a metodologia de caracterização e valoração das paisagens fluviais será distribuída em quatro partes fundamentais (Figura 2)

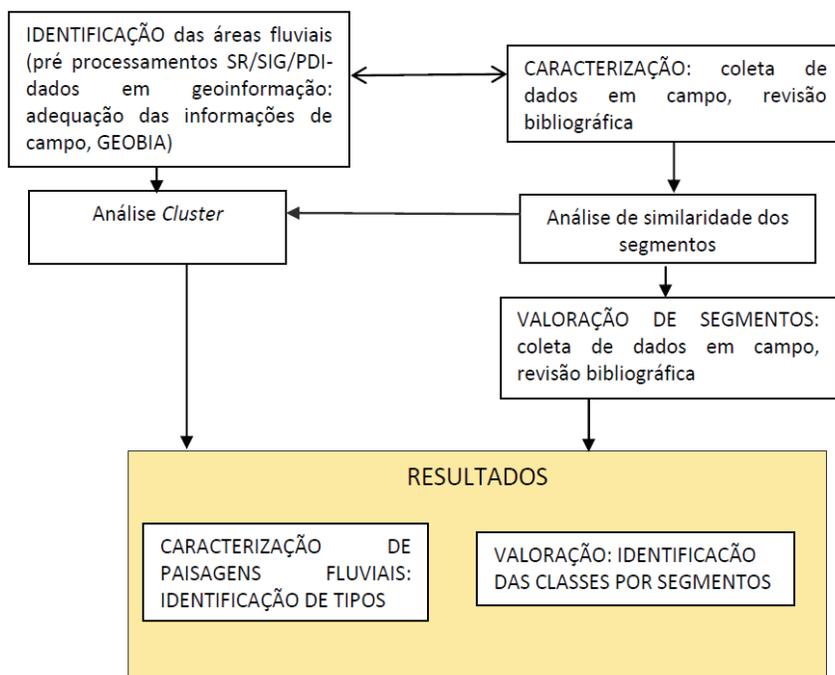


Figura 2 - Etapas a serem seguidas para a análise das paisagens fluviais da bacia do rio Pitangui

A primeira fase de investigação se centra na análise documental, revisando de maneira exaustiva trabalhos de diferentes naturezas vinculados ao tema de estudo. Pretende-se com isso contextualizar adequadamente a pesquisa em termos epistemológicos e, ao mesmo tempo, obter informação que contribua a localizar a zona de estudo em termos paisagísticos, enfatizando seus valores e sua importância.

A segunda parte, a mais extensa, é dedicada especificamente ao rio

Pitangui, analisando-se mediante a documentação e *in loco* as características paisagísticas deste curso e identificando, ainda, áreas relevantes em termos ecológicos, culturais, etnológicos e paisagístico.

Na terceira parte da pesquisa serão identificados e interpretados os diferentes tipos de paisagens existentes nas áreas de análise e se realizará a caracterização básica dos mesmos, assim como a análise de sua distribuição e valor. Incluirá, ainda, propostas genéricas e específicas para sua gestão.

Na última parte da investigação será aplicado ao curso do Pitangui a metodologia empregada nas análises das paisagens fluviais da bacia hidrográfica do rio Tajo (MOLINA & BERROCAL, 2010), em diferentes cursos do rio Duero nas provinciais de Soria e Salamanca (MOLINA, 2007, 2013) e em cursos pequenos da Serra de Guadarrama na vertente de Madrid (MOLINA & BERROCAL, 2006), previamente adaptado para as especificidades da zona de trabalho em questão.

A ideia principal desta metodologia é identificar diferentes tipos de paisagens a partir dos resultados obtidos na análise de similaridade de diferentes variáveis. Dentre os 45 critérios específicos, geralmente, utilizados para as pesquisas na Europa (MOLINA & BERROCAL, 2010) serão determinados aqueles que melhor caracterizarem o meio, agrupando-os em grandes categorias, como:

1. Características gerais;
2. Fatores hidrológicos e hidráulicos (aportações ou contribuições naturais, aportações ou contribuições reais, volume caudal, etc.);
3. Fatores geomorfológicos e topográficos (declividade média do canal, largura do fundo de vale, etc.);
4. Vegetação (tipo de vegetação, comunidades vegetais, estrutura da vegetação, etc.);
5. Agrossistema (irrigação, intensidade produtiva, etc.);
6. Infraestruturas rurais (canais, estradas vicinais, energia);
7. População (áreas urbanas, núcleos tradicionais, existência de núcleos de colonização, etc.).

A adaptação deste método, imprescindível para sua aplicação na área de estudo, deverá, sobretudo, considerar a possibilidade de informação

que, por sua escassez ou natureza poderia condicionar o alcance e tipo das análises a realizar e, em consequência, o caráter dos resultados.

A análise se realizará sobre segmentos fluviais previamente delimitados ao longo do curso do rio, utilizando critérios que fazem parte das categorias acima supracitadas. Mediante esta análise se poderá proceder a divisão longitudinal do curso em setores com limites físicos concretos, facilitando desta forma a identificação posterior de tipos de paisagens fluviais que se realizará mediante análise estatística que utilizará principalmente medidas de similaridade e aglomeração.

3.1. Identificação dos segmentos

Conforme mencionado anteriormente, os critérios básicos para identificação dos segmentos se relacionam com suas características geomorfológicas e hidráulicas, pois, são fatores ecopaisagísticos que se manifestam com clareza no território e permitem realizar uma primeira identificação.

Na zona de análise, estes critérios podem variar em alguns casos, principalmente porque, a região possui grandes contrastes geomorfológicos distribuídos em breves espaços.

A identificação dos segmentos busca, fundamentalmente, coerência territorial e paisagística, não uniformidade na longitude dos setores reconhecidos. Por este motivo, as longitudes dos segmentos identificados podem apresentar diferenças notáveis.

Esta análise se realizará mediante Processamento de Imagem Digital (PDI), Sensoriamento Remoto (SR) e GEOBIA em segmentos de imagens satelitais de diferentes escalas: Resource (resolução espacial 24 metros) e RapidEye (resolução espacial 5 metros). Os resultados dos trabalhos e estudo de processamento de imagens orbitais digitais, Sensoriamento Remoto e técnicas afim, contrastados em campo permitirão diferenciar, na primeira fase, uma quantidade “n” de segmentos paisagísticos para análises paramétricas.

3.2. Critérios e métodos de caracterização de segmentos e identificação de tipos a partir de análise paramétrica

Os critérios considerados na caracterização e identificação de tipos ou de segmentos possuem caráter aberto que permite sua aplicação, tanto no âmbito desta pesquisa como em outros territórios fluviais. Serão itens de aplicação específica ao curso do rio Pitanguí que por sua natureza poderão, também, ser aplicados a cursos de outras bacias hidrográficas brasileiras.

Para a etapa de caracterização dos segmentos se seguirá as seguintes fases:

Fase 1- Estabelecimentos de critérios e classes de valor;

Fase 2- Distribuição de pesos-critérios;

Fase 3- Análise de similaridade dos segmentos;

Fase 4- Representação gráfica da similaridade: identificação de tipos de paisagens fluviais.

A primeira fase consistirá na seleção dos critérios de caracterização, todos vinculados às grandes categorias, já mencionadas anteriormente, salientando que muitos dos critérios serão adaptados à realidade do curso do rio Pitanguí. Em seguida, se atribuirá um peso a cada um dos critérios, de acordo com a relevância que cada um atribui ao espaço resultando numa soma total. Além dos critérios de caracterização será necessário separar em classes de valor, ou seja, atribuir valores a cada classe com possibilidade de dispersão, a fim de que as paisagens fluviais correspondam a realidade local, evitando distâncias irreais. Dentre as pesquisas de âmbito fluvial realizadas na Espanha, destaca-se a aplicação desta metodologia na bacia hidrográfica do rio Tajo (MOLINA & BERROCAL, 2010), onde os critérios de caracterização foram distribuídos em sete grandes categorias conforme mencionadas anteriormente. Para cada um dos itens foi concedido um peso baseando-se na opinião de especialistas das áreas de geografia física, geografia agrária, engenharia civil, arquitetura, ecologia-biologia. Para maiores detalhes referente aos critérios de caracterização consultar Molina *et al.*, (2010).

Uma vez realizada a identificação dos critérios (Fase I) e a distribuição dos pesos (Fase II) se procederá a identificação dos tipos de paisagens

fluviais (Fases III e IV). Para isso, é necessário obter um índice ou medida de similaridade para todos os segmentos analisados. Molina & Berrocal (2010) aplicaram o quadrado da distância euclidiana, e mediante análise multivariada cluster identificaram 12 grupos ou tipos de paisagens fluviais de maior ou menor homogeneidade da bacia hidrográfica do rio Tajo. Pretende-se aplicar, no rio Pitangui, técnicas estatísticas similares uma vez que, os resultados de aplicações anteriores demonstraram coerência.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Este método de identificação, caracterização e valoração de paisagens de âmbito fluvial desenvolvido e implementado pelo Convênio Europeu de Paisagens e aplicado aos rios da Espanha, está sendo adaptado para aplicação em paisagens fluviais do Brasil, mais precisamente no curso do rio Pitangui- Paraná. Trata-se de uma pesquisa de doutorado em fase inicial de aplicação, por isso, ainda não se determinou os critérios e sua distribuição junto as categorias.

Como comentado anteriormente, para auxiliar na caracterização da área e escolha dos critérios, foram realizados estudos de modelagem, interpretação digital (PDI e SR) e GEOBIA. Abordar-se-á neste estudo, principalmente, o emprego da GEOBIA, uma vez que julga-se como técnica inovadora neste tipo de pesquisa. Destaca-se que tem-se conhecimentos comprovado a campo de algumas características físicas e de uso e ocupação da área, uma vez que a mesma foi objeto de estudo de pesquisas anteriores.

A técnica GEOBIA salienta mediante a geometria dos objetos as características relacionadas ao uso e ocupação do solo. Cada objeto representa uma feição do mundo real, e as características desses objetos são transformados em propriedades numéricas (descritores) baseados na intensidade, e em características espaciais. As unidades de processamento de base das imagens (regiões ou objetos) permitem revelar a organização do sistema natural ou físico das unidades de paisagem, podendo ser

efetuada, posteriormente, a etapa de classificação da área.

Neste sentido no curso do Pitangui podem-se encontrar contrastes ecopaisagísticos como: áreas de vegetação natural (florestas), áreas agricultáveis, porção urbana, existência de hidrelétrica, relevo suave a fortemente ondulado propiciando maiores ou menores índices de declividades, diferentes tipos geológicos, os quais desencadeiam fatores hidrológicos e hidráulicos diversos.

A implementação da técnica GEOBIA, neste estudo, contribui para a escolha dos critérios pertinentes, principalmente, às categorias 3 (fatores geomorfológicos e topográficos) e 7 (população) do método europeu. Porém, salienta-se que, nesta pesquisa, realizou-se apenas a descrição da metodologia tanto abordando o método europeu quanto a inserção da técnica GEOBIA, uma vez que para adaptação integral da metodológica, requerem-se outros dados (já mencionados) relacionados a área de estudo, além da pesquisa de campo, a qual se realizará em meados de 2015.

A imagem correspondente a bacia hidrográfica do rio Pitangui na qual faz parte a área de estudo pode ser observada na Figura 3 (A). Mediante parte da cena do Satélite Resource pode-se visualizar os três compartimentos geológicos da região (PPP, ES e SPP), escalonados de leste para oeste. Trata-se de uma área com características físicas particulares, apresentando diversidade estrutural, e, por isso, desencadeando diferentes aproveitamentos; características apropriadas para aplicação do método mencionado. A Figura 3 (B) representa um segmento de imagem do Satélite Rapideye escolhido para realizar as primeiras análises, a fim de, identificar os elementos dominantes da paisagem fluvial, para, em seguida estabelecer as categorias e os critérios a serem utilizados neste método. Como já comentado anteriormente, a técnica GEOBIA Figura 3 (C) está sendo utilizada/testada neste âmbito, a fim de contribuir com a escolha dos critérios, uma vez que os objetos contêm informações espaciais, espectrais e de textura e proporcionam interpretação similar ao olho humano. Nota-se nos destaques (círculos) das imagens exibindo áreas nível de pixel Figura 3 (B) e nível objeto Figura 3 (C), representan-

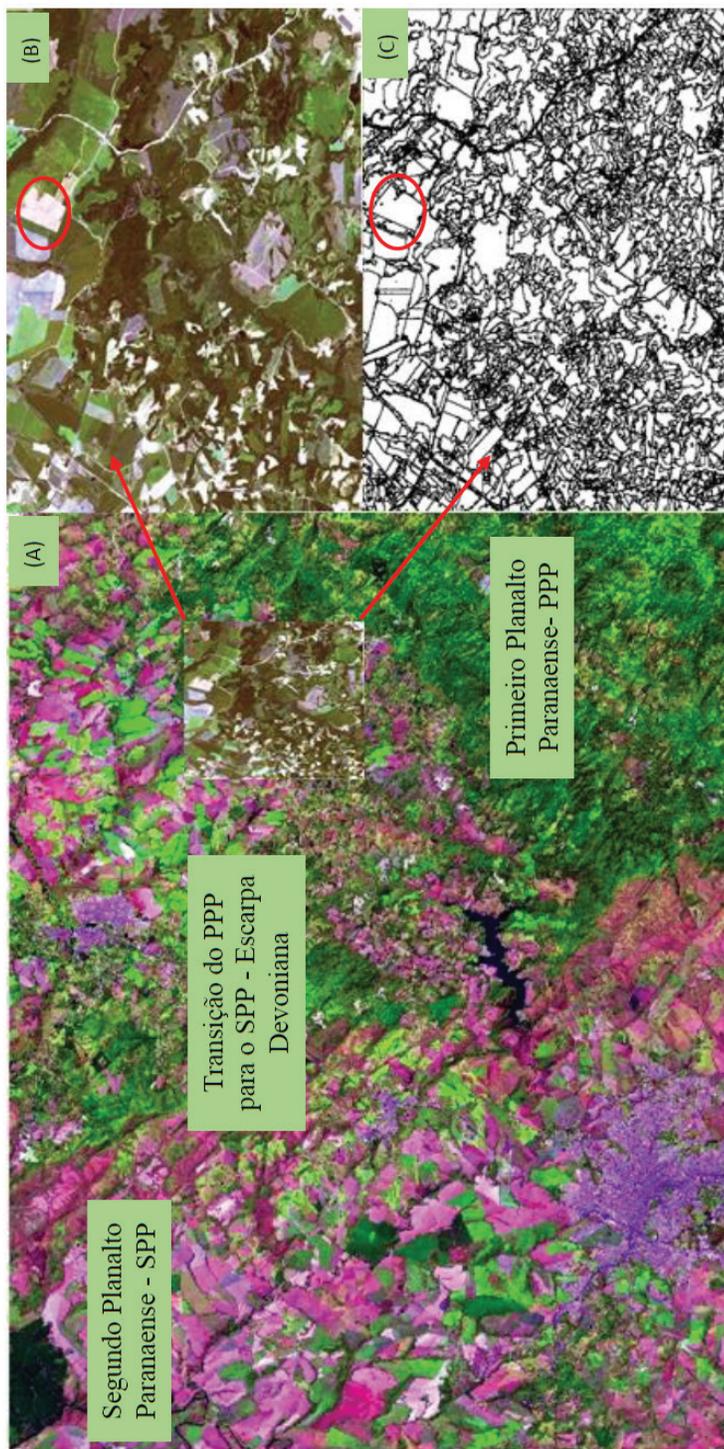


Figura 3 (A) - Parte de cena (Resource) pertencente a área total da bacia hidrográfica do rio Pitangui e abarcando os 3 compartimentos geológicos: Primeiro Planalto Paranaense, Escarpa Devoniana e Segundo Planalto Paranaense. A Figura 3 (B) representa segmento fluvial (nível pixel - Satélite Rapideye) escolhido para aplicação das técnicas preliminares PDI, análise visual e GEOBIA. A Figura 3 (C) representa o mesmo segmento em nível objeto, ou seja, as características da imagem passaram de pixel para propriedades numéricas. Os círculos Figuras III (A,B) destacam a forma espacial em nível de pixel e nível objeto de uma porção destinada a agricultura.

do uma região propícia a agricultura, identificada principalmente pela forma retangular dos objetos. Neste segmento em particular, os objetos de tamanhos maiores aludem áreas agricultáveis, enquanto os objetos menores coincidem com porções de vegetação intensa e/ou áreas de relevo movimentado.

Neste sentido, baseando-se nos descritores espaciais, espectrais e texturais extraídos mediante técnica GEOBIA, e, aplicando-a nos demais segmentos ao longo do curso do rio Pitangui é possível estimar a relevância dos elementos na formação das paisagens fluviais da região, ou seja, avaliar a influência que cada um confere aos espaços, pois mesmo que existam diferenças significativas entre paisagens fluviais europeias e brasileiras, os fatores que condicionam determinados tipos paisagísticos não costumam mudar drasticamente. E a partir desta análise proceder com o método europeu de identificação, caracterização e valoração das paisagens fluviais.

5. CONSIDERAÇÕES FUTURAS

Como forma de prosseguir com o tema desta tese, em futuros trabalhos serão abordados os critérios e as categorias a que cada um pertence, juntamente com as respectivas classes de valor.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - pelo incentivo financeiro para esta pesquisa de doutorado Pleno no Exterior.

BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE-GUTIÉRREZ, Jesus *et al.* (2012) - Optimizing landcover classification accuracy for change detection, a combined pixel-based and object-based approach in a mountainous area in Mexico. *Applied Geography* v.34, 29-37.

- Bock, Michael *et al.* (2005) - Object-oriented methods for habitat mapping at multiple scales - case studies from Northern Germany and Wye Downs, UK. *Journal for Nature Conservation* v. 13, 75-89.
- CASIMIRO, Corbacho *et al.* (2003) - "Patterns of structural complexity and human disturbance of riparian vegetation in agricultural landscapes of a Mediterranean area". *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 95, p. 495-507.
- DUPUIS TATE, Marie France (1998) - Le paysage fluvial des paysagistes d'ménagement. *Revue de Géographie de Lyon*, 73, p. 285-291.
- DUPUIS TATE, Marie France & FISCHESSE, Bernard (2003) - *Revières et paysages*. La Martinière, 344p.
- GEALH, Ana. Maria. *et al.* (2010) (Orgs.) - Pitangui, rio de contrastes: seus lugares, seus peixes, sua gente. 199 págs. Ponta Grossa: Ed. UEPG.
- GRANERO MARTÍN, Francisco (2008) - *Agua y Territorio. Arquitectura y paisaje*. Universidad de Sevilla. Sevilla, 197 p.
- HORDEN, Peregrine & PURCELL, Nicholas (2001) - *The Corrupting Sea*. Blackwell. Oxford.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE (2010) - Resultados do Censo. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_parana.pdf. Acesso em: Abril/2011.
- JIMÉNEZ HERRERO, Luis (2009) *Patrimonio natural, cultural y paisajístico. Claves para la sostenibilidad territorial*. Observatorio de la Sostenibilidad en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino; Fundación Biodiversidad; Fundación de la Universidad de Alcalá de Henares.
- KNOPE, Fritz. L. *et al.* (1988) - Conservation of riparian ecosystems in United States. *Willson Bulletin*, v. 100, p. 272-284.
- LAUREANO, Pietro (2005) - *Atlas Del Agua. Los conocimientos tradicionales para combatir la desertificación*. UNESCO-Laia Libros. Barcelona.
- MARCEAU, Danielle. (1999) - The scale issue in social and natural sciences. *Canadian Journal of Remote Sensing* v. 25, 347-356.
- MOLINA HOLGADO, Pedro (2007) - *Los paisajes fluviales de la ribera del Duero en la provincia de Soria*. Fundación Duques de Soria. Informe Inédito.
- MOLINA HOLGADO, Pedro *et al.* (2010) - *Los paisajes del Tajo*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino, 358p.
- MOLINA HOLGADO, Pedro (2013). *Los paisajes fluviales del Oeste Salmantino*. En, C. Sanz (dir): *Talleres de paisajes en la provincia de Salamanca*, UAM Ediciones. Madrid. p. 139-291.

- MOLINA HOLGADO, Pedro & BERROCAL MENÁRGUEZ, Ana Belén (2006) - Los efectos ambientales de La regulación de los cursos de la cabecera de la cuenca del Tajo: la reducción de los bosques aluviales del Tajo-Jarama. III Congreso de Ingeniería Civil, territorio y Medio Ambiente. Madrid.
- MOLINA HOLGADO, Pedro & BERROCAL MENÁRGUEZ, Ana Belén (2010) - Dinámica fluvial, propiedad de la tierra y conservación del paisaje aluvial en el entorno de Aranjuez (Madrid, Toledo). Estudios Geográficos.
- NAIMAN, Robert et al (1993) - "The role of riparian corridors in maintaining biodiversity". Ecology Appl., v. 3, p. 209-212.
- PARLAMENTO EUROPEU, Consejo de la Unión Europea. Directiva/2000 CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diálogo Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE), 2000. 72 p.
- RIBAS, Ana (2007) - Los paisajes del agua como paisajes culturales. Conceptos, métodos y experiencias prácticas para su interpretación y visualización. Apogeo: Revista da Associação de Professores de Geografia, 32: 39-48.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Jesús (2012) - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente - Confederación Hidrográfica del Guadalquivir Universidad de Sevilla. Centro de Estudios Paisaje y Territorio. Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Universidades Públicas de Andalucía. Sevilla, 351 p.

SESSÃO 3

COMUNICAÇÕES CURTAS

ARTIGO 8

O CADASTRO AMBIENTAL RURAL COMO NOVA ETAPA DO PLANEJAMENTO TERRITORIAL AMBIENTAL BRASILEIRO

SANTOS, João Paulo de Faria

Diretor do Departamento de Apoio ao Conselho Nacional do Meio Ambiente
Ministério do Meio Ambiente (Brasil)
Esplanada dos Ministérios, Bloco "B" - 9º Andar
70.068-900 Brasília - DF - Brasil
Tel: +51 61 2028-1358; e-mail: joao.santos@mma.gov.br

RESUMO

Esse artigo curto se propõe a apresentar as inovações jurídicas e possibilidades institucionais que se consolidaram com a instituição do Cadastro Ambiental Rural (CAR) no Brasil, nacionalmente criado pela Lei 12.651/2012. Em especial, firma-se a convicção de que o planejamento territorial é, finalmente, levado a sério no Brasil, com novos instrumentos cartográficos e jurídicos, modificando o paradigma do controle e fiscalização das infrações ambientais. Por fim, o autor se propõe a apresentar os passos ainda necessários de normatização e hermenêutica fundamentais para que o CAR cumpra o seu papel.

PALAVRAS-CHAVE

Controle ambiental, Direito ambiental, Código florestal brasileiro, Cadastro ambiental, Planejamento territorial.

THE AGRARIAN ENVIRONMENTAL REGISTRY AS A NEW STAGE OF THE BRAZILIAN ENVIRONMENTAL TERRITORIAL PLANNING

ABSTRACT

This short paper aims to present legal innovations and institutional possibilities that have been consolidated with the establishment of the Agrarian Environmental Registry (CAR) nationally created by the Law 12.651/2012, in Brazil. In particular, it shows the conviction that territorial planning has finally been taken seriously in Brazil, with new map and legal instruments, changing the paradigm of command and control of environmental violations. Finally, the author presents steps that are still necessary to regulation and fundamental hermeneutic for CAR to fulfill its role.

KEYWORDS

Environmental control, Environmental law, Brazilian forest code, Environmental registry, Territorial planning

1. INTRODUÇÃO

O Cadastro Ambiental Rural (CAR), criado nacionalmente pelo art. 29 da Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 (conhecida como Novo Código Florestal Brasileiro), foi um dos poucos pontos - quiçá o único - aclamados como avanço ambiental da nova lei florestal brasileira.¹ Em vários aspectos, essa aclamação tem uma razão de ser sub-reptícia de mudança paradigmática, na qual o combate ao ilícito ambiental entra em uma fase de diversificação de instrumentos e, especialmente, ganha um formato mais estratégico, baseando-se no planejamento e conhecimento do território. O CAR, em conjunto com o Novo Código Florestal, está inaugurando, ou consolidando, uma nova política ambiental, menos baseada no comando e controle e mais em um geodireito que se pauta inexoravelmente na participação democrática sobre os destinos e usos do território.

¹ “Apesar das inúmeras críticas que o novo Código Florestal Brasileiro recebeu durante sua tramitação no Congresso Nacional, pelo menos no que se refere ao Cadastro Ambiental Rural houve um avanço significativo da legislação” (TRENNEPOHL, 2012, 299)

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

Nesse sentido, a tese principal do presente artigo - de que o Cadastro Ambiental Rural (CAR) é um marco de transição, na política ambiental brasileira, do mero comando e controle para um geodireito planejado - parte de uma análise histórica das demais legislações florestais que vigoraram no Brasil ao longo do Século XX. O início de nossa argumentação estará ancorada em uma análise histórica mais além dos dispositivos e mecanismos de controle, colocando luzes na (falta de) legitimidade e cosmovisões silentes.

No debate dessas cosmovisões, analisaremos, por um lado, conceitos e preconceitos que permearam a vigência de leis ambientais repressivas e, por outro, a forma como o Código Florestal e o Cadastro Ambiental Rural (CAR) terminam por oferecer outra visão sobre o problema ambiental, partindo de pressupostos socioeconômicos preocupados com o planejamento territorial.

A partir disso, o debate ocorrerá também ao relacionar o CAR (no contexto do Código Florestal) como um amadurecimento administrativo que percebe a questão ambiental como um espaço econômico a necessitar de múltiplos instrumentos estatais. Instrumentos estatais que não sejam somente repressivos, mas também, e especialmente, indutivos, chamados de incentivos econômicos pela Lei 12.651/2012.

A seguir, o artigo passa a apresentar dados atuais de instalação do sistema do Cadastro Ambiental Rural, em especial informações técnicas necessárias à sua ativação. Insere ainda o CAR no Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA) e traz dados mais precisos sobre o geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente e suas regras jurídicas de utilização.

Por fim, o artigo se volta a refletir sobre os passos ainda a serem trilhados para a efetivação do Cadastro Ambiental Rural no Brasil.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada no artigo, típica das ciências sociais, parte

de estudo referencial de fontes bibliográficas primárias e secundárias, além de análise hermenêutica ambiental da normas legais e infra-legais brasileiras típica do direito.

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS: HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO FLORESTAL BRASILEIRA

A Lei 12.651/2012, conhecida como Novo Código Florestal Brasileiro, passou por mais de uma década de debates e votações no Congresso Nacional, ganhando assim a característica de ser o primeiro Código Florestal da República Brasileira com contornos democráticos e constitucionais, inserindo-se no debate parlamentar de forma exaustiva.

Bom resumo do longo trâmite legislativo nos trazem Leuzinger e Cureau (2013, 163-164), cujos pontos centrais da narração inicial e final reproduzimos:

“Em 19/10/1999, o Deputado Sérgio Carvalho, do PSDB/RO, apresentou o Projeto de Lei nº 1876 ao Congresso Nacional, que revogava o Código Florestal de 1965 e alterava a Lei de Crimes Ambientais. [...] Após diversos incidentes, o PL foi votado pelo Plenário em 11/05/2011, quando foram apresentadas 186 Emendas de Plenário. [...] Em 24/05/2011, foi aprovada a redação final, assinada pelo Relator Aldo Rebelo [...] Em 25 de maio de 2012, a redação final do PL foi transformada na Lei ordinária nº 12.651”.

Cumprе ressaltar que, após o debate no Parlamento, se seguiu uma ativa participação da Presidenta da República Dilma Rousseff, tanto por meio de vetos parciais quanto pela edição complementar da Medida Provisória 571, de 25 de maio de 2012, posteriormente convertida na Lei 12.271/2012.

Com diferente trâmite, as legislações florestais anteriores, que se pautavam de forma exclusiva em um comando e controle rígido, uma fiscalização intensa e um paradigma silente de que a questão ambiental no fundo seria meramente moral, foram todas construídas em regimes

autoritários. Assim o foi o Decreto 23.793, de 23 de Janeiro de 1934, editado pelo governo provisório de Getúlio Vargas, sem participação do parlamento. De igual forma, o foi a Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965, publicada já no período da ditadura militar brasileira pelo Presidente Marechal Humberto Castello Branco, diante de um Congresso acertadamente temeroso e que veria extinto o pluripartidarismo e desativados todos os partidos políticos no mês seguinte à aprovação do Código Florestal, com a edição, pela ditadura, do Ato Institucional nº 2. O clima democrático estava distante daquele Parlamento amedrontado de então.

Essa forma de edição de leis ambientais não foi isoladamente estabelecida pelas duas leis citadas, mas seguia um padrão repetido pela maioria das leis e códigos referentes ao meio ambiente.² A discussão não era democrática e o território e seus usos eram assuntos dos ditadores da época ou, no máximo, de especialistas tecnocráticos, nunca objeto do debate democrático.

Na prática, isso definia uma legislação e um aparelhamento estatal que tratava a questão ambiental, especialmente a questão agroambiental, como questão de polícia, buscando endurecer cada vez mais a fiscalização, a fim de corrigir um problema resumido a mero desvio de conduta.

Nem mesmo a modernização da administração pública empreendida pelo Governo Fernando Henrique Cardoso (1994-2002) conseguiu demolir a mentalidade meramente punitiva - e ineficaz - que imperava na administração ambiental. Somente com o advento da Lei 12.651/2012, em trâmite desde a época do Presidente Fernando Henrique, foi possível trazer novas luzes ao tema, especialmente por seu intenso debate com a maioria dos agentes econômicos envolvidos, especialmente os empreendedores rurais.

Essa multiplicidade de interesses, possibilitada por um geodireito (aqui entendido como o espraiamento no território dos direitos fundamentais, entre os quais o direito a um meio ambiente sustentável) que se dispunha a discutir o território democraticamente, criou condições para que a era

² No mesmo sentido, aprovado pela Ditadura de Vargas, o Código de Águas (Dec. 24.643/34), o Código de Minas (Dec. 24.642/34). Já na vigência da Ditadura Militar, foram editadas a Lei de Fauna (Lei 5.197/67), a Lei de Criação do IBDF, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (Dec. 289/77), e a Lei da Secretaria Especial de Meio Ambiente (Dec. 73.030/70).

posterior ao Novo Código Florestal, em suas necessárias regulamentações, se posicionasse como marco zero da gestão ambiental brasileira. Em primeiro lugar, por trazer novos princípios como o da isonomia ripária (corolário do princípio da Rio-92 das responsabilidades comuns, porém diferenciadas) e, em segundo, por entender o empreendedor rural como um agente econômico como outro qualquer, confrontado com aspectos socioeconômicos em sua tomada de decisão. Sob esses pressupostos, impôs-se a necessidade de um planejamento territorial de usos economicamente sustentáveis para a população e para o setor empresarial rural.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS: A LEI 12.651/2012 E O CADASTRO AMBIENTAL RURAL, UMA NOVA POLÍTICA AMBIENTAL

A inauguração de uma nova política ambiental, orientada para o planejamento territorial estratégico, tem seu histórico marcado pela onda constitucional verde (Portugal em 1976 - artigo 66, 2, b - e Grécia em 1975 - artigo 24,2) e tem, na indução de certas atividades em certas áreas conhecidas e priorizadas, seu eixo estruturante.

A Lei 12.651/2012 visivelmente busca isso, diminuindo o enfoque do comando e controle e construindo instrumentos econômicos que se preocupem com a aplicabilidade e a eficácia da legislação ambiental.

É nesse sentido que o CAR se torna pressuposto dessa política. Quando se deseja a superação do monopólio da política do comando e controle (uma espécie de 'Leviatã' ambiental, sempre antidemocrático, como visto na história brasileira), o desafio governamental deve se centrar na precisão das informações. Não haverá planejamento no Brasil sem que se conheçam as mais de 5 milhões de propriedades rurais no território nacional. Nesse sentido, afirma Trennepohl, 2012, 295: "o desconhecimento das propriedades rurais no Brasil, em termos de titularidade, limites físicos e características ambientais era uma das maiores fragilidades para o planejamento e a implementação efetiva de políticas de governo, tanto na defesa do meio ambiente quanto na produção agropecuária".

Assim, a construção de um cadastro ambiental passa primeiro pela obtenção de maior qualidade nas informações geoespaciais do território

brasileiro. O sensoriamento remoto via satélite foi, então, aprimorado pela inclusão do Cadastro Ambiental Rural, por força do art. 29 da Lei 12.651/2012, no SINIMA (Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente), com o objetivo de agregar o CAR como reforço ao acesso à informação ambiental (SARLET & FENSTERSEIFER, 2014). A inserção no SINIMA, além disso, gerou a integração nacional do sistema (anteriormente já haviam existido no Brasil 21 experiências de cadastros ambientais, sempre no âmbito estadual) e trouxe a possibilidade da compra de novas imagens, por meio do Contrato MMA 30/2012.

Essas imagens formam o Geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente, que conta com os resultados mais precisos (escala 1:5m) dos chamados satélites Rapid Eye, em órbita desde 2008. Essas imagens foram importantes para a formação de um cadastro útil por: 1) coincidirem com o marco temporal do novo Código Florestal de 22 de julho de 2008 (art. 59, § 4º) e 2) terem um preço acessível à administração pública, tendo em vista serem imagens de catálogo, com um ano de defasagem. Isso possibilitou, inclusive, ao Ministério do Meio Ambiente, uma quebra do monopólio de compras de imagens, com o compartilhamento com outros órgãos e entidades federais e estaduais.

O Cadastro Ambiental Rural, então, com a superação de requisitos técnicos já concluída, entrará em vigor por ato do Ministro do Meio Ambiente, após oitiva do Ministério do Desenvolvimento Agrário e do Ministério da Agricultura (art. 21 do Decreto 7.830, de 17 de outubro de 2012), ainda não editado até a presente data. Nas palavras de Lehfeld *et al.* (2013, 193): “Muito embora tenha sido fixado prazo para que os proprietários de imóveis rurais promovessem o seu registro no CAR, o marco inicial desse prazo, que é a implantação do cadastro, não teve um momento definido pela lei, destacando o Decreto 7.830/2012 apenas o ato do Ministro do Meio Ambiente que definirá a data a partir da qual será considerado implantado o CAR”.

A partir dessa vigência, o CAR terá consequências diretas no comando e controle, trazendo a vedação a novas supressões e a impossibilidade de quaisquer créditos agrícolas a imóveis não cadastrados (art. 78-A da Lei 12.651/2012). A limitação creditícia agrária coaduna com a perspectiva dos

Princípios do Equador e, no Brasil, desde a Circular BACEN 3547/2011, da contabilidade dos riscos ambientais pelas instituições financeiras.

Todavia, as principais consequências do Cadastro Ambiental Rural estarão voltadas à indução econômica, ou seja, à possibilidade de incentivos econômicos em um “esverdeamento” da política agrícola brasileira:

“Dessa forma, pode-se afirmar que o conhecimento da localização das propriedades e posses rurais em todo o País terá uma utilidade significativa para o planejamento de políticas públicas de proteção ambiental; mas, certamente, também servirá de insumo importante para direcionar investimentos e incentivos governamentais, planejar obras de infraestrutura e prever a expansão de novas fronteiras de crescimento da atividade produtiva” (TRENNEPOHL, 2012, 295)

Nesse sentido, além de incentivos tributários novos (art. 41, III da Lei 12.651/2012), o Código Florestal atual traz, para os cadastrados no CAR, a possibilidade de pagamento de serviços ambientais em várias formas (art. 41 da Lei 12.651/2012). E a principal delas estará voltada à compensação da reserva legal, em que um passivo de espaço ambiental a ser protegido em uma propriedade poderá ser compensado em outra, formando um mercado verde a remunerar a proteção ambiental. Todavia, assim como a vigência do CAR, o efetivo pagamento desses serviços ambientais também depende de regulamentação infra-legal do Poder Executivo Federal ainda não editada.

6. CONCLUSÃO

Nesse sentido, conclui-se que o Cadastro Ambiental Rural trará novas possibilidades de planejamento territorial democrático, inaugurando uma nova visão de geodireito na política ambiental brasileira. Já contando com recursos suficientes do ponto de vista técnico e geoespacial, correta está a noção, se entendida do ponto de vista estritamente jurídico, explanada por Antunes (2013, 185): “É um instrumento importante, porém, ainda longe da implementação necessária”. Não há como negar que ainda há alguns avanços normativos a serem realizados, especialmente a edição

de ato que dê vigência ao CAR.

A edição urgente desse decreto de vigência é hoje ato fundamental para que a visão de que é possível um aproximação mais socioeconômica e menos moralista/repressiva sobre a questão ambiental no meio rural prospere. É uma novidade histórica no Brasil e, como toda novidade, precisa de vontade política e empenho para que se consolide. Entretanto, finalizamos reafirmando que uma nova etapa de planejamento territorial ambiental está lançada no Brasil: uma nova inteligência ambiental é hoje possível, especialmente pela pactuação democrática da Lei 12.651/2012, envolvendo todos os setores, de consumidores a produtores agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

- ANTUNES, Paulo de Bessa (2013) - Comentários ao Novo Código Florestal. Atlas, São Paulo. 341 p.
- LEHFELD, Lucas de Souza *et al.* (2013) - Código Florestal comentado e anotado. Método, 2ª ed., São Paulo, 368 p.
- LEUZINGER, Márcia & CUREAU, Sandra (2013) - Direito Ambiental. Elsevier, Rio de Janeiro, 373 p.
- SARLET, Ingo & FENSTERSEIFER, Tiago (2014) - Democracia Participativa e Participação Pública como Princípios do Estado Socioambiental de Direito. Revista de Direito Ambiental, Vol. 73/2014, p. 47.
- TRENNEPOHL, Curt (2012) - Do Cadastro Ambiental Rural, in: MILARÉ, Édis & MACHADO, Paulo Affonso Leme (coord.): Novo Código Florestal, São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 512 p.

ARTIGO 9

ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS: A NECESSIDADE DA CORRETA DELIMITAÇÃO E DIVULGAÇÃO DO ESPAÇO DESTINADO AO PLANTIO COMO MECANISMO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

NOGUEIRA, Luana P.

Mestranda em Direito pela Universidade de Coimbra,
Pç. Porta Férrea, 3004-530 Coimbra, Portugal
Tel: +351 913637143; email: Luana-pn@hotmail.com

RESUMO

O cerne do presente trabalho é a possibilidade ou não de co-existência de culturas naturais ou biológicas, entendam-se estas como organismos não modificados geneticamente por manipulação do homem com culturas de organismos geneticamente modificados, sendo muito debatida a questão da migração genética. Sabe-se que a proximidade entre as espécies e a possibilidade de polinização podem gerar a migração genética entre as culturas e este efeito seria nefasto. Nesse sentido, o presente estudo pretende analisar as possibilidades de uma correta delimitação das áreas de plantio de organismos geneticamente modificados e de organismos não geneticamente modificados, de forma que se possa estabelecer uma distância segura entre elas, a qual permita o cultivo de ambas as espécies sem prejudicar a biodiversidade e conseqüentemente a segurança alimentar. Ato contínuo, pretende enfatizar-se a necessidade de um sistema de monitorização e divulgação para o conhecimento público das áreas em que é realizado o cultivo dos alimentos modificados, mais claramente fazer uso da Diretiva Inspire.

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_9

PALAVRAS-CHAVE

Organismos geneticamente modificados, Miscigenação genética, Biodiversidade, Correta delimitação do espaço, Inspire.

ORGANISMS GENETICALLY MODIFIED: THE NEED FOR CORRECT DELINEATION AND DISSEMINATION OF SPACE FOR THE PLANTING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION MECHANISM

ABSTRACT

The focus of this study is whether or not the co- existence of natural or organic crops , they understand themselves as non-GMOs by manipulation of man with crops genetically modified organisms being hotly debated the issue of genetic migration . It is known that the close proximity between the species and the possibility of genetic pollination can generate migration across cultures and this effect would be detrimental. In this sense, the present study aims to analyze the possibilities of a correct delineation of areas for planting of genetically modified organisms and non-genetically modified organisms, so that we can establish a safe distance between them, which allows the cultivation of both species without harming biodiversity and therefore food security. Immediately thereafter , meant to emphasize the necessity of a system of monitoring and disclosure to the public knowledge of the areas in which the cultivation of modified foods, more clearly make use of the Inspire Directive is performed.

KEYWORDS

Genetically modified organisms, Genetic admixture, Biodiversity, Correct delineation of space, Inspire.

1. INTRODUÇÃO

A evolução em termos de produção alimentar tem sido uma constante nos últimos séculos, passamos da era rudimentar, baseada na pequena plantação destinada apenas ao consumo familiar, até a atual explosão da indústria alimentar presente no século XXI. O alimento deixou de ser um cultivo destinado aos pequenos grupos (aldeias) e passou à escala global, sendo permitida a sua produção e envio para todos os cantos do globo.

Juntamente a este fenômeno de globalização da produção e da cir-

culação de produtos alimentares ocorreram as grandes descobertas da ciência, que propiciaram desde a clonagem animal até os melhoramentos alimentares.

Objeto de grande controvérsia quanto a sua segurança ou não para o meio ambiente e seres humanos, os organismos geneticamente modificados¹ são um exemplo da evolução em termos de alimentos.

Por ainda se tratarem de certa “novidade”, os organismos supracitados deixam dúvidas quanto à sua concreta não lesão ao meio ambiente e à saúde humana. Se seu plantio pode ou não gerar danos ao solo, às demais espécies, aos humanos, aos ecossistemas em geral é uma incerteza que leva muitos a se manifestarem contrariamente à sua liberação, sob a alegação de precaução para com o ambiente, a biodiversidade e a segurança alimentar.

Analisar todas as possibilidades envolvidas no cultivo desses alimentos não se faz possível no presente trabalho, sendo conveniente referir-se apenas que severas são as normas às quais são expostos antes de sua aprovação e liberação no mercado, de forma a se buscar ao máximo a certeza de que não oferecem riscos graves. Evidente, contudo, a impossibilidade da absoluta asserção, uma vez que os danos ambientais geralmente são percebidos ao longo do tempo e com a monitorização dos espaços e espécies.

O cerne deste trabalho e também alvo de grandes questionamentos é a possibilidade ou não de co-existência de culturas naturais ou biológicas, entendam-se estas como organismos não modificados geneticamente por manipulação do homem com culturas de organismos geneticamente modificados, sendo muito debatida a questão da migração genética.

¹ Os Organismos Geneticamente Modificados são organismos manipulados geneticamente, de modo a favorecer características desejadas, como a cor, tamanho etc. Os OGMs possuem alteração em trecho(s) do genoma realizadas através da tecnologia do RNA/DNA recombinante ou engenharia genética. Disponível online em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Organismos_geneticamente_modificados (acedido em 07 Março, 2014). De acordo com a Diretiva 2001/18/CE, em seu artigo 2º, nº II - "Organismo geneticamente modificado" (OGM), qualquer organismo, com exceção do ser humano, cujo material genético tenha sido modificado de uma forma que não ocorre naturalmente por meio de cruzamentos e/ou de recombinação natural. Disponível online em: http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=PT&numdoc=301L0018&model=u_chett (acedido em 11 Março, 2014)

Sabe-se que a proximidade entre as espécies e a possibilidade de polinização podem gerar a migração genética entre as culturas e este efeito seria nefasto, uma vez que a manutenção da integridade genética das culturas naturais é de fundamental relevância.

Nesse sentido, o presente estudo pretende analisar as possibilidades de uma correta delimitação das áreas de plantio de organismos geneticamente modificados e de organismos não geneticamente modificados, de forma que se possa estabelecer uma distância segura entre elas, a qual permita o cultivo de ambas as espécies sem prejudicar a biodiversidade e conseqüentemente a segurança alimentar.² Ademais, admite-se também como meio de manutenção da aludida segurança a utilização de técnicas de bloqueio da polinização.

Ato contínuo, pretende enfatizar-se a necessidade de um sistema de monitorização e divulgação para o conhecimento público das áreas em que é realizado o cultivo dos alimentos modificados, mais claramente fazer uso da Diretiva Inspire.³

Para isso, faz-se necessária uma abordagem acerca do princípio da precaução, da prevenção, da informação, do afastamento preventivo e da integração ambiental, como forma de manutenção da segurança alimentar e da biodiversidade no cultivo de organismos geneticamente modificados, bem como uma clara demonstração da importância de um trabalho conjunto do Direito com a Geografia, ou seja, o Geodireito.

2. ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS

Os organismos geneticamente modificados são resultado de um avanço da ciência que, em princípio, permite, através de uma determinada mani-

² Aqui, no sentido de que o indivíduo não seja obrigada a consumir alimentos geneticamente modificados em virtude da impossibilidade de cultivo dos orgânicos ou biológicos devido a contaminação das culturas por genes modificados.

³ Diretiva Inspire criada no intuito de estabelecer um nível de proteção elevado e dar cumprimento ao princípio da integração ambiental, é um mecanismo que permite o acesso a dados infra-estruturas, sobre instalações poluentes, sobre epidemiologia, sobre valores naturais, dentre outros. Cria uma infra-estrutura de informação geográfica na União Européia. Diretiva 2007/2/CE Do Parlamento Europeu e do Conselho de 14 de março de 2007. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:PT:PDF> (ace-dido em 07 Março, 2014)

pulação, a produção de espécies vegetais com características diferentes de acordo com o objetivo pretendido, como por exemplo, mais resistentes ao frio, a pragas, vírus, doenças, insetos, determinados pesticidas⁴, mais ricas em alguns nutrientes e vitaminas, dentre outros.⁵

Em outros termos, através da manipulação genética os genes de um organismo são transferidos para outro, obtendo-se um novo organismo, ao qual se dá o nome de geneticamente modificado ou transgênico. E são as sementes derivadas dessa engenharia biotecnológica que vão dar origem as novas espécies.

Cumprir referir que, apesar de geralmente utilizados como sinônimos, os organismos geneticamente modificados e os transgênicos comportam certas diferenças, pois enquanto os primeiros são derivados da introdução de genes de outro organismo da mesma espécie, os segundos tiveram sua estrutura original modificada por genes de espécies diferentes.⁶

Contudo, essa diferença não se faz presente nos textos que regulam esses organismos. Para o protocolo de Cartagena⁷, organismo geneticamente modificado (OGM) “é qualquer organismo que tenha uma combinação de material genético inédita, obtida por meio do uso da Biotecnologia moderna”.

A Diretiva 2001/18/CE os definiu como “qualquer organismo, com exceção do humano, cujo material genético tenha sofrido modificação de uma forma que não ocorre naturalmente por meio de cruzamentos e/ou recombinação natural”.⁸

⁴ LEITÃO, Alexandra. Insegurança e produtos transgênicos. In: Economia Pura. Ano 8, nº 75 (2006), pág. 125.

⁵ Os Organismos geneticamente modificados que já são de comércio mais comum na Europa são os derivados de soja, milho e de óleo.

⁶ MORGATO, Melissa. Organismos geneticamente modificados: algumas questões jurídicas. In: Estudos de Direito Alimentar. Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2013, pág. 146. Disponível online em: http://www.icjp.pt/sites/default/files/publicacoes/files/ebook_diralimantar_out2013.pdf (ace-dido em 13 Março, 2014).

⁷ Protocolo de Cartagena sobre Biodiversidade. Artigo 3º (g): “Living modified organism” means any living organism that possesses a novel combination of genetic material obtained through the use of modern biotechnology”. Disponível online em: <http://bch.cbd.int/protocol/text/> (accedido em 16 Março, 2014)

⁸ Artigo 2º, nº 2, da Diretiva 2001/18/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de Março de 2001, relativa à libertação deliberada no ambiente de organismos geneticamente modificados e que revoga a Diretiva 90/220/CEE do Conselho. Disponí-

Foi a partir do final da década de 80 e início dos anos 90 que os produtos geneticamente modificados começaram a chegar ao mercado⁹, através de tomates, milho, batata, café, soja, dentre outros. O universo dos OGMs é muito vasto e ainda não definido, podem se tratar desde alimentos destinados para o consumo humano até rações para animais.

Segundo Maria João Estorninho (2008, 22) já se pode falar em pelo menos três gerações de organismos geneticamente modificados. A primeira foi a dos produtos agrícolas modificados com a finalidade de melhorar as suas características; a segunda dos alimentos funcionais e a terceira dos produtos alimentares denominados biofábricas, uma vez que estes últimos teriam a função de conter medicamentos.¹⁰

Presentes nessas gerações de OGM estão às promessas de maior qualidade dos alimentos, aumento da produção, eliminação ou diminuição da desnutrição no mundo (cerca de 2.500 milhões de habitantes do planeta sofrem de desnutrição e 850 milhões morre de fome), enriquecimento com ferro ou vitamina C e, ainda, a possibilidade de maior produção de alimentos em menor quantidade de terra.¹¹

Apesar de se tratar de um momento em que a ciência impera, como se percebe através dessa verdadeira explosão de novos alimentos, o que faz com que subsistam tantas incertezas a respeito destes organismos é o fato de serem muito recentes e ao mesmo tempo inovadores, sendo seus impactos ambientais pouco conhecidos, mas que não permitem o descarte da possibilidade de afetar as gerações futuras. E, exatamente em face da inexistência de antecedentes temporais é que as conclusões relativas aos efeitos do uso e consumo desses organismos são feitas através de análises e testes¹², não havendo como se falar em experiência

vel online em: http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=PT&numdoc=301L0018&model=guichett (acedido em 11 Março, 2014)

⁹ ESTORNINHO, Maria João. Segurança Alimentar e a Proteção do Consumidor de Organismos Geneticamente Modificados. Almedina. Coimbra, 2008, pág. 22.

¹⁰ Idem, pág. 26

¹¹ MUÑOZ, Emilio. Biotecnología y sociedad: encuentros y desencuentros. Cambridge University Press. Madrid, 2001. Págs. 125/126.

¹² CASSELA, Àssima Farhat Jorge (Dissertação Mestrado). A implementação do Princípio da Precaução pela União Européia no comércio internacional de OGMs: uma análise do posicionamento da OMC. Coimbra, 2009, pág. 49.

adquirida com o tempo.

Nesse sentido, a aplicação dessa tecnologia é regulada em detalhes pela União Europeia,¹³ através de um regime jurídico complexo e inovador¹⁴ que incide sobre cada uma das fases de investigação laboratorial, libertação experimental, colocação no mercado para cultivo, colocação como produto para alimentação humana ou como alimento para animais, importação ou transformação em produtos industriais.

Cumprir referir que apesar de toda essa regulação em torno dos organismos geneticamente modificados, ainda permanecem incertos os reflexos ou impactos dessas espécies, em especial à longo prazo.¹⁵ O que deixa margem a dúvidas acerca do quanto há de positivo ou negativo nesses elementos.

3. RISCOS VERSUS BENEFÍCIOS

Um pouco difícil de mensurá-los com base em um juízo de certeza, tendo em vista que a própria ciência ainda se vê incerta quanto aos reais riscos apresentados pelos organismos modificados e em que proporção os seus possíveis benefícios poderiam ser superiores.

Porém, apontar como todo negativo ou positivo um OGM é um ato muito precoce, pois os próprios argumentos científicos ainda são vagos no sentido da poluição dos genes recombinantes e há falta de estudos abrangentes quanto os riscos tanto para o homem como para o meio ambiente.¹⁶

Contudo, há de se admitir alguns benefícios já alcançados por esses

¹³ GONÇALVES, Maria Eduarda. Regulação do risco e risco da regulação o caso dos organismos geneticamente modificados. In: Estudos comemorativos dos 10 anos da Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Vol.1. Almedina. Coimbra, 2008, pág. 446.

¹⁴ Diretiva 90/219/CE (modificada pela Diretiva 98/81/CE); Diretiva 2001/18/CE; Regulamento (CE) n° 1829/2003; Regulamento (CE) n° 1830/2003 e Regulamento (CE) n° 1946/2003.

¹⁵ GONÇALVES, Maria Eduarda. Regulação do risco e risco da regulação o caso dos organismos geneticamente modificados. In: Estudos comemorativos dos 10 anos da Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Vol.1. Almedina. Coimbra, 2008, pág. 445.

¹⁶ MORESCHI e DISIMINE, Lucia e Damiano. Lemambiente e gli OGM: dalle garanzie per la salute Allá tutela delle biodiversità e della tipicità delle produzioni agroalimentaria. In: Notizie di Politeia. Rivista di Etica e Scelte Pubbliche. Ano XVII, n° 62, 2001, pág. 258.

organismos. Dentre as várias vantagens anunciadas ou prometidas por essas modificações genéticas temos a possibilidade de uma vida mais longa aos alimentos (frutas e vegetais que estragam com facilidade); o aumento da resistência das colheitas e a conseqüente redução do uso de químicos; maior resistência a insetos e a certos vírus (diminuindo a possibilidade de as plantas contraírem as doenças por eles causadas). Também, o aumento do nível de produção e o seu rendimento¹⁷.

No rol positivo relativo aos OGMs, ainda é possível assinalar o aumento dos nutrientes em alguns alimentos, como exemplo o da proteína no caso de determinadas espécies de soja e vitamina C nos morangos, sendo estes já constatados em alguns alimentos nutricionalmente mais ricos.^{18 19}

Contudo, também não resta certeza quanto à inexistência de malefícios à saúde humana ou ao meio ambiente em decorrência do cultivo dessas espécies, o que deixa uma linha tênue para defensores e opositores

¹⁷ MUÑOZ, Emilio: “En el sector de la agricultura cabe mencionar que la biotecnología puede contribuir al incremento de la producción de alimentos por varias vías: aumento en El rendimiento, disminución em El coste de los insumos, desarrollo de nuevos productos de alto valor añadido que satisfagan las necesidades de consumidores y productores de alimentos”. In: *Biotecnología y sociedad: encuentros y desencuentros*. Cambridge University Press. Madrid, 2001. Pág. 35.

¹⁸ Um exemplo é o caso do “golden Rice” o qual a Monsanto introduziu o betacaroteno, um precur-sor da vitamina A, que pode contribuir para atenuar os casos de cegueira por estafilococo na cór-nea, ou o caso do premio mundial da alimentação, concedido à bioquímica mexicana Evangelina Villegas e ao cientista indiano Surinder Vasal, por terem desenvolvido um tipo de milho mais pro-téico sem o alterar geneticamente. BASTOS, João Pereira. A Convenção sobre Diversidade Bioló-gica e os problemas dos organismos geneticamente modificados. In *Revista Portuguesa de Insti-tuições Internacionais e Comunitárias*, nº4. Ano 2002, pág. 72. Há também a soja, cujo óleo tem características de azeite de oliva; o algodão, cujas fibras são resistentes, coloridas e uniformes; a canola, cujo óleo tem menor teor de ácidos graxos; o tomate Flavr Savr, com amadurecimento retardado; o cravo cujas flores sofrem alteração nas cores; o morango com quantidade extra de vitamina C e a batata que absorve menos óleo durante a fritura, entre outros vegetais. MORGATO, Melissa. Organismos geneticamente modificados: algumas questões jurídicas. In: *Estudos de Direito Alimentar*. Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2013, pág. 148. Dispo-nível online em: http://www.icjp.pt/sites/default/files/publicacoes/files/ebook_diralimentar_out2013.pdf (ace-dido em 13 Março, 2014)

¹⁹ Há também a soja, cujo óleo tem características de azeite de oliva; o algodão, cujas fibras são resistentes, coloridas e uniformes; a canola, cujo óleo tem menor teor de ácidos graxos; o toma-te Flavr Savr, com amadurecimento retardado; o cravo cujas flores sofrem alteração nas cores; o morango com quantidade extra de vitamina C e a batata que absorve menos óleo durante a fri-tura, entre outros vegetais. MORGATO, Melissa. Organismos geneticamente modificados: algu-mas questões jurídicas. In: *Estudos de Direito Alimentar*. Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2013, pág. 148. Disponível online em: http://www.icjp.pt/sites/default/files/publicacoes/files/ebook_diralimentar_out2013.pdf (ace-dido em 13 Março, 2014)

ferrenhos.

Aponta-se, no tocante à saúde humana, que os organismos modificados podem ser alergênicos e originadores de graves problemas gastrointestinais ou nutricionais em virtude da combinação de genes que o consumidor desconhece quando do seu consumo, bem como que a sua interação com o organismo pode deixar o indivíduo mais resistente a antibióticos como, segundo o Greenpeace, é o caso da canola, milho e tomate transgênicos.²⁰ Há, também a possibilidade de riscos completamente desconhecidos pelo consumo desses alimentos²¹, os quais ainda não foram constatados devido à ausência do fator tempo (antecedentes temporais suficientes).

No que tange ao meio ambiente, apesar de poucos conhecidos os seus efeitos no solo, lagos ou rios, a principal preocupação acerca desses organismos é a possibilidade da miscigenação, ou seja, a “transferência de genes das plantas geneticamente modificadas para as culturas tradicionais”.²² Comprometendo, assim, a biodiversidade e afetando organismos não visados, como exemplo o cruzamento acidental de plantas transgênicas com plantas daninhas que pode acarretar o surgimento de superpragas.²³ Há o risco de redução do espectro de outras plantas ou ainda a interação com insetos que não são pragas, podendo gerar sua mutação ou mesmo morte.

O risco de miscigenação já é de tal modo aceite como provável no tocante ao cultivo desses organismos, que, tratando-se de produtos alimentares sem recurso a OGM, é aceitável como puro aquele que contenha vestígios em até 0,9% dos genes modificados.²⁴

²⁰ GREENPEACE. Resistência antibiótica em organismos geneticamente modificados. Disponível online em: http://www.greenpeace.org.br/transgenicos/pdf/resistencia_antibiotica.pdf (accedido em 16 Março, 2014)

²¹ ESTORNINHO, Maria João. Segurança Alimentar e a Proteção do Consumidor de Organismos Geneticamente Modificados. Almedina. Coimbra, 2008, págs. 76/77.

²² Idem.

²³ MORGATO, Melissa. Organismos geneticamente modificados: algumas questões jurídicas. In: Estudos de Direito Alimentar. Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2013, pág. 162. Disponível online em: http://www.icjp.pt/sites/default/files/publicacoes/files/ebook_diralimentar_out2013.pdf (accedido em 13 Março, 2014).

²⁴ GONÇALVES, Maria Eduarda. Regulação do risco e risco da regulação o caso dos organismos geneticamente modificados. In: Estudos comemorativos dos 10 anos da Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Vol.1. Almedina. 2007, pág. 452.

Nesse sentido, os organismos modificados acabam por englobar um mundo de dúvidas que se deslocam entre os grandes benefícios prometidos (alguns já demonstrados) e os riscos que envolvem o seu cultivo (alguns também já constatados).

4. PRINCÍPIOS AMBIENTAIS

Por se tratar de uma balança de dois pesos - desenvolvimento da biotecnologia e proteção ambiental - é que os organismos geneticamente modificados invocam a exaltação de princípios ambientais como medidas de proteção. Travar a ciência ou colocar em risco o meio ambiente são atos inaceitáveis. Ambos devem andar juntos, desenvolvimento científico e a máxima proteção ambiental dentro deste contexto. Por conseguinte, se invocam os princípios da precaução, prevenção, informação, afastamento preventivo e integração ambiental.

4.1. Princípio da Precaução

Utilizado como linha de base em termos de proteção ambiental na União Europeia, este exige a tomada de medidas que visem assegurar a inoportunidade ou máxima minimização de um possível dano ao ambiente, ainda que completamente incerto. E como a incerteza científica está diretamente relacionada ao meio ambiente, sobretudo quanto à magnitude, riscos e possíveis impactos, é diante desta que o princípio em tela é chamado a agir.²⁵

O princípio da precaução é uma via para a realização da justiça de modo espacial e temporal, é um princípio da justiça inter e intrageracional.²⁶

A maior parte dos riscos que invocam o princípio da precaução não são de ocorrência imediata, mas sim retardada, ou seja, seus danos manifestam-se no futuro, mais ou menos próximo, mas geralmente bastante posterior ao momento da tomada de decisão e, conseqüentemente, os

²⁵ BELTRÃO, Antônio F. G.. Curso de Direito Ambiental. Método. São Paulo, 2009, pág. 37.

²⁶ ARAGÃO, Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente. nº 22, v.2, Ano 11 (2008). Pág. 40.

atingidos pelos efeitos dessa decisão são as gerações futuras, as quais se encontram completamente impotentes perante as ações da geração atual.

Àquelas é necessário garantir que a herança natural e cultural seja transmitida para que possam continuar a dispor e usufruir da biodiversidade e dos recursos naturais.²⁷ Diante disso, o princípio em tela é invocado para uma justiça intergeracional. Noutras palavras, evitar que as gerações futuras sejam prejudicadas pelos atos da geração atual.

Numa perspectiva intrageracional, o princípio da precaução busca evitar que as ações possam causar danos a determinadas comunidades humanas, uma vez que o impacto de uma atividade ambiental pode incidir diretamente sobre uma determinada parte do globo, ou seja, sobre a população residente naquele local. Dessa forma, apresenta-se como um gestor da justiça intrageracional, ou seja, busca evitar a desigualdade entre os cidadãos devido a um dano ambiental.

Um dos norteadores do princípio da precaução, como já mencionado, é a preocupação com as gerações futuras e, nesse sentido, cumpre referir que o nível adequado de proteção que se espera em termos de ambiente é a materialização das presumíveis expectativas das gerações futuras, o qual deve ser definido e tutelado pelos poderes políticos.²⁸ Ou seja, aquele risco que apresenta grande probabilidade de violar os deveres das gerações atuais para com as gerações futuras deve ser inaceitável.

E, como inaceitáveis, em termos ambientais, tem-se todos os riscos de perdas irreversíveis que possam dar origem a extinção de espécies.²⁹

A precaução tem o intuito de antecipar os perigos suscetíveis de comportar conseqüências nocivas ou irreversíveis para o meio ambiente, a saúde ou de um modo geral a segurança humana.³⁰ Ou seja, ele

²⁷ CANOTILHO, J. J. Gomes / MOREIRA, Vital, “Constituição da República Portuguesa anotada”, Vo-lume I, 4ª Edição, Coimbra Editora, Coimbra, 2007, págs. 849/850.

²⁸ Idem, pág. 49.

²⁹ ARAGÃO, Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente. nº 22, v.2, Ano 11 (2008). Pág. 49.

³⁰ GONÇALVES, Maria Eduarda: “Este princípio aplica-se aos casos em que, embora um exame científico preliminar revele que é legítimo reecar efeitos potencialmente perigosos, decorrentes de um fenômeno, de um produto ou de um processo, para o ambiente e para a saúde das pessoas e dos animais ou para a sanidade vegetal, os dados disponíveis são

tem sido politicamente aceite como estratégia de gestão de riscos. E, ao estar consagrado na legislação da União Europeia, acaba por impor aos Estados-Membros que não aguardem a confirmação de um risco para tomarem medidas que vise impedi-lo.³¹ Nesse sentido também foi a sua configuração no texto da conferência Rio+20, ao estabelecer que este deve ser observado pelos Estados sempre que estiverem diante de ameaça de risco ao meio ambiente e que a ausência de certeza não pode ser utilizada para adiar medidas de prevenção.³²

Logo, sua aplicabilidade aos casos envolvendo organismos modificados torna-se imperiosa, uma vez que se está diante da incerteza quanto aos possíveis danos, mas da suspeita pela sua existência, principalmente no tocante a uma contaminação da biodiversidade alimentar.

4.2. Princípio da Prevenção

A Convenção sobre Diversidade Biológica que se originou a partir da ECO92 dispõe já em seu preâmbulo ser “vital prever, prevenir e combater na origem as causas da sensível redução ou perda da diversidade biológica”.³³ Princípio basilar do direito ambiental, o qual infere a constatação de que é mais eficiente prevenir os danos ambientais do que repará-los.³⁴

Este impõe razoável previsibilidade dos danos que podem ocorrer em virtude de determinado impacto. “É uma conduta racional frente a um mal que a ciência pode objetivar e mensurar, que se move dentro

insuficientes, pouco conclusivos ou incertos, não permitindo a determinação do risco com suficiente segurança. In: Regulação do risco e risco da regulação o caso dos organismos geneticamente modificados”. In: Estudos comemorativos dos 10 anos da Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Vol.1. Almedina. Coimbra, 2008, pág. 454.

³¹ CASSELA, Àssima Farhat Jorge (Dissertação Mestrado). A implementação do Princípio da Prevenção pela União Europeia no comércio internacional de OGMs: uma análise do posicionamento da OMC. Coimbra, 2009, pág. 52.

³² Rio+20 “O futuro que queremos”. Documento final. Disponível online em: https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216-1-1_spanish.pdf.pdf (acedido em 16 Março, 2014)

³³ Convenção da Diversidade Biológica. Disponível online em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_dpg/_arquivos/cdbport.pdf (acedido em 16 Março, 2014)

³⁴ BELTRÃO, Antônio F. G.. Curso de Direito Ambiental. Método. São Paulo, 2009, pág. 35.

das certezas das ciências”.³⁵ Exige a existência do perigo concreto e a necessária adoção de medidas para lidar com eventos previsíveis.

Para este princípio o mais importante é prevenir, pois depois que o dano ambiental já ocorreu torna-se quase impossível a reconstituição da situação anterior ou, ainda que viável, os custos para a reconstituição são demasiado onerosos e geralmente muito superiores aqueles necessários à prevenção.³⁶ Ou seja, a prevenção deve ser anterior à ocorrência do dano, reconhecendo que determinada atividade pode incorrer em certo dano, mecanismos para evitar ou ao menos minimizar a lesão devem ser colocados em prática.

4.3. Princípio da Informação

De grande relevância para o Direito Ambiental, baseado na idéia de que sem suficientes informações sobre as condições do meio ambiente e as causas dos danos ambientais não será possível implantar uma política ambiental efetiva, é um princípio que assegura a publicidade crítica em torno das questões ambientais, bem como possibilita o direito e o dever de participação de forma ciente e consciente dos cidadãos³⁷.

Teve sua aparição inicial na Declaração de Estocolmo, em seus princípios 19 e 20, a qual reconhece pela primeira vez o significado da informação para a opinião pública e para uma relação responsável entre o homem e o ambiente.³⁸

³⁵ HAMMERSHMIDT, Denise. O risco na sociedade contemporânea e o princípio da precaução no Direito Ambiental. pág. 15. Disponível online em: http://www.estig.ipbeja.pt/~ac_direito/riscosociedade.pdf (acedido em 16 Março, 2014)

³⁶ ARAGÃO, Alexandra. Direito Comunitário do Ambiente. pág. 16. Disponível online em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/17431/1/cadernos%20CEDOUA%20direito%20comunitario.pdf> (acedido em 16 Março, 2014)

³⁷ CANOTILHO, J. J. Gomes / MOREIRA, Vital, “Constituição da República Portuguesa anotada”, Volume I, 4ª Edição, Coimbra Editora, Coimbra, 2007, pág. 846.

³⁸ Declaração de Estocolmo de 1972. “Princípio 19 - É indispensável um esforço para a educação em questões ambientais, dirigida tanto às gerações jovens como aos adultos e que preste a devida atenção ao setor da população menos privilegiado, para fundamentar as bases de uma opinião pública bem informada, e de uma conduta dos indivíduos, das empresas e das coletividades inspirada no sentido de sua responsabilidade sobre a proteção e melhoramento do meio ambiente em toda sua dimensão humana. É igualmente essencial que os meios de comunicação de massas evitem contribuir para a deterioração do meio ambiente humano e, ao contrário, difundam informação de caráter educativo sobre a

Também previsto na Diretiva 90/313/CEE, a qual foi revogada pela Diretiva 2003/4, ambas do Parlamento Europeu. Compreende que deve ser garantido o direito de acesso à informação sobre meio ambiente, bem como esta deve ser disponibilizada e divulgada ao público³⁹

No tocante aos organismos geneticamente modificados este princípio veio devidamente ressaltado na Convenção de Aarhus, a qual prevê explicitamente em seu artigo 6º, nº 11, o dever dos Estados de permitir a participação do público nas decisões relativas à emissão deliberada para o meio ambiente de organismos geneticamente modificados.⁴⁰

O artigo 9º e artigo 24º da Diretiva 2001/18/CE⁴¹, prevêem que o público deve ser informado sobre a liberação experimental e a colocação

necessidade de protegê-lo e melhorá-lo, a fim de que o homem possa desenvolver-se em todos os aspectos. Princípio 20 - Devem-se fomentar em todos os países, especialmente nos países em desenvolvimento, a pesquisa e o desenvolvimento científicos referentes aos problemas ambientais, tanto nacionais como multinacionais. Neste caso, o livre intercâmbio de informação científica atualizada e de experiência sobre a transferência deve ser objeto de apoio e de assistência, a fim de facilitar a solução dos problemas ambientais. As tecnologias ambientais devem ser postas à disposição dos países em desenvolvimento de forma a favorecer sua ampla difusão, sem que constituam uma carga econômica para esses países". Disponível online em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/estocolmo1972.pdf> (acedido em 27 Março, 2014)

³⁹ DIRECTIVA 2003/4/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 28 de Janeiro de 2003 relativa ao acesso do público às informações sobre ambiente e que revoga a Diretiva 90/313/CEE do Conselho. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:041:0026:0032:PT:PDF> (acedido em 27 Março, 2014)

⁴⁰ Convenção de Aarhus (Convenção sobre o Acesso à Informação, Participação do Público no Processo de Toma-da de Decisão e Acesso à Justiça em Matéria de Ambiente), adotada na Comissão Econômica para a Europa das Nações Unidas em 1998. Disponível online em: <http://www.gddc.pt/siii/docs/rar11-2003.pdf> (acedido em 21 Março, 2014)

⁴¹ Diretiva 2001/18/CE - Artigo 9º - Consulta e informação do público

1. Sem prejuízo do disposto nos artigos 7º e 25º, os Estados-Membros devem consultar o público e, quando adequado, grupos de interesses sobre a proposta de libertação deliberada. Ao fazê-lo, os Estados-Membros devem estabelecer regras pormenorizadas para essas consultas, incluindo um prazo razoável, de forma a facultar ao público ou aos grupos de interesses a oportunidade de manifestar a sua opinião.

2. Sem prejuízo do disposto no artigo 25º:

- os Estados-Membros devem facultar ao público informações sobre as libertações deliberadas de OGM abrangidas pela parte B que forem efetuadas no seu território,
- a Comissão deve facultar ao público as informações constantes do sistema de intercâmbio de informações previsto no artigo 11º.

Artigo 24º - Informação do público

2. Sem prejuízo do disposto no artigo 25º, devem ser facultados ao público os relatórios de avaliação e os pareceres do(s) comité(s) consultado(s) relativamente a todos os OGM que tenham recebido uma autorização por escrito para colocação no mercado ou cuja colocação no mercado como produtos ou num determinado produto tenha sido recusada ao abrigo da presente diretiva. Para cada produto devem ser claramente especificados o ou os OGM nele contidos, bem como a ou as utilizações a que se destinam.

no mercado de OGM.

Percebe-se que para uma eficaz proteção do meio ambiente, devem-se transcender os limites jurídicos e políticos, fazendo com que os particulares, em parceria com o Estado, promovam o controle do desenvolvimento de técnicas, obras, atividades e riscos advindos das tecnologias latentes.⁴²

Quanto aos organismos geneticamente modificados e sua liberação no ambiente, é evidente que esse controle está devidamente tutelado, uma vez que resta clara a preocupação em permitir a participação popular.

Ademais, somente através da informação ambiental é que os cidadãos podem ter um comportamento ecologicamente correto e exercer a ecocidadania, colaborando, assim, para um desenvolvimento mais sustentável e a minimização dos riscos ambientais de determinadas atividades ou atos.

4.4. Princípio do Afastamento Preventivo

O princípio do afastamento preventivo consiste na estipulação e respeito de distâncias adequadas entre atividades que ofereçam risco a zonas sensíveis. Essa distância pode ser em decorrência do perigo da atividade que vai ser desenvolvida ou da situação da zona sensível e o bem ali protegido.

São consideradas zonas sensíveis e protegidas por este princípio as zonas residenciais; vias de comunicação; edifícios; zonas de utilização públicas e as zonas naturais. Há também as zonas em que a distância deve ser respeitada devido à possibilidade de sinergia negativa entre a atividade naquela área já desenvolvida e uma nova atividade que se pretenda desenvolver, ou seja, neste último caso busca-se evitar o efeito “dominó”,⁴³ o qual consiste em um dano de maior monta devido a conjugação de fatores que envolvem as diferentes atividades realizadas na

⁴² LEITE e CAETANO, José Rubens Morato e Matheus Almeida. Aproximações à sustentabilidade material no Estado de Direito Ambiental brasileiro. In: *Agrotóxicos: A nossa saúde e o meio ambiente em questão aspectos técnicos, jurídicos e éticos*. Funjab. Florianópolis, 2012. Págs. 368/369.

⁴³ ARAGÃO, Alexandra. A prevenção de Riscos em Estado de Direito Ambiental na União Européia. Págs. 20/21. Disponível online em: <http://www.ces.uc.pt/aigaion/attachments/Prevencao%20de%20Riscos%20em%20Estados%20de%20Direito%20Ambien-tal.pdf-1a14060ed87cb105d54a17036cac71fa.pdf> (acedido em 17 Março, 2014)

mesma área.

A idéia de afastamento preventivo não consiste exclusivamente em um afastamento geográfico entre a atividade e a área sensível ou entre as atividades perigosas entre si, mas também traduz a idéia de um afastamento técnico, o qual se dá através de medidas de isolamento preventivas da contaminação do ambiente exterior.

4.5. Princípio da Integração Ambiental

Previsto no artigo 37º da Carta de Direitos Fundamentais da União Européia, está relacionado com a idéia de que “proteger eficazmente o ambiente implica tê-lo em consideração no desenvolvimento de todas as atividades humanas que possam, direta ou indiretamente, afetar os componentes ambientais”.⁴⁴

Também compreendido no tratado da União Européia⁴⁵, o presente princípio disciplina que “as exigências em matéria de proteção do ambiente devem ser integradas nas definições e aplicações das demais políticas comunitárias”. Isso decorre do entendimento de que todas as atividades da Comunidade refletem de alguma forma no meio ambiente, desde as políticas agrícolas até às de transportes e desenvolvimento⁴⁶.

De acordo com este princípio não há uma atividade que seja completamente inofensiva ao meio ambiente, já que todas, de alguma forma, em maior ou menor grau, negativa ou positivamente, podem gerar alguma reação ambiental. A dimensão ambiental deve, assim, ser entendida como elemento incontornável na ponderação de bens e interesses transportados pelas várias políticas setoriais⁴⁷. Portanto, disciplina que toda atividade

⁴⁴ ARAGÃO, Alexandra. Carta dos Direitos Fundamentais da União Européia: Comentada. Almedina. Coimbra, 2013, pág. 450

⁴⁵ Tratado de Funcionamento da União Européia. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2012:326:0047:0200:PT:PDF> (acedido em 21 Março, 2014)

⁴⁶ ARAGÃO, Alexandra. Direito Comunitário do Ambiente. pág. 23. Disponível online em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/17431/1/cadernos%20CEDOUA%20direito%20comunitario.pdf> (acedido em 16 Março, 2014)

⁴⁷ CANOTILHO, J. J. Gomes / MOREIRA, Vital, “Constituição da República Portuguesa anotada”, Vo-lume I, 4ª Edição, Coimbra Editora, Coimbra, 2007, pág. 851.

deve ser vista de acordo com os princípios ambientais e em respeito a estes.

Destarte, permite a análise de uma medida adotada quanto à sua conformação ou não para com os princípios de direito do ambiente, de modo a possibilitar a fiscalização dos atos da comunidade, uma vez que possibilita a impugnação de medidas legislativas ou administrativas, mesmo que não relacionadas diretamente com o meio ambiente, quando se verificar a possibilidade de ocorrência de efeitos inaceitáveis neste.⁴⁸ E consiste na integração de todos os Estados-Membros quanto à adoção de medidas de proteção ambiental.

Essa integração demonstra não apenas a preocupação da Comunidade Europeia para com a preservação ambiental, como também permite a estipulação de ações comuns a todos os Estados-Membros no sentido de evitar danos ao meio ambiente.

5. DA DELIMITAÇÃO DO ESPAÇO PARA CULTIVO DE OGM

Quando se tem diagnosticada a incerteza de um risco de dano e sua importância é que se deve fazer a escolha das medidas a tomar para evitar que este venha a se concretizar.

A gestão do risco é uma fase disciplinada pela União Europeia como de grande importância quanto à estipulação das medidas que devem ser tomadas para evitar a ocorrência de danos. Ela envolve a possibilidade de proibição, autorização condicionada e de acompanhamento pós-comercialização, dentre outras. Vinculada ao princípio da precaução, a gestão torna necessário que sejam sopesados o progresso científico, o risco e o perigo. Ou seja, deve ser formulada sempre com a finalidade de evitar a ocorrência do dano.

Também nesse sentido, o Regulamento (CE) n° 1946/2003 do Parlamento Europeu, relativo ao Protocolo de Cartagena, prevê que deve haver uma mobilização entre a comunidade para assegurar um nível adequado de proteção no domínio da transferência, da manipulação e da utilização

⁴⁸ ARAGÃO, Alexandra. Carta dos Direitos Fundamentais da União Europeia: Comentada. Almedina. Coimbra, 2013, pág. 452.

seguras de OGM que possam ter efeitos adversos na conservação e na utilização sustentável da diversidade biológica.⁴⁹

Como já mencionado anteriormente, dentre os riscos que envolvem o cultivo de organismos geneticamente modificados há o medo de contaminação entre espécies e é sobre este que vamos nos debruçar.

Apesar de se tratar de uma “novidade” de efeitos pouco conhecidos, sabe-se que os genes de OGM podem espalhar-se, comprometendo assim a diversidade biológica, quando transmitidos por veículos como abelhas e outros insetos, pássaros ou pulgas do mato⁵⁰, e as próprias condições ambientais como ventos, chuvas, e etc., impedindo a coexistência de espécies modificadas e não modificadas.

Esse risco exige o desenvolvimento de estratégias e melhores práticas para assegurar a coexistência de culturas geneticamente modificadas com a agricultura convencional e a agricultura biológica, visando proteger estas últimas de uma possível contaminação⁵¹.

Ocorre que, apesar de a Comissão Européia ter criado uma recomendação⁵² de orientações e melhores práticas para evitar a contaminação das espécies, ela deixa muito a cargo de cada Estado a estipulação das medidas a serem tomadas, não especificando quais seriam essas práticas ou definindo as medidas a serem adotadas de forma geral por todos os Estados-Membros da União Europeia. Chega a mencionar que não há nenhum instrumento a ser recomendado para a coexistência, mas que compete aos Estados à criação de instrumentos de política, tais como acordos voluntários e legislação.

⁴⁹ Regulamento (CE) n.º 1946/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Julho de 2003, relativo ao movimento transfronteiriço de organismos geneticamente modificados. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003R1946:PT:HTML> (acedido em 11 Março, 2014)

⁵⁰ BASTOS, João Pereira. A Convenção sobre Diversidade Biológica e os problemas dos organismos modificados. In Revista Portuguesa de Instituições Internacionais e Comunitárias, nº4. Ano 2002, pág. 72.

⁵¹ Commission Recommendation of 23 July 2003 on guidelines for the development of national strategies and best practices to ensure the coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming (notified under document number C(2003) 2624). Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003H0556:EN:HTML> (acedido em 10 Março, 2014)

⁵² Idem

Segundo o Relatório da Comissão Europeia ao Conselho e ao Parlamento Europeu sobre a coexistência de culturas geneticamente modificadas com culturas convencionais e biológicas⁵³, as discrepâncias entre as políticas adotadas pelos Estados Membros é grande; enquanto alguns já estipularam distâncias consideradas seguras ou se debruçaram sobre técnicas de bloqueio, como zonas-tampão, outros nem sequer possuem medidas destinadas a regularizar o cultivo desses organismos. Contudo, aponta que todos os Estados realizam consultas as partes interessadas para o desenvolvimento de medidas de coexistência.

Dentre as discrepâncias conhecidas em nível de segurança entre os Estados, pode-se citar o caso de Portugal, que utiliza uma distância de 200m⁵⁴ entre o cultivo de OGMs e não OGMs, sendo que, países como Espanha, Estados Unidos, Canadá e França já constataram a ocorrência de contaminação entre as espécies num raio de até 1500m⁵⁵.

O exemplo acima evidencia não se estar diante de uma política comum de proteção entre os Estados, pois, como se depreende do relatório já mencionado, alguns dos países membros se dedicam a técnicas de segregação espacial mais ou menos rigorosas, outros a mecanismos de bloqueio, enquanto alguns nem sequer definiram um mecanismo para tal finalidade.

Ainda, na busca de mecanismos de coexistência, a União Européia financiou dez anos de estudos sobre OGM, o que deu origem a alguns projetos. No projeto Transcontainer⁵⁶ foi elaborado um estudo sobre estratégias de contenção biológica através da (i) transformação do cloproplasto; (ii) repressão floral; ou (iii) fertilidade controlada das sementes

⁵³ Relatório da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu sobre a coexistência de culturas geneticamente modificadas com culturas convencionais e biológicas. Ano 2009. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0153:FIN:en:PDF> (acessado em 26 Março, 2014)

⁵⁴ Culturas geneticamente modificadas na agricultura portuguesa: competitividade e sustentabilidade. Disponível online em: <http://www.esac.pt/cernas/ogm.htm> (acessado em 10 Março, 2014)

⁵⁵ FERREIRA, Jorge. Culturas geneticamente modificadas uma ameaça a vida!. Disponível online em: <http://www.agrosanus.pt/doc/ogm-milho.pdf> (acessado em 11 Março, 2014)

⁵⁶ Comissão Européia. Uma década de pesquisa em OGM financiada pela UE (2001-2010). Págs. 94/98. Disponível online em: http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/11/Uma_decada_de_pesquisa_em_OGM.pdf (acessado em Março, 2014)

GM. Os dois primeiros apresentaram resultados suscetíveis de serem aplicados somente em espécies determinadas. Já o último, apesar de ter sido satisfatório, ainda se apresenta como um estudo inicial.

O projeto SIGMEA⁵⁷ debruçou-se sobre a coexistência sustentável de GM e não GM. Para isso realizou a análise sobre as seguintes espécies geneticamente modificadas: (i) milho; (ii) colza oleaginosa; (iii) beterraba açucareira; (iv) trigo; e (v) arroz. A constatação foi que as medidas de segregação são boas técnicas, contudo, não se pode partir de uma distância específica, mas sim, elas devem ser reguladas de acordo com a espécie a ser cultivada, uma vez que, dentre as analisadas, cada uma apresentou diferentes potenciais de miscigenação, devendo-se, também, levar em consideração as características de cada zona de plantio.

Os estudos demonstram que ainda é muito incerto o risco de contaminação das espécies, o grau de sua ocorrência e quais seriam as melhores formas para evitá-lo. Sabe-se da ocorrência de alguns casos, mas não se pode afirmar que essa seja necessariamente uma consequência concreta do plantio de organismos modificados. Contudo, como princípio fundamental do direito ambiental, a precaução recomenda que, diante da mera possibilidade de um dano ao meio ambiente, mecanismos de proteção ou precaução para tentar evitar que este se concretize devem ser postos em prática, ou seja, deve evitar-se a proliferação de danos futuros em contextos de incertezas científicas, sobretudo nas decisões a serem tomadas.⁵⁸

Assim, como o princípio da prevenção também disciplina que uma vez conhecida a possibilidade de uma atividade gerar determinado tipo de dano, é mais inteligente prevenir do que compensar. E, no caso dos OGM já houve a constatação desse dano em alguns países. Ademais, retornar ao status quo é infinitamente mais dispendioso e difícil do que evitar a ocorrência da lesão ambiental.

Exatamente em virtude desse risco de miscigenação ou contaminação de espécies é que se aponta a delimitação do espaço de plantio e a esti-

⁵⁷ Idem, págs. 99/109.

⁵⁸ LEITE e CAETANO, José Rubens Morato e Matheus Almeida. Aproximações à sustentabilidade material no Estado de Direito Ambiental brasileiro. In: Agrotóxicos: A nossa saúde e o meio ambiente em questão aspectos técnicos, jurídicos e éticos. Funjab. Florianópolis, 2012. Pág. 364.

pulação de uma distância segura entre o cultivo dos diferentes organismos (geneticamente modificados e não geneticamente modificados) como um meio de precaução de danos ambientais não aceitáveis. Valendo-se das conclusões dos projetos Transcontainer e SIGMEA é que se discute a delimitação do espaço como uma boa medida de proteção ambiental no tocante aos OGM.

Tanto pode ser estipulado o afastamento necessário entre as culturas para que não ocorra a perda da biodiversidade através da contaminação, como pode ser elaborado um mecanismo de bloqueio que realmente vede qualquer possibilidade de polinização.

Obviamente, não compete ao Direito à estipulação de qual seria a distância ou a prática de bloqueio mais adequada para evitar uma possível contaminação de espécies, mas sim aos profissionais de outras áreas em apoio técnico, como a Biologia e a Geografia, capazes de mensurar uma distância máxima percorrida pela polinização ou qual a possibilidade dessa contaminação se dar através do solo.

Tais profissionais possuem o conhecimento necessário para definir a distância segura para cultivo das culturas biológicas e convencional para com os OGMs de acordo com a localização espacial em que se encontram, bem como definir técnicas capazes de bloquear a polinização.

Estar-se a falar da necessidade de utilização do Geodireito, a congregação do Direito e da Geografia, ou seja, ramo que estuda a relação Espaço-Estado por meio do sistema de cartografia da norma, que objetiva espacializar a cidadania, o que é fundamental em termos de direito ambiental.⁵⁹

Ao operador do Direito - como representante do Estado, uma vez que a este compete o dever de defender o ambiente e controlar as ações de degradação ambiental, impondo-lhes as correspondentes obrigações políticas, legislativas, administrativas e penais⁶⁰ - caberia apenas a regula-

⁵⁹ SANCHES, Luiz Antonio Ugeda. "Legislação Geografia e Geodireito". Palestra in: Geotecnologias na Gestão Pública. Rio de Janeiro UERJ, 2013. Disponível online em: <http://www.youtube.com/watch?v=iVSynoYG4ss> (acedido em 27 Março, 2014)

⁶⁰ CANOTILHO, J. J. Gomes / MOREIRA, Vital, "Constituição da República Portuguesa anotada", Vo-lume I, 4ª Edição,

mentação dessa medida, ou seja, a normatização da distância dita segura e dos mecanismos, como meios obrigatórios para os produtores desses alimentos, bem como a atribuição de multa (coima) ou penalização pelo seu não cumprimento.

Ao Geógrafo como representante do Espaço caberia a análise dos solos e das características dos organismos geneticamente modificados e a sua melhor distribuição geográfica com o fim de manutenção da biodiversidade existente, tendo em vista que este é um meio de precaução para o possível dano, não certo, mas provável, que estes organismos podem representar ao meio ambiente.

Nesse contexto, invoca-se o princípio da precaução como fundamento para a necessária ação dos Estados no sentido de organização geográfica das espécies modificadas, uma vez que embora não se tenha certeza do dano, ele é possível e, uma vez conhecida ou havendo suspeita da sua ocorrência, os meios para impedir que o risco venha a se concretizar já devem ser colocados em prática.

Como mecanismo de apoio pode-se suscitar, ainda, o princípio do afastamento preventivo.⁶¹ Apesar de, como já mencionado, tal princípio ser destinado à proteção de áreas sensíveis, uma vez que tem o escopo de proteger estes espaços contra as atividades humanas que possam colocá-los em risco, baseia-se na estipulação de uma distância mínima de “segurança” entre a respectiva área e uma atividade humana geradora de impacto ambiental.

É exatamente nesse sentido a extensão do princípio em questão ao caso dos OGMs, no momento em que é chamado a estipular o necessário afastamento entre plantações de organismos geneticamente modificados e organismos não geneticamente modificados de forma a precaver a possibilidade de mistura entre as espécies. Ou seja, não apenas num quadro de proteção de áreas de risco, mas sim de prevenção a possíveis riscos de miscigenação entre espécies e conseqüente perda da biodiversidade disponível.

⁶¹ Coimbra Editora, Coimbra, 2007, págs. 845/846. É um princípio implícito a toda a legislação em termos de Direito Ambiental.

Cabe ainda invocar o princípio da integração, uma vez que as medidas destinadas a evitar a miscigenação das espécies devem ser determinadas com vista a abranger toda a União Européia. Logo, a distância mínima segura para o cultivo desses organismos deverá ser observada em todos os Estados-Membros, configurando uma política de integração da proteção ambiental no tocante ao cultivo de organismos geneticamente modificados e de proteção ambiental.

Ressalta-se que a ação dos Estados aqui aludida é uma ação comunitária, ou seja, igualitária e conjunta entre todos os Estados-Membros, de forma a buscar a máxima segurança com base em uma política comum.

6. DIRETIVA INSPIRE: MEIO DE CONTROLE

Seguidora do princípio da integração ambiental e um bom mecanismo de efetivação do princípio da precaução quando se trata de organismos geneticamente modificados, a Diretiva Inspire⁶² permite o acesso a um sistema de informação sobre a acessibilidade e interoperabilidade dos dados geográficos, bem como das diversidades geográficas existentes nas diferentes regiões da União Européia. Esta visa estabelecer a criação da infra-estrutura europeia de informação geográfica através da harmonização de dados geográficos dos Estados-Membros e sua disponibilização através de geoweb services.

A presente diretiva abrange informações de âmbito geográfico em formato electrónico. Estas são relativas a zonas sobre as quais um Estado-Membro detém ou exerce uma competência e cobrem temas como as fronteiras administrativas, a observação da qualidade do ar, das águas e dos solos, a biodiversidade, a ocupação dos solos, as redes de transportes, a hidrografia, a altitude, a geologia, a distribuição da população ou das espécies, os habitats, os sítios industriais ou ainda as zonas de risco natural.⁶³

⁶² Diretiva 2007/2/CE Do Parlamento Europeu e do Conselho de 14 de março de 2007. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:PT:PDF> (acedido em 07 Março, 2014)

⁶³ Infra-Estrutura de Informação Geográfica (INSPIRE). Disponível online em: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/general_provisions/128195_pt.htm (acedido em 27 Março, 2014)

O Tratado sobre o funcionamento da União Européia, em seu artigo 11º⁶⁴, prevê que aquilo que versar sobre a proteção do meio ambiente deve ser executado nas políticas e ações da União, com o objetivo de promover um desenvolvimento sustentável, ou seja, prevê a integração dos Estados e meios com vistas a evitar a ocorrência de danos ambientais.

Nesse sentido, a Inspire se apresenta com uma infra-estrutura de informação geográfica que permite um mapeamento das regiões e disponibilização desses dados em rede virtual, logo, importa em um acesso mais claro as realidades ambientais relevantes. Esta diretiva tem o objetivo de promover a disponibilização de informação de natureza espacial (abrangendo desde dados espaciais de natureza trans-setorial a dados espaciais específicos do setor ambiental), a qual deverá ser utilizada quando da formulação ou avaliação de políticas ambientais. Também, visa trazer aos cidadãos informações úteis em termos de ambiente,⁶⁵ efetivando, dessa forma, o princípio da informação ambiental.

Se a necessária informação do ambiente que todo o cidadão deve ter direito abarca dados relacionados à infra-estrutura, instalações poluentes, epidemiologia e inclusive organismos geneticamente modificados, dentre outros, não resta dúvida que a sinergia entre o Direito e a Geografia⁶⁶ deve ser efetivada e a Inspire apresenta-se como um bom mecanismo

⁶⁴ Tratado sobre Funcionamento da União Européia. Artigo 11º: “As exigências em matéria de pro-tecção do ambiente devem ser integradas na definição e execuções políticas e acções da Uni-ão, em especial com o objectivo de promover um desenvolvimento sustentável”. Disponível on-line em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:083:0047:0200:pt:PDF> (acedido em 14 Março, 2014)

⁶⁵ Diretiva Inspire. Disponível online em: http://snig.igeo.pt/Inspire/directiva_inspire.asp?menu=1 (acedido em 10 Março, 2014)

⁶⁶ E é relativamente a essa necessária sinergia que cumpre referir que, assim como a importância da aproximação en-tre Direito e Biologia para preservar o meio ambiente e o homem como uma de suas componentes, deu origem ao Biodireito e ao Direito Ambiental, os quais são o reflexo da expressão “desenvolvimento sustentável”, expressão que, por sua vez, nada mais é do que a necessidade de conhecer a ecologia e normatizar formas de preservá-la, uma vez que o desenvolvimento não pode comprometer as cadeias alimentares e a existência das gerações presentes e futuras.

O Geodireito surge no cenário do desenvolvimento tecnológico, econômico e ambiental, os quais têm como palco comum o espaço, que, por sua vez, tem como base científica a Geografia. E, é no espaço que as relações humanas ocorrem, sendo, então, de grande importância para harmonizar a escala geográfica perante a jurídica, o estudo deste dentro do Direito. SANCHES, Luiz Antonio Ugeda. O que é Geodireito? Disponível online em: <http://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI103305,51045-O+que+e+o+Geodireito> (acedido em 24 Março, 2014)

para efetivação desse direito à informação.

Ademais, os grandes privilegiados com esse mecanismo de controle são os poderes públicos, que podem fazer uso desse mecanismo tanto para o efetivo controle das normas impostas ao cultivo de organismos modificados, como para visualizar a viabilidade ou não de liberação do cultivo em determinadas áreas.

No momento em que a lei define a distância mínima entre o cultivo de OGM e não OGM em cada região da comunidade e em virtude do tipo de espécie cultivada e, ato contínuo se procede à demarcação das áreas em que há o plantio de cada espécie modificada e não modificada colocando-as a disposição no Geoportal Inspire, estar-se-á permitindo o conhecimento dessas áreas e, ao mesmo tempo, a monitorização dos cultivos.

A localização dos OGMs e sua devida demarcação de espaço territorial é uma das principais alternativas a tomar em consideração quando se fala na idéia de precaução de um possível dano a biodiversidade que estes podem vir a gerar em termos de mistura entre as espécies. Ou seja, através da escolha de uma localização mais adequada, optando por aquela que menor risco de dano apresente a coexistência com os organismos não geneticamente modificados e, conseqüentemente na delimitação de uma distância mínima entre o cultivo das duas espécies (OGM e não OGM), estar-se-á a tentar precaver tal situação de risco.

Frisa-se que a própria Diretiva no nº 5 do seu anexo III⁶⁷ prevê, quando se refere à saúde humana e segurança, a demarcação dos organismos geneticamente modificados no Geoportal, sendo que, para além desse item, há outros em que se poderiam introduzir dados relativos ao plantio de OGMs e das espécies biológicas como meio de monitorização das áreas e do espaço entre o plantio das diferentes culturas, como exemplo o campo destinado a distribuição das espécies.

Ao ser lançada no portal a localização espacial de cada plantação de organismos modificados e não modificados, melhor se torna a capacida-

⁶⁷ Diretiva Inspire, categoria de dados geográficos. Anexo III. Disponível online em: http://snig.igeo.pt/Inspire/temas_anexoiii.asp?menu=2 (acedido em 10 Março, 2014)

de de monitoramento dos referidos cultivos⁶⁸, bem como a percepção de obediência ou não às regras de segurança, tais como uma distância mínima entendida como segura para o cultivo de cada espécie. Ademais, a possibilidade de maior controle e rastreabilidade é fundamental até mesmo para eventuais regimes de responsabilidade.⁶⁹

A simples estipulação de uma distância aceitável como “segura” em termos ambientais e sua normatização não permite ao poderes públicos e aos cidadãos a certeza do seu cumprimento por aqueles que cultivam estes organismos. Já, com a utilização do portal, faz-se possível um maior controle sobre esses cultivos e conseqüentemente mais efetividade dá-se a lei.

O ato de controle deixa de estar apenas nas mãos dos titulares de poder e passa também a pertencer ao cidadão que, ao acessar o portal e verificar uma distribuição geográfica incorreta das culturas, pode fazer uso dos mecanismos de denúncia, exercendo sua ecocidadania. Quadro que contribui para o desenvolvimento sustentável, tendo em vista que este se pauta não apenas na proteção do meio ambiente, mas também no fato de os próprios cidadãos serem sujeitos ativos dessa proteção.

Ademais, efetiva o constante da Diretiva 2003/4 do Parlamento Europeu, a qual determina que para o fim de promover uma vasta disponibilização e divulgação de informação ambiental junto ao público, deve-se utilizar as tecnologias telemáticas ou eletrônicas, quando disponíveis.⁷⁰ Assim, a Diretiva Inspire se traduz, também, num mecanismo de efetivação do princípio da informação ambiental.

⁶⁸ A necessidade de monitoramento das regiões de cultivo dos organismos geneticamente modificados é fixada na Diretiva 2001/18/CE: “(44) Em conformidade com o Tratado, os Estados-Membros poderão tomar outras medidas relativas à monitorização e à fiscalização, designadamente por organismos oficiais, dos produtos colocados no mercado que contenham ou sejam constituídos por OGM”. Disponível online em: http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=PT&numdoc=301L0018&model=g_uichett (acedido em 11 Março, 2014)

⁶⁹ ESTORNINHO, Maria João. *Segurança Alimentar e a Proteção do Consumidor de Organismos Geneticamente Modificados*. Almedina. Coimbra, 2008. Pág. 88.

⁷⁰ DIRECTIVA 2003/4/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 28 de Janeiro de 2003 relativa ao acesso do público às informações sobre ambiente e que revoga a Directiva 90/313/CEE do Conselho. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:041:0026:0032:PT:PDF> Acesso em: 27.03.2014

7. CONCLUSÃO

Sabe-se que a gravidade dos danos que uma atividade pode causar é menor ou maior de acordo com a extensão, a magnitude, a complexidade, a probabilidade, a reversibilidade e a natureza transfronteiriça do impacto.⁷¹ E os organismos geneticamente modificados, uma vez misturados com as culturas biológicas, tendem a causar graves danos e de grande extensão à biodiversidade disponível, motivo pelo qual se visualiza a necessidade de uma correta demarcação geográfica legal para estas espécies.

Não se pode travar a ciência diante da dúvida, mas da mesma forma o ambiente, a biodiversidade e a segurança alimentar não podem ficar em risco ou à mercê da incerteza.

Exatamente na busca do equilíbrio entre desenvolvimento e sustentabilidade é que, diante da dúvida quanto à situação fatídica de contaminação entre espécies por OGM, o princípio da precaução, como já mencionado, ordena que pairando incerteza sejam colocados em prática todos os mecanismos que possam evitar ou minimizar os danos prováveis daquela atividade.

Por seguinte, a estipulação de áreas para o cultivo de OGM e não OGM é entendida como meio ideal para a efetivação do princípio da precaução e proteção do ambiente e das espécies naturais, no que toca aos organismos geneticamente modificados.

Assim, a conjugação do Direito, para ditar a norma de plantio, e da Geografia, para melhor delimitar, no contexto do espaço, os locais destinados a esse cultivo e uma distância “segura” entre a cultura geneticamente modificada e não geneticamente modificada, visa possibilitar à coexistência de ambas as espécies.

Nesse sentido é que, se o objetivo do direito pode ser compreendido como o de fazer Justiça por meio da aplicação da norma e o da Geografia planejar e estudar o espaço, o encontro destas duas disciplinas se justifica pela busca do espaço justo.⁷²

⁷¹ ARAGÃO, Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente. n° 22, v.2, Ano 11 (2008). Pág. 28.

⁷² SANCHES, Luis Antonio Ugeda. Importância e aspectos ambientais do Geodireito. Disponível em: <http://www.observatorioeco.com.br/importancia-e-aspectos-ambientais-do->

BIBLIOGRAFIA

- ARAGÃO, Alexandra. A prevenção de Riscos em Estado de Direito Ambiental na União Européia. Disponível online em: <http://www.ces.uc.pt/aigaion/attachments/Prevencao%20de%20Riscos%20em%20Estados%20de%20Direito%20Ambiental.pdf-1a14060ed87cb105d54a17036cac71fa.pdf> (acedido em 17 Março, 2014)
- ARAGÃO, Alexandra (2013). Carta dos Direitos Fundamentais da União Européia: Comentada. Almedina. Coimbra, págs. 447/458.
- ARAGÃO, Alexandra. Direito Comunitário do Ambiente. Disponível online em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/17431/1/cadernos%20CEDOUA%20direito%20comunitario.pdf> (acedido em 16 Março, 2014)
- ARAGÃO, Alexandra (2008). Princípio da precaução: manual de instruções. Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente. n° 22, v.2, Ano 11. Págs. 9/57.
- BELTRÃO, Antônio F. G. (2009). Curso de Direito Ambiental. Método. São Paulo.
- BASTOS, João Pereira (2002). A Convenção sobre Diversidade Biológica e os problemas dos organismos geneticamente modificados. In Revista Portuguesa de Instituições Internacionais e Comunitárias, n°4, págs. 59/77.
- CASSELLA, Àssima Farhat Jorge (Dissertação Mestrado - 2009). A implementação do Princípio da Precaução pela União Européia no comércio internacional de OGMs: uma análise do posicionamento da OMC. Coimbra.
- CANOTILHO, J. J. Gomes & MOREIRA, Vital (2007). “Constituição da República Portuguesa anotada”, Volume I, 4ª Edição, Coimbra Editora, Coimbra.
- ESTORNINHO, Maria João (2008). Segurança Alimentar e a Proteção do Consumidor de Organismos Geneticamente Modificados. Almedina. Coimbra.
- FERREIRA, Jorge. Culturas geneticamente modificadas uma ameaça a vida!. Disponível online em: <http://www.agrosanus.pt/doc/ogm-milho.pdf> (acedido em 11 Março, 2014)
- GONÇALVES, Maria Eduarda (2008). Regulação do risco e risco da regulação o caso dos organismos geneticamente modificados. In: Estudos comemorativos dos 10 anos da Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Vol.1. Almedina. Coimbra, págs. 440/471.
- HAMMERSHMIDT, Denise. O risco na sociedade contemporânea e o princípio da precaução no Direito Ambiental. Disponível online em: http://www.estig.ipbeja.pt/~ac_direito/riscosociedade.pdf (acedido em 16 Março, 2014)
- LEITÃO, Alexandra (2006). Insegurança e produtos transgênicos. In: Economia Pura. Ano 8, n° 75, págs. 124/127.

LEITE, José Rubens Morato & CAETANO, Matheus Almeida (2012). Aproximações à sustentabilidade material no Estado de Direito Ambiental brasileiro. In: *Agrotóxicos: A nossa saúde e o meio ambiente em questão aspectos técnicos, jurídicos e éticos*. Funjab. Florianópolis, págs. 347/379.

MORESCHI, Lucia & DISIMINE, Damiano (2001). Lemgambiente e gli OGM: dalle garanzie per la salute Allá tutela delle biodiversità e della tipicità delle produzioni agroalimentaria. In: *Notizie di Politeia. Rivista di Etica e Scelte Pubbliche*. Ano XVII, nº 62, págs. 257/259.

MORGATO, Melissa (2013). Organismos geneticamente modificados: algumas questões jurídicas. In: *Estudos de Direito Alimentar*. Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Lisboa, págs. 143/174. Disponível online em: http://www.icjp.pt/sites/default/files/publicacoes/files/ebook_diralimentar_out2013.pdf (acedido em 13 Março, 2014)

MUÑOZ, Emilio (2001). *Biotechnología y sociedad: encuentros y desencuentros*. Cambridge University Press. Madrid.

SANCHES, Luis Antonio Ugeda. Importância e aspectos ambientais do Geodireito. Disponível online em: <http://www.observatorioeco.com.br/importancia-e-aspectos-ambientais-do-geodireito/> (acedido em 10 Março, 2014)

SANCHES, Luiz Antonio Ugeda (2013). “Legislação Geografia e Geodireito”. Palestra in: *Geotecnologias na Gestão Pública*. Rio de Janeiro UERJ. Disponível online em: <http://www.youtube.com/watch?v=iVSynoYG4ss> (acedido em 27 Março, 2014)

SANCHES, Luiz Antonio Ugeda. O que é Geodireito? Disponível online em: <http://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI103305,51045-O+que+e+o+Geodireito> (acedido em 24 Março, 2014)

SITE

Comissão Européia. Uma década de pesquisa em OGM financiada pela UE (2001-2010). Disponível online em: http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/11/Uma_decada_de_pesquisa_em_OGM.pdf (acedido em 26 Março, 2014)

Commission Recommendation of 23 July 2003 on guidelines for the development of national strategies and best practices to ensure the coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming (notified under document number C(2003) 2624). Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003H0556:EN:HTML> Convenção da Diversidade Biológica. Disponível online em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_dpg/_arquivos/cdbport.pdf (acedido em 16 Março, 2014)

Convenção de Aarhus (Convenção sobre o Acesso à Informação, Participação do Público no Processo de Tomada de Decisão e Acesso à Justiça em Matéria de Ambiente). Disponível online em: <http://www.gddc.pt/siii/docs/rar11->

2003.pdf (acedido em 21 Março, 2014)

Culturas geneticamente modificadas na agricultura portuguesa: competitividade e sustentabilidade. Disponível online em: <http://www.esac.pt/cernas/ogm.htm> (acedido em 10 Março, 2014)

Declaração de Estocolmo de 1972. Disponível online em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/estocolmo1972.pdf> (acedido em 27 Março, 2014)

Diretiva 2003/4/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de Janeiro de 2003, relativa ao acesso do público às informações sobre ambiente e que revoga a Diretiva 90/313/CEE do Conselho. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:041:0026:0032:PT:PDF> (acedido em 27 Março, 2014)

Diretiva 2007/2/CE Do Parlamento Europeu e do Conselho de 14 de março de 2007. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:PT:PDF> (acedido em 07 Março, 2013)

Diretiva 2001/18/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de Março de 2001, relativa à libertação deliberada no ambiente de organismos geneticamente modificados e que revoga a Diretiva 90/220/CEE do Conselho. Disponível online em: http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=PT&numdoc=301L0018&model=guichett (acedido em 11 Março, 2014)

GREENPEACE. Resistência antibiótica em organismos geneticamente modificados. Disponível online em: http://www.greenpeace.org.br/transgenicos/pdf/resistencia_antibiotica.pdf (acedido em 16 Março, 2014)

INSPIRE EU. Informação sem fronteiras. Disponível online em: <http://snig.igeo.pt/Inspire/oquee.asp?menu=1> (acedido em 10 Março, 2014)

Organismos Geneticamente Modificados. Disponível online em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Organismos_geneticamente_modificados (acedido em 07 Março, 2014)

Protocolo de Cartagena sobre Biodiversidade. Disponível online em: <http://bcd.int/protocol/text/> (acedido em 16 março, 2014)

Relatório da Comissão das Comunidades Europeias ao Conselho e ao Parlamento Europeu sobre a coexistência de culturas geneticamente modificadas com culturas convencionais e biológicas. Ano 2009. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0153:FIN:en:PDF> (acedido em 26 Março, 2013)

Regulamento (CE) n.º 1946/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Julho de 2003, relativo ao movimento transfronteiriço de organismos geneticamente modificados. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003R1946:PT:HTML> (acedido em 11 Março, 2014)

Rio+20 “O futuro que queremos”. Documento final. Disponível online em: <https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216-l-1-spanish.pdf>.pdf (acedido em 16 Março, 2014)

Tratado sobre Funcionamento da União Européia. Disponível online em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:083:0047:0200:pt:PDF> (acedido em 21 Março, 2014)

ARTIGO 10

AQUISIÇÃO DE DADOS TRIDIMENSIONAIS EM AMBIENTE SIG

FRANCO, António Sousa¹; MARQUES, Ana² & DIAS, José

Instituto Geográfico do exército
Av. Alfredo Bensaúde, 1849-014 Lisboa

¹ afranco@igeoe.pt

² marques.ana.t.n@gmail.com

RESUMO

O processo de produção cartográfica da Carta Militar, Série M888, escala 1:25 000 do Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) consiste numa sequência de passos de elevada complexidade mas que são normalmente abordados de forma autónoma sendo a aquisição de informação efetuada por processos fotogramétricos a primeira dessas etapas. Tendo como objetivo tirar partido das potencialidades de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a produção cartográfica foi precisamente neste primeiro passo que esse conceito foi introduzido no IGeoE.

Devido às implicações que tal alteração representa numa Cadeia de Produção que tem vindo ao longo dos tempos a ser adaptada e aperfeiçoada e atendendo ao elevado investimento que representa é necessário que a sua implementação seja feita de forma faseada.

Pretende-se, portanto, com este artigo abordar de forma resumida a atualização do processo de aquisição de dados em ambiente estereoscópico recorrendo a Sistemas de informação geográfica, salientando o tipo e o formato de dados que assim são obtidos, assim como os diversos processos que visam tornar essa informação o mais coerente possível com a realidade existente no terreno.

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_10

PALAVRAS-CHAVE

SIG, Fotogrametria, Cartografia, Estereoscopia, Base de dados.

ACQUISITION OF 3D DATA IN GIS ENVIRONMENT

ABSTRACT

The process of cartographic production of M888 military map of the Army Geographic Institute (IGeoE) at scale 1:25 000, consists in a high complexity sequence of steps which are usually discussed separately. Being the acquisition of spatial information from stereoscopic pairs the first of these steps, it was precisely where has been introduced the concept of using Geographic Information Systems (GIS) to produce spatial data.

Due to the implications that this change represents for a system that has over the years being adjusted and tuned, given the high investment so that it becomes feasible it is necessary for its implementation be done in a phased manner.

Therefore, we intend to approach with this article in brief the process of adapting the methods of acquiring stereoscopic environment, using GIS, emphasizing the type and format of data that are obtained, and the various processes that aim to make this information as consistent as possible with the existing reality on the ground.

KEYWORDS

GIS, Photogrammetry, Cartography, Stereoscopy, Data base

1. INTRODUÇÃO

O IGeoE tem vindo ao longo dos tempos a garantir a cobertura cartográfica à escala 1:25 000 de todo o território nacional. Tal cartografia é criada tendo por base informação geográfica adquirida tanto com a tecnologia como com os conhecimentos técnicos mais avançados disponíveis à época em que tal é feito. Ao longo dos tempos os processos de aquisição de informação têm vindo a ser desenvolvidos, adaptados e melhorados de forma a possibilitar ao IGeoE a resposta a necessidades de redução de custos e de frequência de atualização cada vez mais exigentes. Tal acompanhamento tecnológico só se torna possível dando um peso destacado à componente de investigação e desenvolvimento do sistema de produção cartográfica já que se torna extremamente complexo o acompanhamento de uma evolução tecnológica em constante aceleração.

É neste contexto que surge o projeto SIG3D, que, apoiado pelo Centro de Investigação da Academia Militar (CINAMIL) visa a introdução do conceito de bases de dados geográficas no processo de produção cartográfica do IGeoE desde a aquisição na Secção de Fotogrametria. Tendo esse tema já sido descrito ao pormenor em Dias *et al.* (2011) este artigo pretende dar a conhecer o desenvolvimento do processo desde então, assim como uma abordagem dos resultados que se têm obtido e dos que se prevê vir a obter, dando uma ideia de algumas das mais-valias que tal alteração poderá ter num processo, único, de produção cartográfica como é o da Carta Militar à escala 1:25 000 do IGeoE.

2. O CICLO DE PRODUÇÃO CARTOGRÁFICA NO IGEOE

A aquisição de informação tridimensional por métodos fotogramétricos é o primeiro processo assim como o que exige mais recursos de uma cadeia de produção cartográfica modelada pelos requisitos de qualidade que sempre lhe foram imputados. O respetivo resultado consiste em ficheiros com informação georreferenciada que, após uma primeira validação temática e geométrica ainda em ambiente estereoscópico, são sujeitos a um processo de completagem por equipas de topografia onde a informação é confrontada com a realidade do terreno. Segue-se então um conjunto de processos de validação de conteúdo, geométrica e topológica, para finalmente ser inserida na Base de Dados Geográfica do Instituto.

A principal finalidade da Base de Dados Geográfica é a produção da cartografia impressa 1:25 000 sendo este o produto mais emblemático do IGeoE assim como uma referência a nível nacional e internacional. No entanto, tendo em conta a sua abrangência e nível de pormenor, esta é cada vez mais disponibilizada para outro tipo de fins tendo, por esse motivo, uma elevada importância a qualidade com que essa informação é apresentada tanto a nível geométrico como de classificação ou a nível de consistência topológica.

Para efeitos de cartografia militar, o passo seguinte consiste na edição da informação que se encontra na Base de Dados Geográfica (Figura 1), transformando-a e adaptando-a, criando desta forma uma Base de Dados

Cartográfica destinada à representação do terreno em duas dimensões. Aqui a informação é simbolizada e editada com o objetivo de possibilitar uma melhor visualização e interpretação à escala que se destina. Posteriormente, essa mesma Base de Dados Cartográfica é sujeita a diversos processos de controlo de qualidade, findos os quais, os dados geográficos voltarão a ser editados até estar garantida mais uma vez a qualidade suficiente para o passo seguinte, a impressão. No entanto, se a finalidade da informação for outra que não a cartografia, é importante garantir uma consistência topológica, o que se consegue através de um conjunto de processamentos que corrigem erros topológicos garantindo assim que a Base de Dados Geográfica a tenha. Tendo a noção de que até aqui a informação era adquirida em formato DGN, com o qual eram bastante complexos esse tipo de processamentos, é precisamente neste ponto que se pretende e espera vir a tirar grande partido do conceito de base de dados na cadeia de produção.



Figura 1 - Informação adquirida respeitante a uma folha da carta militar à escala 1:25000 do IGeoE

3. EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO FOTOGRAMÉTRICA

3.1. Estado inicial

Anteriormente à introdução do conceito de Bases de Dados Geográficos no processo de restituição fotogramétrica era utilizada uma metodologia

baseada essencialmente em *software* CAD (*Computer Assisted Design*), onde a informação era registada em ficheiros com o formato DGN (*design*), formato proprietário do *Microstation*, da *Bentley*, distinguindo cada um dos objetos pela diferenciação dos respetivos atributos (Cor, nível, tipo e espessura). A cada tema existente no catálogo de elementos era atribuído um código composto pela informação respeitante a esses atributos não existindo dois iguais. Eram então utilizadas tabelas em ficheiros de texto, que continham esses códigos, às quais o *software* recorria para identificar o tipo de objeto com que estava a lidar.

Tal processo era assente em diversas aplicações MDL que foram desenvolvidas, algumas delas no IGeoE, ao longo dos tempos e que executavam, de forma precisa e confiável, todas as tarefas necessárias à cadeia de produção. No entanto, o processo mostrava-se limitado na manipulação da informação altimétrica fora do ambiente estereoscópico e à reduzida análise espacial permitida pelo ambiente CAD.

No que respeita ao armazenamento da informação, esta era guardada em ficheiros DGN contendo, cada um deles, a informação da respetiva folha da Carta Militar M888 à escala 1:25 000. Com uma área de 160 Km² e por ser considerada a unidade mínima de trabalho na Cadeia de Produção coincidia com a área de trabalho atribuída a cada operador e assim prosseguia ao longo da cadeia até ser armazenada num diretório que contém todas as folhas do território nacional dessa mesma Série.

3.2. Fase intermédia

A primeira fase de implementação do projeto SIG 3D consistiu essencialmente na alteração do software de restituição para um que fosse diretamente compatível com um SIG. Tendo sido escolhido o “Summit Evolution” desenvolvido pela DAT/EM Systems International, o qual é inteiramente conciliável com o ArcGIS sendo assim possível, sem alterar significativamente o processo de restituição para o operador, incutir este novo conceito na aquisição.

Sendo a restituição fotogramétrica o início da cadeia de produção cartográfica, a aquisição de informação passa a ser efetuada já em formato

SIG, salvaguardando-se a possibilidade de em qualquer outra fase da cadeia esta se converter para DGN de forma a possibilitar a utilização do processo antigo ainda em utilização até que a restante cadeia de produção seja adaptada, o que deve acontecer de forma gradual.

A unidade trabalho continua a ser a folha da carta M888, 160 Km², sendo no entanto a informação restituída já em formato SIG diretamente para uma GeoDataBase (GDB). Se para o operador a diferença é mínima, para efeitos de qualidade da informação nota-se um elevado ganho, já que se passa a tirar partido das capacidades que um sistema deste tipo pode apresentar, análise e capacidade de correção topológica, possibilidade de análise espacial e principalmente a utilização das inúmeras ferramentas de geoprocessamento. Sendo esta uma solução temporária que permite a adaptação de todo o processo de aquisição de informação sem que a produtividade seja afetada significativamente foi para o efeito utilizada uma GDB que continha uma *Feature Class* (FC) para armazenar cada um dos objetos pertencentes ao catálogo de elementos da Carta Militar M888 do IGeoE. Esta solução tem o inconveniente de não concordar com o conceito de Base de Dados, já que por exemplo uma estrada larga será um tipo de objeto diferente de uma estrada estreita e não o mesmo objeto com um atributo diferente, o mesmo acontecendo com todos os outros elementos da referida carta o que faz com que a GDB tenha aproximadamente 270 tabelas diferentes. Também o processo de completagem já é efetuado em ambiente SIG, permitindo integrar o Cadastro Militar¹ na mesma estrutura de dados da restante informação.

3.3. Estado final desejado

Para se conseguir tirar o máximo partido de uma base de dados que contenha uma tão elevada quantidade de informação é fundamental a utilização de uma estrutura correta. Por esse motivo procedeu-se à modelação da Base de Dados Geográfica a utilizar na produção havendo a necessidade de estudar a fundo cada um dos objetos que ela tenha de conter, diminuindo drasticamente o número de FC e identificando

¹ Cadastro Militar - Conjunto de atributos alfanuméricos, de interesse militar, que caracterizam alguns elementos da Carta Militar.

tipos específicos de objetos através de atributos, mantendo a essência da Carta Militar. Desta forma, o peso da informação, para efeitos de armazenamento, será muito menor em relação ao método inicialmente utilizado durante a fase de testes. Essa solução permite a inclusão da informação referente a todo o território nacional numa única Base de Dados Geográfica multiutilizador armazenada num servidor, que pode ser acedida para efeitos de edição ou atualização em qualquer altura e por qualquer operador desde que, para tal, tenha permissões. Além de ter todos os temas concentrados e disponíveis numa única base de dados com ligações topológicas garantidas a três dimensões, poderão ser gerados novos produtos como por exemplo, redes viárias ou hidrográficas a três dimensões que abranjam todo o território nacional e onde todos os objetos estejam interligados entre si.

4. INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA ADQUIRIDA

De forma a garantir a normalização da informação adquirida por cada um dos operadores na Secção de Fotogrametria foi criado um Guia de Extração, uma evolução das Normas de Aquisição já utilizadas no IGeoE face a adaptação do processo de aquisição de dados da Carta Militar. Este documento define de forma clara o modo como cada operador deve extrair a informação de cada par estereoscópico, assim como o método a utilizar, minimizando erros de interpretação assim como a aquisição de informação desnecessária ou a sua incorreta classificação.

A informação adquirida é integrada em cada um dos seguintes temas: vias de comunicação; hidrografia; construções; altimetria ou vegetação, os quais, acrescentando os limites e a toponímia, que têm outros métodos de aquisição, constituem os temas da nova Base de Dados Geográfica tal como apresentado na Figura 2. São portanto vários os temas adquiridos em ambiente estereoscópico, tendo por sua vez cada um deles uma série de entidades diferentes que na base de dados passarão a ser distinguidos por diversos atributos. Por exemplo, no tema vias de comunicação será criado o subtipo estrada e outro subtipo caminho pertencentes à mesma FC e podendo ainda cada um conter elementos distinguidos através de

uma atributo (larga ou estreita no caso das estradas e carreteiro ou pé posto no caso dos caminhos) distinguindo desta forma o que anteriormente pertencia a diferentes tabelas da base de dados.

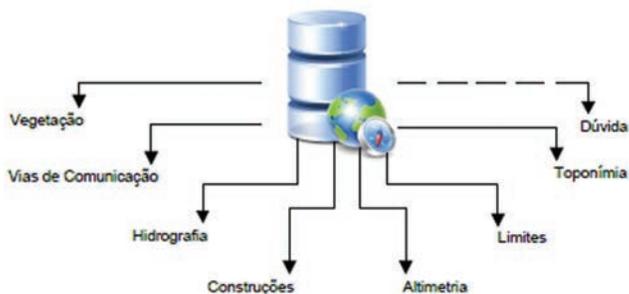


Figura 2 - Estrutura da nova base de dados geográfica a utilizar pela aquisição

Tendo em conta a fase em que o processo se encontra, onde já estão a ser utilizadas para aquisição de informação bases de dados com todas as suas potencialidades, vão sendo encontradas para cada um dos diversos temas situações que anteriormente não eram detetados ou que, se o eram, podiam ser resolvidos com recurso a aplicações que já não são compatíveis com as ferramentas em uso. Assim sendo, é necessário criar vários processos de validação de dados pelo operador, o que é conseguido com recurso a ferramentas de topologia ou de geoprocessamento automático, garantindo uma melhor qualidade nos dados imediatamente após a aquisição na Secção de Fotogrametria. Este é no entanto um processo moroso que muitas vezes depende de parâmetros que podem variar de folha para folha e que levam em consideração o tipo de geografia que esta apresenta. Dando como exemplo uma rede viária composta por diferentes tipos de vias de comunicação onde, por possível falha do operador, determinadas ligações não tenham o valor de cota coincidente. Neste caso onde visualmente existe uma ligação entre os diferentes troços, como têm diferentes valores de cota o software não considerará tal junção passando a haver uma falha nessa rede (Figura 3). Tal facto poderá facilmente ser identificado e corrigido com ferramentas de topologia, dando assim garantias de que a informação final se encontrará

no formato correto.

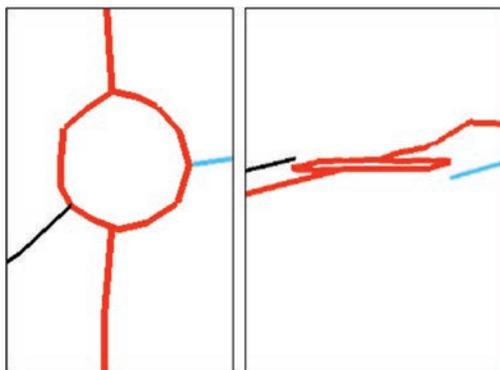


Figura 3 - Ligação de diversas vias visualizadas em 2D e em 3D

5. ATUALIZAÇÃO VS RESTITUIÇÃO DE RAIZ

Uma outra questão que se coloca no projeto SIG3D é, até que ponto, se pode considerar uma atualização de informação de anteriores versões de cada folha. Tendo em conta as 632 folhas da carta militar à escala 1:25 000 só em Portugal Continental são, em média, publicadas 35 folhas, Série M888, por ano, valor que não permite ter o grau de atualização desejável face à importância desta informação para o País. Considerando o período de tempo, é elevada a necessidade de atualização face às alterações introduzidas na superfície terrestre pela ação humana. Se em temas como a altimetria ou a hidrografia, que praticamente não sofrem alterações a quantidade de informação a atualizar é reduzida já a vegetação, pelo contrário, é totalmente modificada. Os restantes temas obrigam uma abordagem mais cuidadosa no momento da sua atualização. No que diz respeito a construções; rede viária e edifícios num elevado número de casos é necessária a sensibilidade por parte do operador sobre o possível aproveitamento dos dados existentes na versão anterior sendo obrigado a decidir acerca da opção a tomar (manter/corrigir/apagar ou fazer de novo) tornando-se mais simples e mais rápida a aquisição total do objeto. Por outro lado, a evolução tecnológica dos últimos anos permite uma

exatidão posicional dos dados adquiridos substancialmente superior ao que era possível em versões anteriores, o que complica o processo de decisão. Dependendo sempre da escala a que se pretende representar, tal como se pode verificar na Figura 4, o facto de se assumir uma discrepância em dados referentes ao mesmo objeto mas em edições diferentes poderá representar uma enorme redução no tempo de trabalho de cada folha, significando isso obviamente uma redução do ciclo de atualização assim como uma redução de custos a ela associados.



Figura 4 - Comparação da versão de 2001 (a verde) com a versão de 2003 (vermelho) da informação adquirida por métodos fotogramétricos e em diferentes escalas

6. CONCLUSÕES

Sendo este um projeto de cariz prático, a decorrer na Secção de Fotogrametria do IGeoE que se encontra em fase de implementação na sua cadeia de produção cartográfica é difícil retirar conclusões fundamentadas dos seus resultados já que ao nível da aquisição ainda muito se encontra por desenvolver e as alterações já efetivadas implicam uma alteração na forma de trabalho do operador. Por esta razão, os resultados a que se tem chegado são obviamente enganadores em relação às potencialidades que a base de dados pode apresentar na cadeia de produção cartográfica, até porque será nas fases de validação e edição que estas se vão fazer sentir muito mais. O facto é que a informação que é restituída, passa a ter uma consistência topológica muito maior, face aos métodos anteriores, o que é conseguido de forma natural com a utilização dos novos softwares e

por automatismos por ele disponibilizados. Desta forma não se terá de recorrer a aplicações externas e os posteriores processos de validação serão bastante simplificados. Devido à possibilidade de relacionamento entre os diferentes tipos de objetos, será também possível automatizar parcialmente diversos processos de edição para representação cartográfica.

Por estes motivos, é consensual a opinião de que este é um passo incontornável para a simplificação e aperfeiçoamento de todo o processo de produção cartográfica no IGeoE, de forma a maximizar exponencialmente os recursos que esta instituição dispõe com o objetivo de produzir informação georreferenciada.

BIBLIOGRAFIA

DIAS, Rui; MARQUES, Ana; DIAS, José (2011) - “Aquisição de Dados em SIG3D no IGeoE”. Conferencia Nacional de Cartografia e Geodesia. Texto não publicado

ARTIGO 11

IDENTIFICAÇÃO DE VEGETAÇÃO URBANA COM FOLHA CADUCA E PERENE EM IMAGENS MULTIESPECTRAIS

LOPES, Ricardo¹ & FONTE, Cidália C.²

¹ Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica; Departamento de Matemática - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra; Departamento de Geografia - Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra; Email: Ricardo_17665(at)hotmail.com

² Departamento de Matemática - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra; Apartado 3008, EC Universidade, 3001-454 Coimbra, Portugal; Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESCC); Tel: +351 239791150; Fax: +351 239793069; Email: cfonte(at)mat.uc.pt

RESUMO

Neste artigo apresentam-se resultados preliminares do trabalho desenvolvido com o objetivo de fazer a classificação da vegetação urbana, separando-a em vegetação de folha caduca e perene, utilizando apenas uma imagem multiespectral de inverno. Foi utilizada uma imagem do sensor Quickbird composta por quatro bandas espectrais, com uma resolução espacial de 0,6 metros. A abordagem usada consiste na combinação dos resultados obtidos com duas metodologias diferentes utilizando classificadores não rígidos, nomeadamente um classificador baseado na teoria de Dempster - Shafer e outro classificador baseado na análise da mistura espectral em cada pixel (Spectral Mixture Analysis) e uma árvore de decisão. A avaliação dos resultados obtidos foi feita através de análise visual. Os resultados mostram que foi possível identificar a maioria das zonas com os dois tipos de vegetação, havendo no entanto algumas dificuldades, principalmente nas zonas de sombra.

PALAVRA-CHAVE

Vegetação urbana, Folha caduca, Folha perene, Imagem multispectral, Classificadores não rígidos

EXTRACTION OF URBAN DECIDUOUS AND EVERGREEN VEGETATION FROM MULTISPECTRAL IMAGES

ABSTRACT

In this article the preliminary results of the work developed to perform the classification of urban vegetation into deciduous and evergreen vegetation, using only a winter image, is presented. An image of the Quickbird sensor with four multispectral bands and a spatial resolution of 0.6 meters was used. The methodology used consists in combining the results obtained with two different approaches using soft classifiers, namely a classifier based on Dempster-Shafer theory, the spectral mixture analysis classifier and a decision tree model. The assessment of the results accuracy was made by visual analysis. The final result shows that, even though some difficulties were found due to the present of shadows in the image, the presented methodology enabled the correct identification of most vegetation regions as well as its separation into evergreen and deciduous.

KEYWORDS

Urban vegetation, Deciduous, Evergreen, Multispectral image, Soft classifiers

1. INTRODUÇÃO

A vegetação em contexto urbano é sem dúvida um recurso importante. A sua existência tem benefícios, de carácter ecológico, social, estético e económico (Tryäinen, 2005), tais como a melhoria da qualidade do ar e a regulação da temperatura ambiente (Avisar, 1996; Grimmond *et al.*, 1996; Nowak & Dwyer, 2000), bem como a regulação da radiação solar que incide nos edifícios (Tooke & Voogt, 2009). As duas últimas variáveis podem ter influência significativa no consumo de energia (Akbari & Konopacki, 2004), tanto nos meses de inverno como de verão, assim como na possibilidade de utilização de energia solar para aquecimento ou produção de energia.

Contudo, alguns tipos de vegetação têm variações sazonais importantes,

em que as suas características são alteradas. A vegetação de folha perenifolia mantém as suas folhas durante todo o ano, enquanto a vegetação caducifolia perde as suas folhas nos meses de inverno, pelo que os dois tipos de vegetação influenciam o meio urbano envolvente de formas diferentes, sendo essencial identificar os locais onde existe cada um.

Em trabalhos desenvolvidos com o objectivo da criação de mapas de vegetação urbana, com a separação em vegetação de folha caduca ou perene, foram utilizados diferentes tipos de dados, como imagens multiespectrais de inverno, provenientes de diversos sensores com diferentes resoluções espaciais (Ardila *et al.*, 2010; Small & Lu, 2005; Tooke *et al.*, 2009; Zhang, 2001). Nalguns casos, para além da utilização das imagens multiespectrais, os autores utilizaram ainda outro tipo de dados, tais como cartografia digital (Ardila *et al.*, 2010) e ainda dados altimétricos LiDAR (Tooke *et al.*, 2009). Os trabalhos desenvolvidos demonstram que a conjugação da informação espectral com a informação altimétrica obtida a partir de LiDAR permite obter bons resultados, porque consegue gerar informação relativa à extensão das áreas de vegetação, bem como a sua altura, permitindo também avaliar o efeito sazonal das sombras. Contudo, os dados LiDAR são muito dispendiosos e não são facilmente acessíveis.

Assim, é objectivo deste trabalho identificar metodologias que permitam construir mapas de vegetação urbana, fazendo a sua separação em folha caduca e perene, utilizando apenas uma imagem multiespectral de inverno. Com este propósito, foi feita a combinação dos resultados obtidos com duas metodologias para a classificação da vegetação existente numa imagem multiespectral Quickbird de uma parte da cidade de Coimbra, usando classificadores não rígidos. Apresentam-se neste artigo os resultados preliminares obtidos com ambas as metodologias e com uma combinação de ambas.

2. METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO

Neste trabalho são utilizados duas metodologias, utilizando dois classificadores não rígidos com o objetivo de diferenciar a vegetação urbana em vegetação com folha caduca e perene. Um classificador não

rígido avalia o grau de pertença de cada pixel da imagem a cada uma das classes consideradas, ao contrário de um classificador rígido que dá uma decisão final sobre a classe a que pertence cada pixel da imagem. Um classificador não rígido gera assim uma imagem para cada classe, representando para cada pixel o grau de pertença à classe em questão, normalmente numa escala de 0 (sem pertença) a 1 (pertença total).

Os classificadores não rígidos usados neste estudo foram o classificador Spectral Mixture Analysis (SMA), considerando uma modelação linear, e o Belclass, ambos classificadores supervisionados disponíveis no software IDRISI.

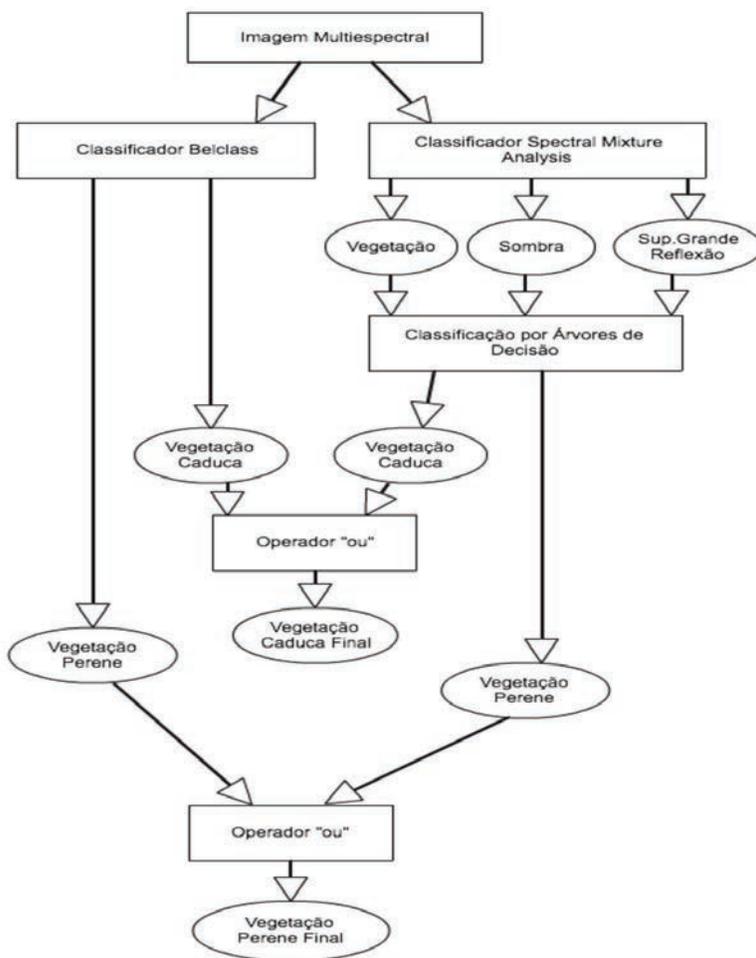


Figura 1 - Fluxograma da metodologia utilizada

2.1. Metodologia usando o classificador Belclass

Este classificador é baseado na teoria de Dempster-Shafer (Klir & Yuan, 1995). A utilização desta teoria permite considerar a existência de incerteza e ignorância no processo de classificação, e avaliar a crença (belief) ou a plausibilidade (plausibility) da associação de cada pixel da imagem a cada classe, usando a informação disponibilizada pelas amostras de treino. Os graus de crença traduzem em que medida a informação disponível confirma a associação de cada pixel a cada uma das classes e os graus de plausibilidade traduzem em que medida a informação disponível não apoia a hipótese do pixel pertencer a outra classe (Eastman, 2009). Assim, quanto maiores forem os valores de crença e de plausibilidade maior será a confiança na atribuição de um pixel a uma classe. Neste trabalho foram apenas usados os valores de crença, que variam entre 0 e 1. Para obtenção de um mapa rígido, onde cada pixel é associado a uma classe, atribui-se a cada pixel a classe a que corresponde um maior valor de crença.

2.2. Metodologia usando o classificador SMA e uma árvore de decisão

Nesta metodologia podemos identificar dois passos distintos, o primeiro consiste na utilização do SMA para estimar os graus de pertença dos pixels da imagem às classes definidas como puras e no segundo a utilização de um modelo de árvores de decisão para classificar as classes temáticas pretendidas (vegetação perene e caduca) com base nos valores obtidos com o SMA.

O SMA assume que o perfil espectral de cada pixel da imagem é uma combinação do perfil espectral de cada uma das classes consideradas puras (Goodwin *et al.*, 2005). Os perfis espectrais das classes puras são obtidos através de uma amostra de treino para cada classe. O método pretende identificar a proporção de cada classe pura em cada pixel, permitindo fazer a classificação de pixels mistos. Existem várias abordagens que permitem calcular a proporção de cada classe em cada pixel, considerando, por exemplo, uma variação linear ou uma abordagem probabilística (Eastman, 2009). Neste trabalho utilizou-se o modelo de

separação linear para calcular a proporção de cada classe em cada pixel, onde se considera que a combinação dos valores em cada banda é feita segundo uma variação linear. Assim, se por exemplo duas classes puras têm assinaturas em três bandas com valores de intensidade (24, 132, 86) e (56, 144, 98) respectivamente, então um pixel onde exista uma mistura de 50% de cada classe terá uma assinatura de 40, 138, 91, valores que são obtidos considerando as equações indicadas em (1).

$$\begin{aligned}0.5(24) + 0.5(56) &= 40 \\0.5(132) + 0.5(144) &= 138 \\0.5(86) + 0.5(98) &= 92\end{aligned}\tag{1}$$

Da mesma forma, para um pixel com resposta espectral de, por exemplo, (32, 135, 89) a proporção de pertença à primeira classe (F1) e à segunda classe (F2) será obtida através da resolução do sistema de equações lineares indicado em (2).

$$\begin{aligned}F1(24) + F2(56) &= 32 \\F1(132) + F2(144) &= 135 \\F1(86) + F2(98) &= 89\end{aligned}\tag{2}$$

Assim, teremos o número de variáveis igual ao número de classes e o número de equações igual ao número de bandas. Desta forma, para que o sistema tenha solução o número de classes não pode ser superior ao número de bandas utilizadas. Quando o número de classes é menor que o número de bandas é possível obter valores ajustados para as variáveis.

Com esta abordagem o número de classes puras a considerar é limitado, pelo que Tooke *et al.*, (2009) propuseram a utilização de uma árvore de decisão que permita fazer a classificação de subclasses das classes puras, recorrendo a amostras de treino. Esta metodologia foi também utilizada neste trabalho, tendo-se recorrido ao software de árvores de decisão DTREG - Predictive Modeling Software. Quando se pretendem identificar classes de vegetação, onde o valor do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) pode ser útil, este também poderá ser considerado nesta fase da classificação.

2.3. Combinação dos resultados

De modo que o resultado final tenha em consideração os resultados obtidos com as duas metodologias, fez-se a combinação dos resultados obtidos com ambas, através de uma sobreposição utilizando o operador lógico “ou”. Nos casos em que o pixel é classificado em classes de vegetação diferentes com as duas metodologias associa-se o pixel à classe a que correspondem um valor de crença mais elevado.

3. CASO DE ESTUDO

3.1. Dados utilizados

Foi utilizada uma imagem multiespectral do sensor QuickBird composta por quatro bandas multiespectrais (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo), com resolução espacial de 0,6 metros (ver Figura 2). A imagem, cedida pela Câmara Municipal de Coimbra, foi adquirida em Dezembro de 2004. O estudo foi feito numa zona urbana de Coimbra com uma área de aproximadamente 2,6 km².



Figura 2 - Área de estudo em composição falsa RGB432

3.2. Classificação

Foi feita a classificação da imagem usando as metodologias indicadas na secção 2. Para aplicação do classificador Belclass foram consideradas as classes vegetação caduca, vegetação perene, água, sombra e substrato de grande reflexão. Para a classificação com o classificador SMA não foi possível considerar exatamente as mesmas classes pois, como se utilizou o modelo de variação linear, as classes puras a considerar têm de ser em número inferior ao número de bandas da imagem. Assim, foram consideradas as classes vegetação, sombra e substrato de grande reflexão. A escolha das classes está de acordo com trabalhos anteriores de Tooke *et al.* (2009) e Small *et al.* (2006). Para as duas últimas classes (sombra e substrato de grande reflexão) consideraram-se as mesmas amostras de treino usadas para o Belclass. Para a vegetação a amostra de treino consistiu na junção das amostras de treino para vegetação de folha caduca e perene usadas com o classificador Belclass. Não se considerou neste caso a classe água, pois não era importante para este trabalho. A aplicação das árvores de decisão foi feita usando as amostras para folha caduca e perene e o resultado obtido com o classificador SMA, o que permitiu identificar os valores de proporção das classes puras que correspondem a cada um dos tipos de vegetação de interesse. No que diz respeito à vegetação caduca, para além dos valores limiar de proporção correspondentes das classes puras do SMA obtidos pelas árvores de decisão, foram utilizados como parâmetros os valores máximos obtidos das amostras para as classes puras sombra e substrato de grande reflexão e o valor mínimo de proporção obtido para a classe pura vegetação (ver Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros para a classificação de vegetação caduca com a metodologia SMA mais árvores de decisão

Classes Puras	Vegetação Caduca		
	Proporção	Valor Max	Valor Min
Vegetação	<0.55		0.1
Sombra	>0.40	0.91	
S.G.Reflexão	>0.03	0.3	

Para além dos valores indicados na Tabela 1, foi utilizado um limiar de NDVI de 0.2. Em relação à vegetação perene, foi estimado com as árvores de decisão o limiar do valor de proporção da classe pura “superfície de grande reflexão” do SMA e foi ainda usado como parâmetro de classificação o valor mínimo da proporção obtido para a classe “vegetação” pelo SMA, pois sem este valor era incluída alguma sombra que não continha vegetação. Os valores são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros para a classificação de vegetação perene com a metodologia SMA mais árvores de decisão

Classes Puras	Vegetação Perene	
	Proporção	Valor Min
Vegetação		0.04
Sombra		
S.G.Reflexão	≤ 0.03	

No que diz respeito a metodologia do classificador Belclass depois da aplicação do algoritmo foi produzido um mapa temático, onde a atribuição das classes foi feita com o máximo de valor de crença para cada pixel.

3.3. Resultados

Na Figura 3 estão representados os graus de pertença às classes puras obtidas com o classificador SMA.

Depois de aplicadas as duas metodologias os resultados foram sobrepostos com a imagem multiespectral QuickBird, possibilitando assim a avaliação visual dos resultados. Nas Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam-se os resultados obtidos para algumas zonas da área de estudo, representando-se com cores diferentes os pixéis que foram atribuídos a cada tipo de vegetação com cada um dos classificadores e com ambos, o que permite verificar que houve zonas que foram identificadas apenas por um dos classificadores.

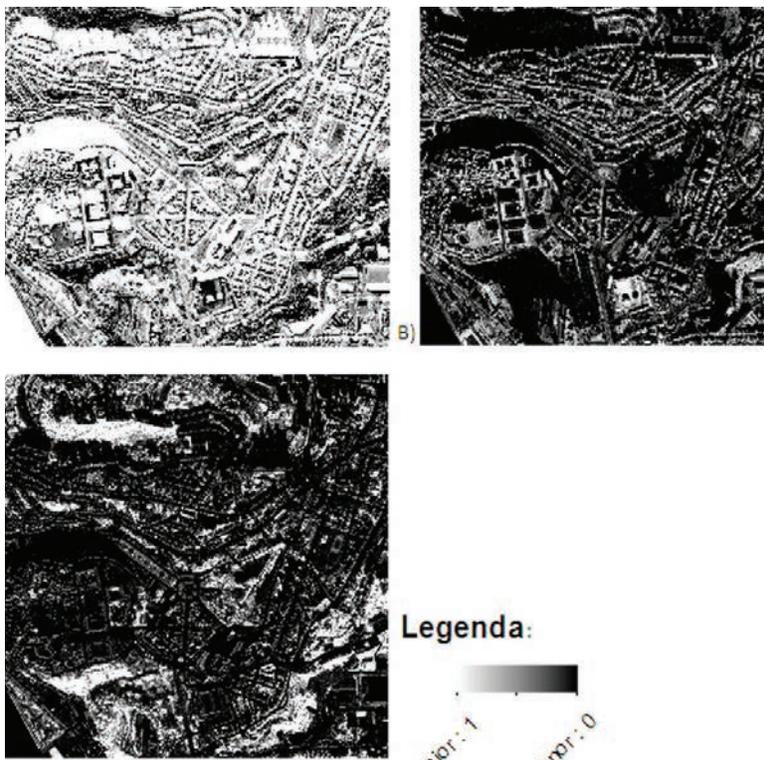


Figura 3 - Graus de pertença às classes puras obtidas do classificador SMA.
A- Sombra, B- Substrato de grande reflexão e C- Vegetação

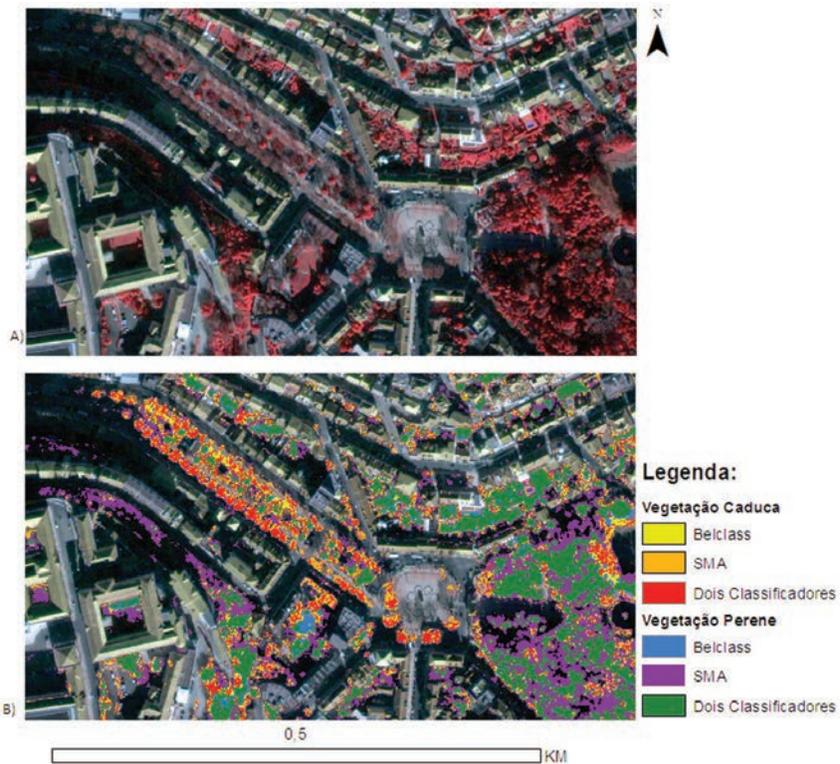


Figura 4 - Detalhe mostrando os resultados obtidos na zona da Praça da Republica. A) imagem multiespectral em falsa cor (RGB 432), B) Resultados obtidos com a combinação de ambos os classificadores sobreposta com a imagem em falsa cor

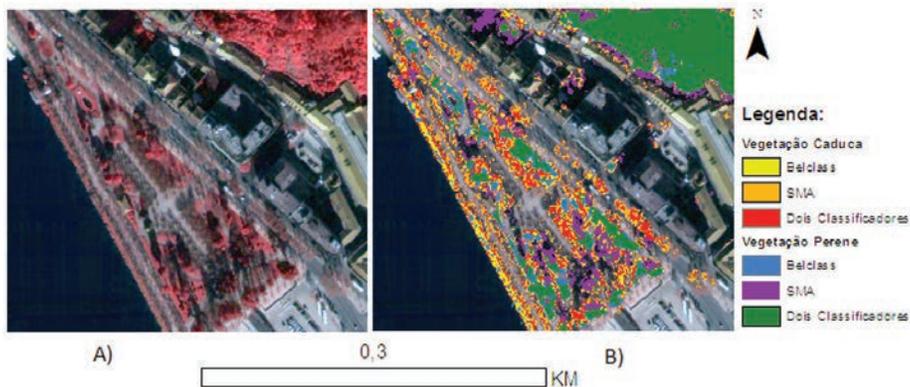


Figura 5 - Detalhe mostrando os resultados obtidos na zona do jardim Manuel Braga. A) imagem multiespectral em falsa cor (RGB 432), B) Resultados obtidos com a combinação de ambos os classificadores sobreposta com a imagem em falsa cor

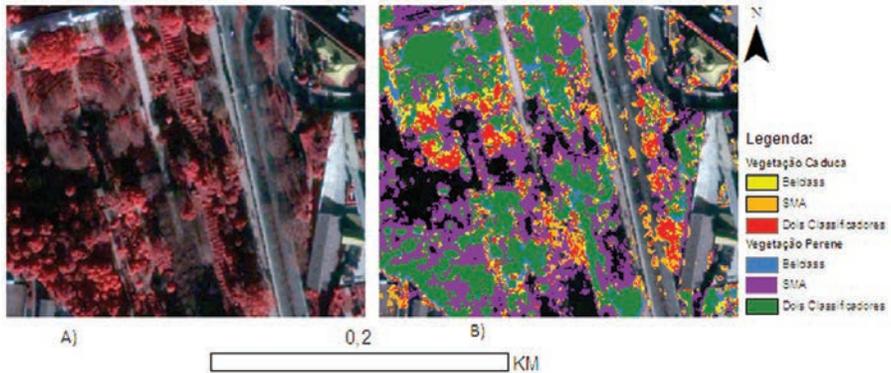


Figura 6 - Detalhe mostrando os resultados obtidos na zona do Jardim Botânico. A) imagem multiespectral em falsa cor (RGB 432), B) Resultados obtidos com a combinação de ambos os classificadores sobreposta com a imagem em falsa cor

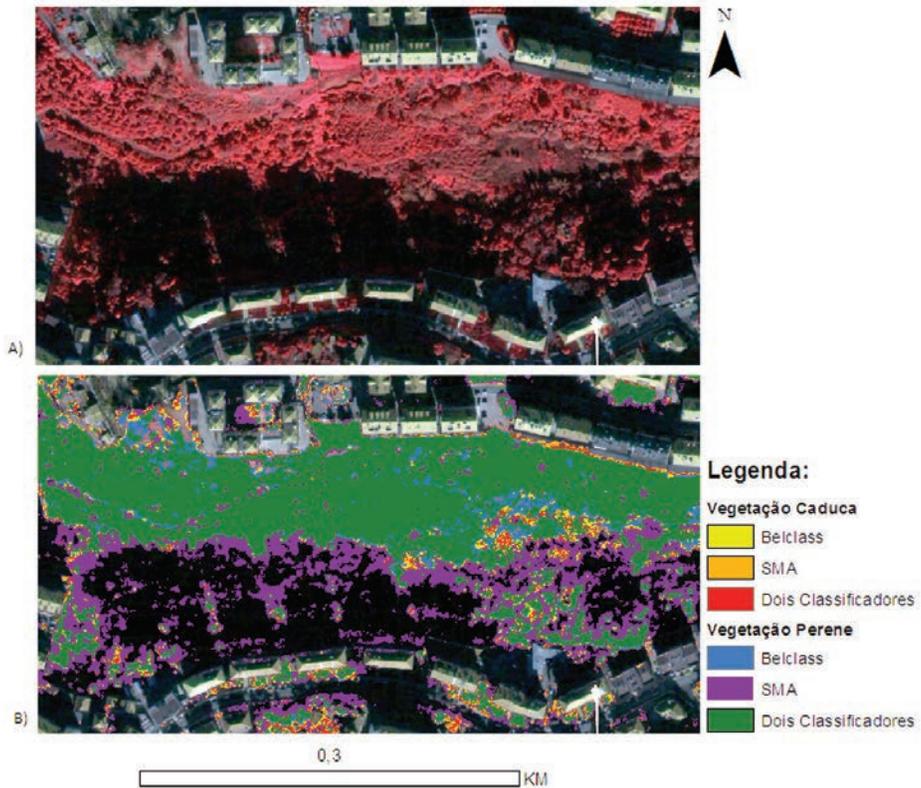


Figura 7 - Detalhe mostrando os resultados obtidos na zona fortemente afectada por sombra. A) imagem multiespectral em falsa cor (RGB 432), B) Resultados obtidos com a combinação de ambos os classificadores sobreposta com a imagem em falsa cor

Na Figura 8 mostra-se o resultado final da classificação de toda área de estudo considerando a combinação de ambas as metodologias.

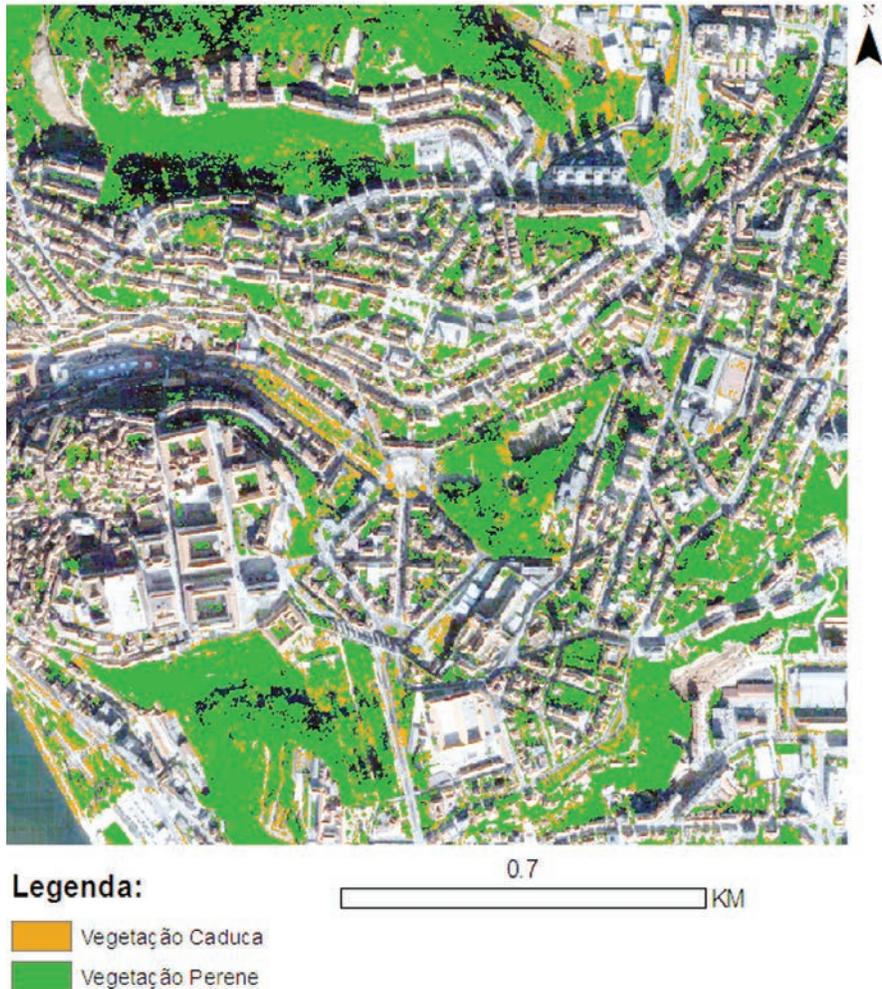


Figura 8 - Classificação geral da área de estudo com junção dos dois classificadores através do operador lógico “ou” e o valor de maior de crença aos dois tipos de vegetação

4. CONCLUSÕES

O trabalho realizado permitiu identificar a maioria das zonas da área de estudo que têm vegetação com folha caduca e folha perene. Mostrou-se que com cada uma das duas metodologias de classificação utilizadas

seria possível identificar algumas partes dessa vegetação. No entanto, utilizando apenas uma das metodologias os erros por omissão seriam em maior número, pelo que a combinação dos resultados das duas metodologias permitiu melhorar os resultados da classificação da imagem.

Apesar de as áreas de treino usadas para as classes correspondentes serem as mesmas para as duas metodologias, estas apresentam resultados diferentes. Se por um lado o SMA consegue classificar muita informação que está na sombra, por outro lado a vegetação sob forte efeito da radiação solar não é identificada com esta abordagem. Por outro lado, o classificador Belclass apresenta bons resultados na distinção da vegetação de folha caduca e folha perene, mas nas zonas afetadas pela sombra este classificador não consegue identificar muita da vegetação.

O SMA é um classificador flexível do que o Belclass, pois a definição das classes temáticas são produzidas através de limiares das classes puras e isto deixa ao utilizador maior margem para otimizar os resultados que pretende. Contudo, pode haver a necessidade de reajustar os parâmetros utilizados no SMA para a aplicação da metodologia proposta a outra imagem multiespectral.

A conjugação das duas metodologias propostas permitiu obter bons resultados utilizando apenas uma imagem multiespectral de inverno. No seguimento do trabalho desenvolvido pretende-se ainda testar a variabilidade dos resultados obtidos com a alteração das zonas de treino, nomeadamente da classe pura “vegetação” usada na metodologia que utiliza o SMA, na tentativa de eliminar alguns problemas que persistem ainda na classificação de algumas partes da imagem. Será ainda feita uma validação dos resultados recorrendo a uma matriz de confusão construída com dados de referência recolhidos na zona de estudo, o que permitirá quantificar a exactidão obtida através do cálculo de índices de exatidão globais e por classe.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente apoiado pelo projecto de I&D EMSURE-Energy and Mobility for Sustainable Regions (CENTRO 07 0224 FEDER

002004) e pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através do projecto PEst-OE/ EEI/UI308/2014.

Agradece-se também à Câmara Municipal de Coimbra a disponibilização da imagem multiespectral.

BIBLIOGRAFIA

- AKARI, Hashem *et al.* (2001) - "Cool surfaces and shade trees to reduce energy and improve air quality in urban areas". *Solar energy*, Vol 70, 295 - 310.
- AKARI, Hashem & Konopacki. (2004) - " Energy effects of heat-island reduction strategies in Toronto, Canada". *Energy*, Vol 29, 191 - 210.
- ALMEIDA, Ana. (2006) - "O valor das árvores e floresta urbana de Lisboa". Tese de Doutoramento em Arquitectura Paisagística - Instituto Superior de Agronomia .
- ARDILA, Juan Pablo *et al.* (2010) - "Context-Sensitive extraction of tree crown objects in urban areas using VHR satellite images." *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, Vol. XXXVIII-4/C7.
- AVISSAR, Roni. (1996) - "Potencial effects of vegetation on the urban thermal environment." *Atmospheric Environment*, Vol.30, N°3, 437-448.
- EASTMAN, Ronald, (2009) "IDRISI Taiga - Guide to GIS and Image Processing". Clark Labs. Clark University.
- GOODWIN, Nicholas *et al.* (2005) - "Assessing plantation canopy condition from airborne imagery using spectral mixture analysis and fractional abundances." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, N° 7, 11-28.
- GRIMMONG, Sue *et al.* (1996) - "The influence of tree cover on summertime energy balance fluxes". *Climate research*, Vol 6, 45-57.
- KLIR, G., YUAN, B. (1995) - *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic-Theory and Applications*. Prentice Hall PTR, New Jersey.
- NOWAK, David & Crane, Dwyer (2000) - "The urban forest effects (UFORE) model: Quantifying urban forest structure and functions." In M.Hans e T. Burks (eds) : *Integrated tools for natural resources inventories in the 21 Century*, ST Paul, Minnesota, 714-720.
- SMALL, Christopher & LU, Jacqueline (2006) - "Estimation and vicarious validation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis." *Remote Sensing of Environment*, Vol 100, 441-456.

- SHERROD, Phillip (2008) - "DTREG Predictive Modelling Software. Users Manual"
Disponível online no url: (www.dtreg.com/DTREG.pdf) (Acedido 28 Março
2014)
- TOOKE, Thoreau *et al.* (2009) - "Assessment of Urban Tree Shade Using Fused
LIDAR and High Spatial Resolution Imagery". Joint Urban Remote Sensing
Event. IEEE Catalog Number CFP09RSD-PRT.
- TOOKE, Thoreau *et al.* (2009) - "Extracting urban vegetation characteristics using
spectral mixture analysis and decision tree classifications". Remote Sensing
of Environment, Vol 113, 398-407.
- YUN, Zhang (2001) - "Texture-Integrated Classification of Urban Treed Areas in
High-Resolution Color-Infrared Imagery". Photogrammetric Engineering &
Remote Sensing Vol. 67, No. 12, 1359-1365.
- ZIHAN HONG (2009) - "Extraction of Urban Street Trees from High Resolution
Remote Sensing Image". Joint Urban Remote Sensing Event. IEEE Catalog
Number CFP09RSD-PR

ARTIGO 12

EFEITO DA AMBIGUIDADE TEMÁTICA NO CÁLCULO DE MÉTRICAS DE PAISAGEM

SANTOS, Jorge Filipe dos

Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável
Rua Boaventura da Silva, 955. Nazaré. 66055-090. Belém/PA - Brasil
Tel: +55 (91) 32135543 ; email: jorge.filipe@itv.org

RESUMO

Este estudo pretende avaliar a influência da ambiguidade da classificação por objetos do sistema *eCognition* sobre o cálculo de métricas de paisagem. As métricas espaciais ou de paisagem são indicadores quantitativos obtidos a partir de cartas temáticas e permitem caracterizar a relação entre padrões espaciais e processos ecológicos. A execução de cartas temáticas é um processo que incorpora e gera incerteza. Consequentemente, é natural que seja dada importância à propagação dessa incerteza temática aos produtos derivados dessas cartas, como é o caso das métricas espaciais. Neste trabalho, o estudo estará focado na ambiguidade da classificação de imagens de satélite, sendo ignoradas outras fontes de incerteza temática. A ambiguidade temática será modelada através de um processo de simulação estocástica, onde serão geradas várias realizações da classificação de uma mesma imagem. O caso prático que será apresentado insere-se no contexto do projeto URBIS Amazônia, que tem como objetivo o estudo dos processos de urbanização da Amazônia brasileira. Espera-se perceber com este estudo qual pode ser o impacto da ambiguidade temática produzida pelo sistema *Trimble eCognition Developer™*, durante a classificação de uma imagem dos satélites *Rapid Eye*, sobre os valores das métricas espaciais obtidas com base nessa classificação.

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_12

PALAVRAS-CHAVE

Ambiguidade, Carta temática, Métricas espaciais, Simulação estocástica.

EFFECT OF THEMATIC AMBIGUITY ON LANDSCAPE METRICS CALCULATION

ABSTRACT

This study aims to assess the influence of the classification ambiguity generated by object-based image analysis software (eCognition) on the landscape metrics calculation. Spatial or landscape metrics are quantitative indicators obtained from thematic maps that allow to characterize the relationship between spatial patterns and ecological processes. The production of thematic maps is a process that incorporates and generates uncertainty. Therefore, it is important to study the effect of this uncertainty propagation to the derivative products of these maps like the spatial metrics. In this work, the study will focus on the ambiguity of satellite images classification. Other sources of thematic uncertainty will be ignored. The thematic ambiguity will be modeled through a process of stochastic simulation, where several outputs of the classification will be generated for the same image. The case study to be presented here is developed under the URBIS Amazonia project framework, which aims to study the processes of urbanization in the Brazilian Amazon. It is expected to understand from this study how much can be the impact of the thematic ambiguity produced by *Trimble eCognition Developer*TM system during the classification process on the spatial metrics values derived from a *Rapid Eye* satellite image classification.

KEYWORDS

Ambiguity, Thematic map, Spatial metrics, Stochastic simulation.

1. INTRODUÇÃO

As métricas espaciais foram desenvolvidas no âmbito da área da ecologia da paisagem (*landscape ecology*) cuja terminologia foi criada por Carl Troll em 1939 (TURNER, 1989; TURNER, 2005; METZGER, 2008). A moderna Ecologia da Paisagem estuda as variações da paisagem em múltiplas escalas espaciais e temporais (BOTEQUILHA LEITÃO & AHERN, 2002; WU, 2004; CUSHMAN *et al.*, 2008; STEINIGER & HAY, 2009; WU, 2011). A capacidade de descrever quantitativamente a estrutura da paisagem é uma condição necessária para o estudo das funções e das mudanças

da paisagem. Para este fim, várias dezenas de métricas têm surgido na ecologia da paisagem (CUSHMAN *et al.*, 2008; MCGARICAL *et al.*, 2012). Todas estas métricas são definidas direta ou indiretamente com base no conceito de *patch*. Neste contexto, costuma traduzir-se *patch* por fragmento ou elemento de um mosaico da paisagem (MCGARICAL *et al.*, 2012). Do ponto de vista das ciências da informação geográfica, esses fragmentos podem ser considerados de forma simplificada como os polígonos de uma carta temática que delimitam as diferentes classes.

As cartas utilizadas neste contexto são produzidas normalmente através de dados e de metodologias de sensoriamento remoto (HEROLD *et al.*, 2002). As incontornáveis simplificações e imperfeições que caracterizam este processo dão origem a uma informação com um determinado grau de incerteza que afecta o cálculo das métricas (SHAO & WU, 2008). A incerteza temática tem vindo a ser estudada ao longo das últimas décadas, tendo sido apontadas algumas metodologias para tratar esta questão (ver, por exemplo, CONGALTON, 1991; WOODCOCK & GOPAL, 2000; STEHMAN, 2001 ou FOODY, 2002). A incerteza das métricas de paisagem já foram analisadas segundo várias perspectivas por alguns autores como ARNOT (2004, 2007), DENDONCKER *et al.* (2008), LECHNER *et al.* (2012) e SHAO & WU (2008). Neste caso, o problema da incerteza temática não será abordado na sua globalidade, mas apenas do ponto de vista dos resultados obtidos por uma classificação produzida pelo sistema *eCognition*. Este *software* está especialmente vocacionado para a classificação de imagens orientada por objetos (BAATZ & SCHÄPE, 2000). Os objetos da imagem são polígonos resultantes de uma segmentação da imagem, no sentido de agrupar pixels homogéneos. O processo de classificação supervisionada produz para cada objeto um grau de pertença relativo a cada uma das classes definidas *a priori* e para as quais foram indicadas amostras. Cada objeto é classificado de acordo com a pertença máxima. No entanto, normalmente, um grupo significativo desses objetos apresenta graus de pertença a outras classes muito próximos do máximo, gerando assim ambiguidade (ANTUNES & LINGNAU, 2005). Este facto é fonte de incerteza, dado que os graus de pertença obtidos são resultado de um processo não isento de limitações a vários níveis, desde o processo

captação da imagem, até à recolha das amostras na imagem e mesmo devido à natureza das classes utilizadas (FOODY, 2002; BENZ *et al.*, 2004, 243). Irá então ser considerado que o processo de classificação tem uma componente aleatória induzida pelos polígonos de classe ambígua. Para avaliar o impacto desse fenómeno no cálculo das métricas espaciais, serão geradas várias realizações da classificação em que os polígonos ambíguos são classificados com base numa probabilidade uniforme, proporcional aos maiores graus de pertença que lhes foram atribuídos. A avaliação estatística dos valores das métricas obtidos a partir das realizações da classificação permitirá quantificar o impacto desta ambiguidade.

2. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

As métricas espaciais podem ser uma ferramenta importante no estudo da evolução das cidades amazónicas (Ramos, 2014,33-37). Nesse sentido, foram obtidas imagens Rapid Eye™ para algumas dessas cidades. Para gerar as cartas temáticas a partir dessas imagens, estão a ser avaliadas várias alternativas, entre as quais se encontra o uso do sistema *eCognition*. Neste caso, foi utilizada uma imagem Rapid Eye de 2011 que cobre a cidade de Santarém do Pará e seu entorno (ver Figura 1).

As imagens Rapid Eye são compostas por cinco bandas espectrais, sendo três bandas do visível (RGB), uma banda do Infravermelho próximo (NIR) e outra no Red Edge (RE), que se situa entre as bandas R e NIR. A resolução espacial original de cada banda é de 6,5 metros, mas após a ortorretificação as bandas são reamostradas para uma resolução de 5 metros. A resolução radiométrica é de 12 bits. O produto usado tem um nível de processamento 3A, tendo correções relativas ao sensor, à radiometria e à geometria, incluindo ortorretificação. O sistema cartográfico é o WGS84/UTM, zona 21S. Neste caso foi cortada uma faixa no sul de imagem, por se encontrar coberta por bastantes nuvens e por ser uma zona afastada da cidade, que é foco do estudo.



Figura 1 - Composição colorida usando as bandas do visível (RGB) da imagem *Rapid Eye 2137925_2011-07-30_RE3_3A_166642* utilizada no estudo (com realce de brilho em editor de imagem)

3. METODOLOGIA

A escolha das classes foi orientada segundo as necessidades do projecto, que pretende estudar essencialmente a ocupação urbana. Selecionaram-se assim as classes ÁGUA, SOLO, FLORESTA, OUTRA VEGETAÇÃO e ÁREAS IMPERMEABILIZADAS. A base metodológica para a produção do mapa temático a partir da imagem *Rapid Eye* fundamentou-se no uso de uma classificação supervisionada orientada por objetos. O primeiro passo de uma classificação desse tipo é o agrupamento de pixels com um certo grau de semelhança, através de um processo de segmentação da imagem. Neste trabalho, foi testada a segmentação multi-resolução com vários valores de parâmetros que o programa *eCognition* permite (Baatz & Schäpe, 2000), no sentido de obter um bom equilíbrio entre o detalhe e a quantidade total de polígonos a classificar. Os parâmetros escolhidos foram os seguintes: *Scale Parameter* = 100, *Shape* = 0.1 e *Compactness* = 0.5. Utilizaram-se todas as 5 bandas da imagem neste processo, às quais foram dados pe-

so iguais. Para fazer a classificação supervisionada dos polígonos (objetos) obtidos foram escolhidas amostras sobre a imagem por forma a serem representativas de cada uma das classes. Foi efetuada uma análise das variáveis que melhor poderiam separar as classes, com base nas amostras indicadas, usando o método de Optimização do Espaço de Variáveis (*Feature Optimization Space*) do *eCognition*. Este método é baseado na norma euclidiana calculada entre as amostras de todas as classes. A melhor separação de classes é considerada como aquela que apresenta a maior das distâncias mínimas entre as classes menos separáveis (Leduc, 2004, Laliberte, 2012). Deste processo resultou a matriz de separação de classes para as seis variáveis selecionadas, que pode ser observada na Tabela 1. Pode observar-se nessa tabela que a maior dificuldade estará em separar o solo exposto das superfícies impermeabilizadas, pois são as classes que apresentam menor distância de separação.

Tabela 1 - Matriz de separação de classes

	FLORESTA	OUTRA VEGETAÇÃO	SOLO	ÁREAS IMPERMEABILIZADAS	ÁGUA
FLORESTA	0	11.03	22.38	29.68	7.69
OUTRA VEGETAÇÃO		0	7.23	18.30	17.78
SOLO			0	2.87	38.75
ÁREAS IMPERMEABILIZADAS				0	45.91
ÁGUA					0

As variáveis selecionadas foram as seguintes: Stddev of area represented by segments, quantile[50](B), Stddev B, Mean B, Mean RE e Stddev RE. Seguidamente foi aplicado o método de classificação Nearest Neighbor baseada em lógica difusa que é oferecido por esse mesmo programa (Baatz & Schäpe, 1999). Como se pode ver pelas variáveis escolhidas, esta classificação permite o uso de outros valores para além da radiometria direta da imagem.

Como resultado desta classificação, é obtida uma matriz que contém o grau de pertença de cada polígono a cada uma das classes consideradas.

Por defeito, a classe que é atribuída automaticamente pelo eCognition a cada polígono corresponde ao valor máximo de pertença. O valor de pertença do polígono a cada uma das classes pode variar, sem restrições, entre 0 e 1.

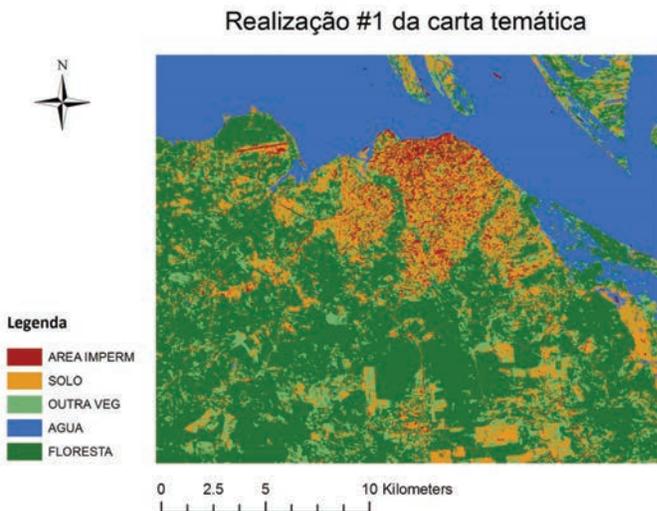


Figura 2 - Realização #1 da carta temática obtida a partir da imagem da Figura 1

Para simular a ambiguidade escolheu-se a simulação estocástica como método de modelação deste tipo de incerteza. Achou-se que este método seria o mais adequado devido à natureza do problema e à facilidade de implementação através de uma rotina que foi construída em Matlab™ para esse efeito. Essa rotina permite, num primeiro passo, identificar os polígonos para os quais pode existir ambiguidade temática. Isso foi feito comparando as pertenças máximas de um polígono a uma classe com os outros graus de pertença do mesmo polígono às outras classes. Após alguns testes, foi considerado que uma proximidade de pertenças até 10% seria razoável, isto é, todos os polígonos que tenham classes cuja diferença de pertença em relação à máxima fosse inferior a 0.1 seriam considerados como ambíguos quanto à classe que lhe foi atribuída. Apenas os polígonos ambíguos, segundo a condição referida atrás, foram considerados nesta simulação. Numa segunda parte da rotina, considerou-se que

a probabilidade de atribuir uma certa classe a cada um desses polígonos seria diretamente proporcional ao grau de pertença atribuído durante o processo de classificação gerado pelo algoritmo do eCognition. Esse princípio foi usado para escolher aleatoriamente as classes dos polígonos ambíguos. Foi assim gerado um número significativo de 30 realizações da carta temática para modelar a ambiguidade em causa.

Para calcular as métricas espaciais foi utilizado o programa Fragstats. Nesse programa, as métricas estão agrupadas em 3 níveis: por fragmentos, por classes e para a totalidade da paisagem (ver MCGARICAL *et al.*, 2012). Iremos considerar a título de exemplo, neste trabalho, apenas algumas das métricas mais utilizadas por classes e para a totalidade da paisagem, que iremos enunciar de seguida:

Densidade de Polígonos (PD-Patch Density): quantidade de polígonos por área.

Densidade de Arestas (ED-Edge Density): razão entre o número de arestas que separam duas classes diferentes e a respetiva área.

Área Média dos Polígonos (AREA_MN-Mean Patch Area): área média dos polígonos.

Raio de Giro Médio (GYRATE_MN- Mean Radius of Gyration): média das distâncias das células de um fragmento ao seu centróide.

Índice de Diversidade de Shannon (SHDI-Shannon's diversity Index): $-\sum_{i=1}^n (P_i \log P_i)$, P_i é a percentagem de área ocupada pela classe i . Tem como base a noção de entropia da teoria da informação.

Índice de Justaposição e de Intercalação (IJI-*Interspersion and Juxtaposition Index*): $-\sum_{i=1}^n \sum_{k=i+1}^n (E_{ik} \log E_{ik}) / \log(m(m-1)/2)$, E_{ik} é o comprimento da aresta entre a classe i e a classe k e m o número de classes.

Para calcular estas métricas espaciais, foi gerado um ficheiro *geotiff* para cada uma das 30 realizações da carta temática obtidas pela simulação estocástica, através da rotina *Matlab*TM, referida anteriormente. Esses ficheiros foram usados como dados de entrada no programa Fragstats (MCGARICAL *et al.*, 2012), onde foram calculadas as correspondentes 30 realizações de cada uma das métricas. Para conhecer alternativas de

software para o cálculo de métricas, consultar STEINIGER & HAY (2009).

No sentido de tornar mais clara a metodologia utilizada, foi elaborado um fluxograma que pode ser observado na Figura 3.

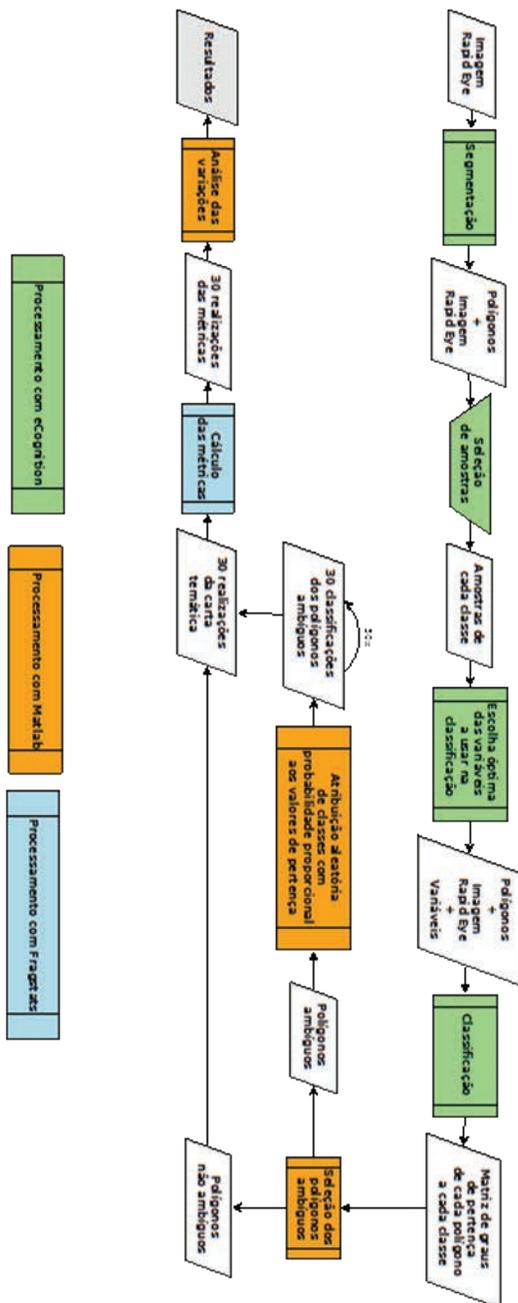


Figura 3 - Fluxograma ilustrando a metodologia utilizada

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os valores obtidos pelo processamento descrito atrás foram analisados, no sentido de perceber qual poderá ser a influência da ambiguidade da classificação sobre os valores das métricas dependentes dessa classificação.

Tabela 2: Desvios-padrão das 30 realizações das métricas, por classe, normalizados pelas respetivas médias (em percentagem)

Classe\Métrica	PD	ED	AREA_MN	GYRATE_MN	IJI
AREA_IMP	1.2	1.0	1.9	0.9	1.3
SOLO	1.1	0.5	1.4	1.0	0.2
OUTRA_VEG	0.9	0.8	1.5	0.6	0.5
AGUA	2.6	1.2	2.6	2.3	0.5
FLORESTA	1.0	0.5	1.0	1.4	0.6

Tabela 3: Desvios-padrão das 30 realizações das métricas, para toda a paisagem, normalizados pelas respetivas médias (em percentagem)

Métrica	PD	ED	AREA_MN	GYRATE_MN	IJI	SDHI
TOTAL	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1

Com o intuito de quantificar a variação que ocorreu entre as 30 realizações de cada uma das métricas, foram calculados os desvios-padrão de cada uma delas. Os valores das métricas têm grandezas bastante diferentes entre si. Por isso, foi feita uma normalização dos desvios-padrão obtidos, dividindo cada um deles pela respectiva média e convertendo esses valores em percentagem. A Tabela 2 mostra os desvios-padrão normalizados das 30 realizações de cada métrica de paisagem considerada neste estudo. Supondo que essas realizações são representativas das variações que a classificação pode sofrer devido à ambiguidade da atribuição da classe a cada polígono pelo algoritmo do sistema eCognition, podemos observar que essas variações rondam o valor de 1%. Podemos então concluir que a ambiguidade que pode afetar o processo de classificação executado pelo eCognition não tem influência significativa no cálculo das métricas de paisagem das classes em causa. Por maioria de razão, observando a Tabela 3, podemos concluir também que as métricas espaciais calculadas sobre toda a paisagem são ainda menos afetadas por essa incerteza.

A título de conclusão final, poderemos dizer que, nas condições da

metodologia utilizada, a ambiguidade temática gerada pela classificação Nearest Neighbor, que está implementada no eCognition, não tem uma influência significativa nos valores obtidos para as métricas de paisagem.

Será futuramente feito um trabalho de recolha de amostras para as várias classes no sentido de verificar a exatidão temática da classificação obtida. Será assim possível efetuar um estudo mais completo sobre a influência da incerteza temática na determinação das métricas espaciais.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Diretoria de Vendas da Rapid Eye para a América Latina pela cedência para fins de investigação da imagem Rapid Eye utilizada neste estudo.

BIBLIOGRAFIA

- ANTUNES, Alzir. F. B., & Lingnau, Christel (2005). Determinação da acurácia temática de dados oriundos da classificação digital de objetos por meio de lógica fuzzy. In J. C. N. Epiphanyo, & L. M. G. Fonseca (Eds.), XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (pp. 3451-3459).
- ARNOT, Charles & Fisher, P. (2007). Mapping the ecotone with fuzzy sets. In Geographic uncertainty in environmental security (pp. 19-32). Springer Netherlands.
- ARNOT, Charles (2004). Characterising uncertain landscape structure. PhD thesis, University of Leicester.
- ARNOT, Charles *et al.* (2004). Landscape metrics with ecotones: pattern under uncertainty. *Landscape Ecology*, 19(2), 181-195.
- BAATZ, Martin & Schäpe, Arno (1999). Objected oriented and multiscale image analysis in semantic network. In 2nd International Symposium: Operationalization of Remote Sensing, 16-20 August, ITC, NL.
- BAATZ, Martin & Schäpe, Arno (2000). "Multiresolution segmentation-an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation". In *Angewandte geographische informationsverarbeitung*, Edited by: Strobl, J., Blaschke, T. and Griesebner, G. 12-23. Heidelberg: Wichmann-Verlag.
- BENZ, Ursula C. *et al.* (2004). Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 58(3), 239-258.

- BOTEQUILHA LEITÃO, André, & Ahern, Jack (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and urban planning*, 59(2), 65-93.
- CONGALTON, Russell. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, 37(1), 35-46.
- CUSHMAN, Samuel A. *et al.*(2008). Parsimony in landscape metrics: strength, universality, and consistency. *Ecological indicators*, 8(5), 691-703.
- DENDONCKER, Nicolas *et al.* (2008). Exploring spatial data uncertainties in land-use change scenarios, *International Journal of Geographical Information Science*, 22:9, 1013-1030.
- FOODY, Giles M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote sensing of environment*, 80(1), 185-201.
- HEROLD, Martin *et al.* (2002). The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Environment and Planning A*, 34(8), 1443-1458.
- LALIBERTE, Andrea S. *et al.* (2012). A comparison of three *feature* selection methods for object-based classification of sub-decimeter resolution UltraCam-L imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 15, p. 70-78.
- LECHNER, Alex M. *et al.* (2012). Are landscape ecologists addressing uncertainty in their remote sensing data?. *Landscape ecology*, 27(9), 1249-1261.
- LEDUC, François (2004). *Feature* space optimization prior to fuzzy image classification. In *Proc. of the 7th International Conference on Information Fusion* (pp. 547-554).
- MCGARIGAL, Kevin *et al.* (2012). FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- METZGER, Jean P. (2008). Landscape ecology: perspectives based on the 2007 IALE world congress. *Landscape Ecology*, 23(5), 501-504.
- RAMOS, Frederico R. (2014). Três ensaios sobre a estrutura espacial urbana em cidades do Brasil contemporâneo: economia urbana e geoinformação na construção de novos olhares. Tese de doutorado, Fundação Getúlio Vargas, 177p.
- SHAO, Guofan & Wu, Jianguo (2008). On the accuracy of landscape pattern analysis using remote sensing data. *Landscape Ecology*, 23(5), 505-511.
- STEHMAN, Stephen V. (2001). Statistical rigor and practical utility in thematic map accuracy assessment. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*,

67(6), 727-734.

- STEINIGER, Stefan & Hay, Geoffrey J. (2009). Free and open source geographic information tools for landscape ecology. *Ecological Informatics*, 4(4), 183-195.
- TURNER, Monica G. (1989). Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annual review of ecology and systematics*, 171-197.
- TURNER, Monica G. (2005). Landscape ecology: what is the state of the science?. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 319-344.
- WOODCOCK, Curtis E., & Gopal, Sucharita (2000). Fuzzy set theory and thematic maps: accuracy assessment and area estimation. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(2), 153-172.
- WU, Jianguo (2004). Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. *Landscape Ecology*, 19(2), 125-138.
- WU, Jianguo *et al.* (2011). Quantifying spatiotemporal patterns of urbanization: The case of the two fastest growing metropolitan regions in the United States. *Ecological Complexity*, 8(1), 1-8.

SESSÃO 4

COMUNICAÇÕES CURTAS

ARTIGO 13

UMA PROPOSTA PARA DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO NO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

SLUTER, Claudia Robbi¹ & CASTRO, Mônica Cristina²

¹ Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná; Curso de Engenharia Cartográfica
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas; Caixa Postal 19001 Centro Politécnico, 81531-990
Curitiba - Paraná; Tel: 55 41 3361 3636, email: robbi@ufpr.br

² Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas; email: castro.monica@gmail.com

RESUMO

Uma carta produzida a partir da redução de escala pode apresentar problemas de representação, como a aglomeração de feições, o que prejudica a sua legibilidade. Para resolver tal problema e manter a comunicação cartográfica eficiente, a generalização cartográfica deve ser aplicada nesta carta derivada. Quando estes problemas são tratados como condições geométricas e analisados com parâmetros gráficos podem ser utilizados como indicativo da necessidade de generalização. Este trabalho tem como objetivo automatizar a detecção de problemas de representação relacionados às feições de edificações, limites de propriedade e vias de uma carta topográfica urbana na escala 1:5.000 derivada de uma na escala 1:2.000. Isto é feito através de regras de um sistema especialista, desenvolvido no aplicativo *ModelBuilder*, que, com auxílio de ferramentas de análise espacial, realiza medidas geométricas sobre as feições de interesse. Como resultado, novas camadas de dados são geradas contendo as feições que apresentam os problemas de representação e estas são destacadas das demais. A generalização é um processo subjetivo e dependente do profissional

que o realiza. Logo, a automatização de parte deste processo pode ajudar a formaliza-lo, tornando-o menos dependente da influencia e do controle humano e, assim, mais eficiente.

PALAVRAS-CHAVE

Generalização cartográfica, Problemas de representação, Visibilidade, Legibilidade, Condições geométricas.

A PROPOSAL FOR AUTOMATIC DETECTION OF REPRESENTATION PROBLEMS IN CARTOGRAPHIC GENERALIZATION OF TOPOGRAPHIC MAPS

ABSTRACT

When a map is produced by scale reduction, representation problems can appear, for example clustering *features*. These impair the map legibility. The solution to this problem is the application of cartographic generalization in the new map. When these problems are view as geometric conditions and analyzed with graphical parameters they can be used as an indicative of the need for generalization. This work aims to automate the detection of representation problems of *features* of buildings, property boundaries and roads in an urban topographic map, scale 1:5.000 derived from a scale 1:2.000. This is done by rules of an expert system, developed in ModelBuilder, which, make geometric measures on *features* of interest with aid of spatial analysis tools. As results, new data layers are generated containing the *features* that show the representation problems. Generalization is a subjective and human-dependent process. Therefore, automating part of this process can help formalize it, making it less dependent of human control and influences, and thus more efficient.

KEYWORDS

Cartographic generalization, Representation problems, Visibility, Legibility, Geometric conditions.

1. INTRODUÇÃO

A generalização cartográfica é o processo que minimiza ou evita os problemas de visualização que afetam a legibilidade de uma carta topográfica, mantendo eficiente a comunicação cartográfica, quando esta tem sua escala reduzida (D'ALGE, 2007, 1). Isto ocorre através da redução da quantidade de informações, do realce das mais importantes e da fidelidade aos dados originais (BARD & RUAS, 2004, 328). Várias decisões tomadas

ao longo do processo de generalização são subjetivas devido à influência humana de quem a realiza, pois profissionais diferentes interpretam os problemas decorrentes da redução de escala da sua própria maneira, usando sua experiência, intuição e conhecimento da área (JOÃO, 1998, 4). No entanto, não é razoável generalizar uma carta sem a intervenção de um profissional, pois não há consenso de como realiza-la, logo a automatização de todas as etapas do processo não é possível. João (1998, 5) afirma que "sistemas computacionais (como SIG) têm potencial para oferecer bons resultados para generalização. Um benefício de um sistema computacional seria a capacidade iterativa - a habilidade de refazer o processo até alcançar um resultado aceitável." Assim, o uso de sistemas computacionais para realizar algumas das etapas da generalização é recomendável.

Um indicativo da necessidade de aplicar a generalização são os problemas de representação encontrados em cartas derivadas. Ao reduzir a escala de uma carta, a quantidade de informações representadas aumenta, porém o espaço reservado para a representação continua o mesmo, o que pode originar problemas como congestionamento e coalescência, também chamados de condições geométricas, as quais podem ser tratadas como problemas de visibilidade e legibilidade (LECORDIX, 2011, 4). A detecção destas é feita de modo visual, através da avaliação cartométrica. No entanto, realizar esta avaliação somente de modo visual demanda tempo e esforço. Então, surge a necessidade de automatizar a detecção destas condições aliada à definição de medidas geométricas.

As cartas topográficas dos municípios paranaenses são construídas a partir de dados de levantamentos topográficos ou técnicas fotogramétricas, na escala 1:2.000. Segundo Nalini (2005, 4), as cartas derivadas desta escala base passam apenas pelo processo de seleção das classes de feições que serão representadas e esta etapa é feita com base no conhecimento e experiência dos técnicos que especificam e utilizam estes produtos. Assim, estas cartas não atendem as necessidades destes profissionais, pois como o processo de generalização cartográfica não é aplicado, as cartas derivadas apresentam problemas de representação.

Esta pesquisa tem como objetivo propor a detecção automática dos

problemas de visualização relacionados às feições de edificações, limites de propriedade e vias de uma carta topográfica urbana na escala 1:5.000, derivada de uma carta na escala 1:2.000, visando manter sua legibilidade.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

De acordo com a SCC - *Swiss Society of Cartography* (2002, 39) “a generalização cartográfica consiste na seleção e combinação de objetos importantes para a compreensão da carta, na manutenção da precisão posicional, na preservação das características das feições e na representação destas de modo claro”. A redução de escala de uma carta gera a necessidade de restringir os dados para que apenas o essencial para cada escala derivada seja representado (*op. cit.*).

Com o desenvolvimento da cartografia digital e da evolução constante dos sistemas de informações geográficas, a generalização cartográfica passou a ser realizada em meio digital e novos problemas e conceitos foram propostos e definidos para este processo (MCMMASTER & SHEA, 1992, 3). De acordo com os autores, (*op. cit.*) a generalização digital consiste na derivação de dados, a partir de um banco de dados geográficos, através de transformações espaciais e de atributos. Tal processo visa manter a clareza da representação numa escala menor, sendo este, segundo os autores, o principal objetivo da generalização. A automatização de todas as etapas da generalização só pode ocorrer se as complexidades e as diversidades deste processo puderem ser resolvidas por processos computacionais, o que demanda traduzir passos subjetivos e intuitivos em regras específicas (JOÃO, 1998, 5).

Devido a tais obstáculos, há modelos conceituais que formalizam as etapas da generalização. Entre estes, o mais difundido é o modelo de McMaster & Shea. Este modelo é composto por três partes: (1) objetivos filosóficos, por que generalizar? (2) avaliação cartométrica, quando generalizar? e (3) transformações espaciais e de atributos, como generalizar?

McMaster & Shea (1992, 42) alegam que a generalização digital é necessária quando o usuário não consegue compreender o que está representado devido à falta de clareza da representação. Três aspectos devem

ser considerados para realizar a generalização: condições geométricas, medidas espaciais e holísticas, e controlos de transformação. Entre as condições geométricas mencionadas pelos autores estão: congestionamento, coalescência, conflito, complicação, inconsistência e imperceptibilidade. Estas condições geométricas são definidas por MCMASTER & SHEA (1992, 43 a 44) como:

- Congestionamento: aglomeração de símbolos devido à alta densidade de feições (*idem, ibidem*).
- Coalescência: quando há aproximação excessiva e/ou sobreposição parcial ou total de feições, ocasionada pelo fato da distância entre as feições estar abaixo da resolução do sistema computacional em que a carta será visualizada, o que pode fazer com que feições se 'toquem' (*idem, ibidem*).
- Conflito: ocorre quando a representação de uma feição está em conflito lógico com o fundo da carta. Por exemplo, dada duas feições com uma relação lógica entre si: linear e de área, como uma rodovia sobre uma ponte, ligando duas cidades-(*idem, ibidem*).
- Complicação: o processo de generalização depende de alguns fatores como, complexidade dos dados, temporalidade, seleção das técnicas de iteração e seleção dos parâmetros. Durante a generalização ambiguidades na aplicação dos algoritmos podem surgir devido a tais fatores (*idem, ibidem*).
- Inconsistência: surge quando a aplicação dos operadores de generalização é feita de um modo não uniforme (*idem, ibidem*).
- Imperceptibilidade: quando os símbolos também são reduzidos e podem apresentar dimensões menores do que o tamanho mínimo perceptível ao olho humano (*idem, ibidem*).

A presença de uma (ou mais) das condições geométricas mencionadas acima é um indicativo de que a generalização deve ser feita para minimizar os efeitos da redução de escala.

Regnauld (2001, 312) afirma que as pesquisas em generalização automática tem como foco reduzir a complexidade do processo no que se refere aos operadores, que realizam as transformações espaciais e semânticas nos dados. Antes de generalizar as edificações, o autor afirma que é preciso

satisfazer algumas condições de legibilidade que guiam o processo como distância mínima entre feições, tamanho mínimo e orientação.

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com a base cartográfica digital do município paranaense de Campo Largo, disponibilizado pelo PARANACIDADE, com auxílio do *software* ArcGIS 10 e seu aplicativo *ModelBuilder*. A base cartográfica apresenta as seguintes características: sistema geodésico SAD 1969, projeção cartográfica UTM zona 22S, escala 1:2.000, datada de 1996. Tais especificações são determinadas pela Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento - CTCG do Estado do Paraná, Brasil.

Esta base apresenta diversas informações cartográficas. Optou-se por realizar o estudo dos problemas de representação em função das feições de edificações, limites de propriedade e vias em virtude da necessidade das cartas derivadas atenderem aos seguintes projetos desenvolvidos no PARANACIDADE, que auxiliam no planejamento urbano: Planta Genérica de Valores Imobiliários, Cadastro Técnico Imobiliário Urbano, Infraestrutura Urbana, Pavimentação Pública (NALINI, 2005, 7). Estes documentos cartográficos devem apresentar imóveis das áreas urbanas, quadras, sistema viário e loteamento do município, os quais correspondem às feições citadas.

Esta pesquisa é composta por sete etapas:

- I. Redução geométrica da escala da carta de 1:2.000 para 1:5.000;
- II. Detecção visual das condições geométricas com relação às classes de feições definidas;
- III. Verificação de quais condições geométricas podem caracterizar os problemas de visibilidade e legibilidade;
- IV. Definição dos parâmetros gráficos;
- V. Identificação das funções de análise espacial que podem ser usadas para detectar as condições geométricas;
- VI. Projeto do sistema especialista, e
- VII. Implementação da solução por sistema especialista.

3.1. Redução geométrica da carta

Com auxílio do *software* ArcGIS, a escala da carta topográfica foi reduzida de 1:2.000 para 1:5.000 sem que as feições sofressem alguma alteração na sua representação. Esta operação consiste na simples alteração da escala no campo correspondente na barra de ferramentas do programa. A redução geométrica é necessária para que a avaliação cartométrica seja realizada. A Figura 1 apresenta um recorte da carta na escala original (a) e na escala reduzida (b).



Figura 1 - Recorte da carta topográfica de Campo Largo na escala original 1:2.000 (a) e da carta reduzida (b)

3.2. Deteção visual das condições geométricas

A avaliação cartométrica consiste na deteção visual das condições geométricas com relação às classes de feições definidas e auxilia na identificação dos parâmetros gráficos específicos para estas condições. Para isto, analisou-se, em meio digital, a carta reduzida para a identificação prévia de situações que interferem na leitura da carta. Após esta análise, regiões contendo problemas de visibilidade e legibilidade, foram delimitadas e impressas.

A Figura 2 ilustra um recorte de uma área de estudo que apresenta problemas de legibilidade. Devido à proximidade excessiva entre as edificações, a distinção destas é prejudicada. Este problema dificulta a leitura da carta, pois se vê somente uma edificação representada, quando há duas ou mais. Há ainda edificações e detalhes nestas que não são totalmente visíveis devido ao seu tamanho.



Figura 2 - Recorte da carta na escala 1:5.000 com a identificação de áreas com problemas de representação

3.3. Condições geométricas, problemas de representação e parâmetros gráficos

Tendo conhecimento dos problemas de representação presentes na carta reduzida e da definição destes de acordo com McMaster & Shea, é possível identificar quais parâmetros gráficos devem ser estabelecidos e relacionados a cada condição para que estas possam ser detectadas automaticamente. Tais parâmetros gráficos correspondem às feições representadas e suas características, como comprimento do lado do quadrado, espessura da linha, espaçamento entre feições, entre outros. Congestionamento e coalescência se relacionam com a proximidade excessiva entre feições e sempre que houver coalescência de feições, haverá congestionamento e, por consequência, problemas de legibilidade. A imperceptibilidade ocorre devido ao tamanho dos símbolos estarem abaixo do mínimo perceptível e se relaciona com o problema de visibilidade. A Tabela 1 apresenta as condições geométricas detectadas visualmente e seus respectivos parâmetros gráficos.

Tabela 1 - Condições geométricas, parâmetros gráficos e problemas de representação

Condições Geométricas	Parâmetros Gráficos	Problemas
Imperceptibilidade	Tamanho mínimo das feições Tamanho dos detalhes das áreas dos polígonos Espessura das linhas	Visibilidade
Congestionamento Coalescência	Espaçamento entre áreas e linhas Espaçamento entre áreas	Legibilidade

A definição dos parâmetros gráficos consiste na caracterização destas medidas geométricas baseada em recomendações encontradas em trabalhos de generalização cartográfica para áreas urbanas, como SCC (2002), Issmael (2003), Nalini (2005) e Taura (2007). Como o entendimento destes critérios é possível saber quais operadores são necessários aplicar diante das circunstâncias encontradas. A Tabela 2 abaixo apresenta os valores e os símbolos dos parâmetros gráficos empregados neste trabalho.

Tabela 2 - Símbolos e dimensões mínimas utilizados no sistema especialista

Símbolo	Detalhe	Tamanho mínimo (mm)
	Espaçamento entre áreas	0,15
	Espaçamento entre áreas e linha	0,20
	Detalhes da forma	0,25
	Quadrado sólido (lado)	0,30
	Quadrado vazado (lado)	0,50
	Linha contínua	0,20
	Espaçamento entre linhas	0,20

3.4. Funções de análise espacial usadas para detectar condições geométricas

A identificação das ferramentas do ArcGIS tem como objetivo validar os parâmetros gráficos identificados na etapa anterior e utiliza-los no de-

envolvimento do sistema especialista. Apenas as ferramentas disponíveis no software para dados vetoriais foram analisadas. Outras ferramentas de gerenciamento de dados, como *criar campo*, para a criação de campos na tabela de atributos, e *adicionar ligação*, para ligar tabelas criadas a uma determinada feição, também foram identificadas e utilizadas no desenvolvimento do sistema especialista.

3.5. Sistema especialista

O projeto do sistema especialista foi desenvolvido utilizando o aplicativo *ModelBuilder*, disponível no ArcGIS, sendo então denominado de modelo, o qual permite que tarefas passem a ser examinadas como regras específicas que unem em sequência as ferramentas de análise espacial já existentes no ArcGIS ou as criadas em função das necessidades dos usuários. O sistema é baseado em regras de decisão definidas a partir do conhecimento das condições geométricas, com a caracterização de cada parâmetro gráfico e sua relação com as classes de feições. Para cada classe, foi criado um modelo. Deste modo, as classes são analisadas separadamente em relação aos problemas identificados. Assim, cada classe tem dois modelos, um para detecção das condições de congestionamento e coalescência, que são caracterizadas por parâmetros de mesmo valor, e outro modelo para a condição de imperceptibilidade, a qual está em desenvolvimento. A Figura 3 ilustra um modelo genérico para as condições de congestionamento e coalescência.

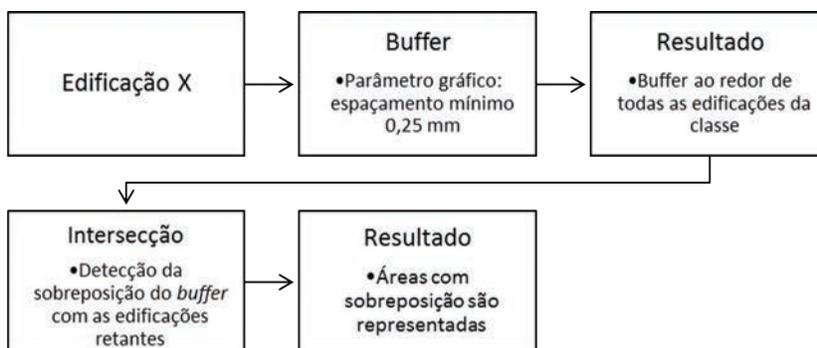


Figura 3 - Esboço do sistema especialista

Para cada classe de edificação, o primeiro passo é a aplicação de um *buffer* de 1,25 m, referente aos parâmetros de distância mínima entre feições, tanto de área como de linhas. Em seguida, duas ferramentas podem ser aplicadas: *intersecção* ou *recortar*, para identificar quais edificações se sobrepõem às edificações comerciais ou ao *layer* criado anteriormente com a aplicação do *buffer*. Esta regra origina um novo arquivo que contem as partes das edificações que se sobrepõem ao *buffer*. Após isto, o sistema faz uso da ferramenta *juntar* para que todas as feições identificadas anteriormente fiquem em somente um arquivo. Do contrário, o sistema irá criar arquivos novos para cada classe de edificação, mesmo não havendo sobreposição alguma. A Figura 4 ilustra parte do sistema referente às edificações comerciais.

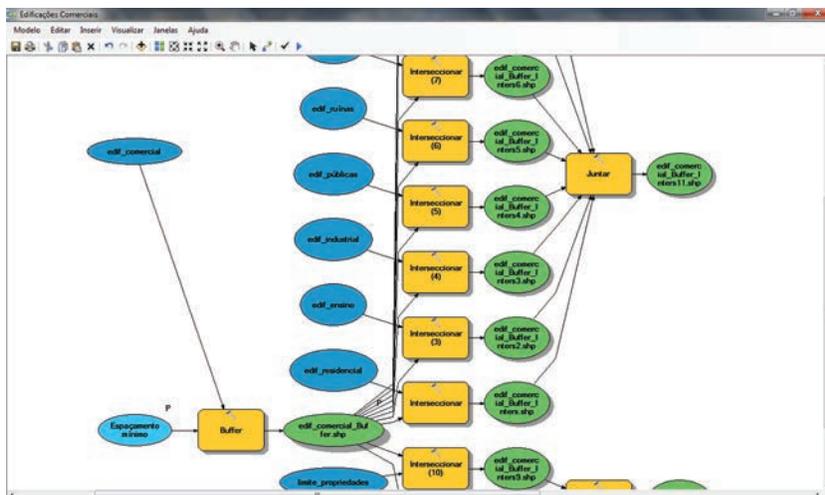


Figura 4 - Recorte do sistema especialista referente às edificações comerciais

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

O sistema criado identifica as feições que apresentam as condições de congestionamento e coalescência. Ao executar o modelo do sistema especialista, uma nova camada de dados é adicionada automaticamente ao *layout* atual do ArcGIS. Todas as edificações foram analisadas em relação às outras edificações, e aos limites de propriedade e às vias. As ferramentas utilizadas no desenvolvimento do sistema foram: *buffer*,

intersecção, recortar, juntar, proximidade. Esta última adiciona na tabela de atributos um novo campo identificando qual classe de edificação está próxima às feições da classe analisada. É possível utilizar o mesmo parâmetro gráfico empregado no *buffer* nesta ferramenta, no caso 1,25 m. Como resultado, a tabela de atributos apresenta o FID, o número de identificação de cada objeto próximo, a distância deste para a feição em questão e a qual classe este pertence, como a Figura 5 apresenta.

FID	Shape	NAME	Area	NEAR_FID	NEAR_DIST	NEAR_FC	BUFF_DIST
0	Poligono ZM	PORCELANA SCHMIDT	2309,95875	4756	0,247393	edif_residencial	1,25
1	Poligono ZM	DEPOSITO DA MOVES ITAQUI	211,3774	4131	0,554361	edif_residencial	1,25
2	Poligono ZM	MOVES BORMAGT LTDA	542,01781	4147	0	edif_residencial	1,25
3	Poligono ZM	MOVES ITAQUI	5331,5268	4486	1,080971	edif_residencial	1,25
4	Poligono ZM	PORCELANA SCHMIDT	38226,61248	4756	0	edif_residencial	1,25
5	Poligono ZM	FABRICA DE CARROCERIA CAMPO LARGO	1570,05028	5788	0	edif_residencial	1,25
6	Poligono ZM		152,00826	-1	-1	edif_residencial	1,25
7	Poligono ZM	SERRARIA ITAQUI	1135,50456	6211	0	edif_residencial	1,25
8	Poligono ZM	GERMIER	6505,27309	6276	0	edif_residencial	1,25
9	Poligono ZM	TRANSPOTD	2805,50898	6374	0	edif_residencial	1,25
10	Poligono ZM		325,52463	6393	0,807252	edif_residencial	1,25
11	Poligono ZM	METALURGICA A. COSTA LTDA.	375,5582	8781	0	edif_residencial	1,25
12	Poligono ZM	MOVES CAMPO LARGO	1991,44011	9802	0	edif_residencial	1,25
13	Poligono ZM	MAQUINAS PNEUMATICAS FORTEL	1750,55872	9518	0	edif_residencial	1,25
14	Poligono ZM	MOVES CAMPO LARGO	2837,3443	11640	0	edif_residencial	1,25
15	Poligono ZM	MOVES GADESKI	909,5111	13647	0	edif_residencial	1,25
16	Poligono ZM	PORCELOUCAS	1092,35586	14636	0,710531	edif_residencial	1,25
17	Poligono ZM	PORCELANAS GERMIER	2676,22827	14596	0	edif_residencial	1,25
18	Poligono ZM	FABRICA DE MOVES MAYER	233,99953	17772	0,001242	edif_residencial	1,25
19	Poligono ZM	VIVENDS CAMPO LARGO	4686,48543	35	0	edif_comercial	1,25
20	Poligono ZM	BOT-ART	2246,55184	27524	0	edif_residencial	1,25
21	Poligono ZM	BOT-ART	3818,76269	27519	0,683962	edif_residencial	1,25
22	Poligono ZM	INDUSTRIA DE MOVES BONATTO LTDA.	2005,69985	29513	0	edif_residencial	1,25
23	Poligono ZM	PPQ FABRICA DE TINTA AUTOMOTIVA	1154,90875	29516	0,606004	edif_residencial	1,25
24	Poligono ZM	GLARIA DESATIVADA	4011,71131	-1	-1	edif_residencial	1,25
25	Poligono ZM	POSTEPAR	2410,48467	32841	0,712528	edif_residencial	1,25

Figura 5 - Tabela de atributos da classe edificações industriais gerada pelo sistema especialista

A Figura 6 apresenta o resultado do modelo criado, já executado, para as edificações de saúde. As feições identificadas pelo círculo 1 se relacionam ao parâmetro gráfico espaçamento entre áreas. Tais feições são apresentadas em preto. O círculo 2 corresponde ao espaçamento entre a edificação de saúde (em amarelo, devido ao arquivo criado pelo *buffer*) e os limites de propriedade. As feições lineares em vermelho significam que estas estão abaixo da distância mínima.

Como observado, a identificação das áreas que apresentam congestionamento e coalescência pode não ser imediata devido a como as feições resultantes do modelo estão representadas. O usuário pode alterar a cor da camada de dados resultante como pode abrir a tabela de atributos e analisa-la para localizar a feição de interesse, e visualizar qual é a edificação mais próxima a esta e que causa o problema de legibilidade.



Figura 6 - Resultado do sistema especialista criado para a classe de edificações de saúde

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS PARCIAIS

Nos arquivos gerados como resultado do sistema especialista pode-se identificar apenas as partes das edificações que se sobrepõem ao *buffer* resultante, e não todo o polígono da edificação. Isto dificulta a localização dos problemas de legibilidade na escala 1:5.000, na carta reduzida. Quando a carta é vista na escala original, 1:2.000, o problema é facilmente identificado. O ideal seria localizar as áreas com problemas na escala reduzida. Para tal, é possível adicionar as ferramentas *proximidade* para apontar qual classe de edificação está localizada abaixo da distância mínima. Após o modelo ser executado, o usuário pode analisar a tabela de atributos da edificação analisada e acrescentar no modelo a ferramenta *selecionar* e no campo *expressão*, incluir a expressão que indique qual classe de edificação está presente na tabela de atributos, como a Figura 7 ilustra, 'NEAR_FC'='edif_residencial'. No entanto, isso requer a interferência do usuário, o que é contrário ao objetivo do trabalho.

pode prever. É possível criar regras no modelo que, após o sistema já ter sido executado uma vez, tais situações podem ser identificadas, no entanto, isto requer a interação humano-computador.

Pode-se afirmar que a automatização da detecção dos problemas de legibilidade através de regras de um sistema especialista criado no *ModelBuilder* é eficaz. Porém, a identificação de cada uma das edificações que devem ser generalizadas ainda requer a interferência do usuário.

Tratar os problemas de representação em função dos parâmetros gráficos associados às condições geométricas pode tornar a generalização menos dependente da interpretação humana e mais eficiente.

BIBLIOGRAFIA

- BARD, Sylvian & RUAS, Anne (2004) - Why and How evaluating generalised data?, 13th International Symposium on Spatial Data Handling. Springer. pp 327-342.
- D'ALGE, Julio Cesar Lima (2007) - Generalização Cartográfica em Sistemas de informação geográfica: Aplicação aos Mapas de Vegetação da Amazônia Brasileira. São Paulo. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 150 p.
- ISSMAEL, Linda Soraya (2003) - Generalização Cartográfica: Determinação de Operadores e de Escalas Catastróficas. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Cartográfica) - Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro. 250 p.
- JOÃO, Elsa Maria (1998) - Causes and consequences of Map Generalisation. Taylor and Francis, 1ª ed. London School of Economics, 266p.
- LECORDIX, François (2011) - Cartographic Generalisation Processo on French Topographic Mapping. Curitiba. In: VII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. 19p.
- MCMASTER, Robert B. & SHEA, K. Stuart (1992) - Generalization in Digital Cartography. Washington: Association of American Geographers, 133p.
- NALINI, Virginia Thereza (2005) - Avaliação Cartométrica da Base Cartográfica Digital Adequada à Gestão Urbana Derivada por Generalização Cartográfica a Partir da Escala de Origem 1:2.000. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba . 106 p.
- REGNAULD, Nicolas. (2001) - Contextual Building Typification in Automated Map Generalization. *Algorithmica*, Nova York, n 30, p 312-333. Disponível online

no endereço url: <http://geog.ucsb.edu/~kclarke/G232/Generalization2.pdf>
(acedido em 12 February, 2013).

SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY (2002) - Maps Graphics and Generalisation.
Cartographic Publication Series no 17. 126p.

TAURA, Tatiana Aiko (2007) - Estudo da Simbologia para Cartas nas Escalas
1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 de Mapeamento Urbano do PARANACIDADE e
Generalização Cartográfica. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas)
- Universidade Federal do Paraná. 93p.

ARTIGO 14

QUANTIFICAÇÃO DE FOCOS DE CALOR NAS MESORREGIÕES DO ESTADO DA BAHIA - BRASIL ENTRE OS ANOS DE 2010 E 2013

ARNAUT, Adriana Andrade¹ & SANTOS, Antonio José Prado Martins²

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Catu (Brasil); Rua Barão de Camaçari, 118, Centro, 48110-000, Catu, Bahia, Brasil; Tel: +55 71 36417901;
email: ¹ adriana.arnaut@catu.ifbaiano.edu.br; ² antonio.prado@catu.ifbaiano.edu.br

RESUMO

O número de queimadas no território brasileiro vem crescendo nos últimos anos, podendo ser oriundas de causas naturais ou pela ação humana, principalmente nas regiões de fortes atividades agrícolas cuja cultura de queimadas ainda está associada à adubação do solo e, conseqüentemente, à melhora da qualidade da lavoura. Esta prática nem sempre permite o controle do fogo, podendo assim, causar grandes incêndios. Atualmente, a verificação de ocorrência de focos de calor é possível pela análise de imagens de satélite a qual possibilita uma constante verificação na relação espaço-temporal da superfície terrestre. Este artigo mostra a contagem dos pontos de focos de calor a partir de *shapefiles* gerados do resultado do imageamento do satélite NOAA-15 (manhã e noite), entre os anos de 2010 e 2013, disponíveis no Programa de Monitoramento de Queimadas e Incêndios do sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), buscando identificar e comparar os quantitativos dos focos de calor para as mesorregiões do estado da Bahia, com o uso da tecnologia de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

PALAVRAS-CHAVE

Bahia, Focos de calor, Mesorregiões, Quantum GIS.

QUANTIFICATION OF HOTSPOTS IN THE MESOREGIONS OF THE STATE OF BAHIA - BRAZIL BETWEEN 2010 AND 2013

ABSTRACT

The number of burned in Brazilian territory is growing in last years, originated from natural causes or for human action, mainly in regions of agricultural activities that culture of burned is associated to soil fertilization yet and, consequently, improvement of quality of farming. This manner not always allow the control of fire, causing large fire. Nowadays, the inspection of occurrence of hotspots is possible through of satellite image that possibility an inspection constant in relation to spatiotemporal of land surface. This article shows the search of hotspot points through of shapefiles from the result of imaging NOAA-15 satellite (morning and night), between 2010 and 2013 years, available in Monitoring Program of Fires from the website of National Institute for Space Research (INPE), looking for identify and compare the quantities of hotspots to mesoregions state of Bahia, with the use of technology by Geographic Information System (GIS).

KEYWORDS

Bahia, Hotspots, Mesoregions, Quantum GIS.

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução das geotecnologias a atividade de geoprocessamento vem influenciando crescentemente as pesquisas nas áreas de cartografia, análise de recursos naturais, comunicação, transporte, energia, planejamento urbano e regional, dentre outras. A informação geográfica constitui-se na “peça chave” deste desenvolvimento tecnológico, pois é a partir dela que são representados e caracterizados os fenômenos.

Segundo Câmara e Medeiros (1998, 1), “[...] Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica.”

Dentre as tecnologias do geoprocessamento, encontra-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG). De acordo com Burrough e McDonnell

(1998, 11, tradução livre dos autores) o SIG é “um poderoso conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais do mundo real para determinados propósitos.” Assim, torna-se um instrumento importante para auxílio à tomada de decisões em questões complexas de planejamento, gerenciamento e operações. Para Matias (2001, 277), “o uso da tecnologia SIG instaura-se nas últimas décadas como um importante instrumento de aquisição, produção de análises e representação de informações sobre o espaço geográfico.”

Este trabalho visa representar e quantificar os focos de calor registrados no estado da Bahia, bem como avaliar sua espacialização, entre os anos de 2010 e 2013, identificando quais das mesorregiões do referido estado apresentaram maior nível de comprometimento quanto à ocorrência de incêndio na vegetação.

Utilizando a ferramenta de SIG livre Quantum GIS (QGIS), elaborou-se mapas os quais apresentam a contagem dos focos de queimadas no estado da Bahia, entre os anos de 2010 a 2013, abordando assim a visualização espacial e temporal deste fenômeno. Além disto, buscou-se apresentar a contagem dos referidos focos em cada mesorregião desse estado, para o mesmo período citado, relacionando-a com a precipitação média anual.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

Com o aumento da ocupação do território brasileiro, o número de queimadas vem crescendo nos últimos anos, podendo ser oriundas de causas naturais ou pela ação humana. Nas regiões onde existe o manejo da agropecuária, as práticas de queimadas aparecem com a finalidade de preparar o solo. Mas nem sempre os responsáveis por tais práticas conseguem controlar o alastramento do fogo, podendo acarretar incêndio.

Atualmente, o uso de imagens de satélite de sensoriamento remoto aparece como uma forma de identificar focos de queimadas. O satélite NOAA-15 (*National Oceanic Atmospheric Administration*) possui o sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) que opera em cinco canais (1 - vermelho, 2 - infravermelho próximo, 3 - infravermelho médio, 4 - infravermelho termal e 5 - infravermelho termal) com uma resolução

espacial de 1,1 km, e é capaz de fornecer, pelo menos, duas imagens por dia (manhã e noite) da mesma área, sem custo. Entre as suas aplicações, pode-se citar: análise da cobertura vegetal, monitoramento de queimadas, meteorologia, mapeamento de seca, dentre outras. Os mapas de focos de calor fornecem uma visualização dos possíveis pontos de queimadas, numa temperatura acima de 47°C, identificados pelo satélite NOAA.

Florenzano (2007, 59) afirma que “a importância da detecção e do monitoramento de queimadas transcende ao problema do desmatamento em si, trazendo contribuições também aos estudos de modificações do clima, incluindo: efeito estufa, chuva ácida, influência dos aerossóis na visibilidade, balanço de energia, formação de nuvens e precipitação. Fica evidente, portanto, que o excesso de áreas queimadas tem implicações ecológicas, climáticas e ambientais diversas.”

3. METODOLOGIA UTILIZADA

A Bahia é um estado brasileiro localizado na região nordeste do país, mais precisamente no sul dessa região e suas coordenadas geográficas aproximadas são: ao sul -18°20' e -39°38'; norte -8°42' e -41°14'; ao oriente; -11°26' e -37°18'; e a ocidente, -12°34' e -46°13'. Essa unidade da federação limita-se com os estados de Alagoas, Sergipe, Pernambuco, além do Piauí ao norte, Minas Gerais e Espírito Santo ao sul, Goiás e Tocantins a oeste e ao leste com o oceano Atlântico, ocupando uma área de 564733,177 km². A Figura 1 apresenta o mapa de localização do estado da Bahia. Segundo o Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizado em 2010, possui população de 14016906 habitantes. No interior do território existem diferentes tipos de relevos (dunas, planícies e manguezais no litoral, ao sudeste aparecem os planaltos e no vale do rio São Francisco as depressões), climas (predominantemente o tropical, além do semi-árido está presente no sertão), vegetações (caatinga que ocupa a maior parte, floresta tropical úmida e cerrado) e hidrografia (932 km de costa tendo como principal rio o São Francisco). O IBGE divide o estado da Bahia em 7 (sete) mesorregiões, ou seja, reúnem municípios de uma mesma área geográfica com similaridades

econômicas e sociais. As mesorregiões são: Centro Norte Baiano, Centro Sul Baiano, Extremo Oeste Baiano, Metropolitana de Salvador, Nordeste Baiano, Sul Baiano e Vale São-Franciscano da Bahia.



Figura 1 - Mapa de localização do estado da Bahia

Para a elaboração e construção deste trabalho foram realizados os seguintes procedimentos: 1) Coleta dos pontos de focos de calor imageados pelo satélite NOAA-15 (manhã e noite), entre os anos de 2010 e 2013, disponíveis no Programa de Monitoramento de Queimadas e Incêndios do sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em formato *shapefile*. A base cartográfica digital do estado da Bahia contendo as mesorregiões foi obtida no sítio do IBGE e os dados dos biomas existentes no território baiano foram oriundos do sítio do Ministério do Meio Ambiente (MMA), ambos os dados foram adquiridos no formato *shapefile*; 2) Dados de precipitação total em milímetros (mm), medidos mensalmente nos anos de 2010 até 2013, através de pluviômetros (estações) distribuídos ao longo do território baiano, e disponibilizados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) no sítio do

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Utilizando o *Microsoft Excel* na versão 2007 foi realizada a soma dos valores de precipitação mensal por estação para cada ano e calculada a precipitação média anual para cada mesorregião do estado da Bahia, através da média aritmética; 3) Após a sistematização dos dados coletados, procedeu-se a quantificação dos dados e a elaboração dos mapas dos focos de queimadas utilizando o *software* Quantum GIS (QGIS) na versão 2.0.1 (*Dufour*). No QGIS trabalhou-se com a opção unir atributos por localização para cruzar a camada das mesorregiões com as camadas dos pontos de focos de calor dos anos estudados. Neste procedimento foi realizada a contagem/quantificação dos focos de calor para cada mesorregião. Para a geração do gráfico da contagem de focos de queimadas por ano bem como da precipitação média anual por mesorregião, utilizou-se o *Microsoft Excel*.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

No estado da Bahia foram registrados cerca de 28322 casos de focos de queimadas entre os anos de 2010 e 2013. Estes índices podem ser visualizados na Tabela 1, onde no ano de 2010 apresenta o maior percentual (41,17%) de focos de queimadas dos últimos 4 anos. A partir de 2011 ocorreu uma diminuição deste percentual (23,26%), voltando a sofrer um ligeiro aumento em 2012 (28,23%). Já em 2013, o percentual dos focos de queimadas reduz ao menor valor, o de 7,34%.

Tabela 1 - Quantitativo de focos de queimadas no estado da Bahia entre os anos de 2010 e 2013

Ano	Nº de Focos	%
2010	11660	41,17
2011	6588	23,26
2012	7995	28,23
2013	2079	7,34
Σ	28322	100

As Figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam os mapas contendo a espacialização dos focos de queimadas no estado da Bahia nos anos de 2010, 2011, 2012 e 2013, respectivamente.

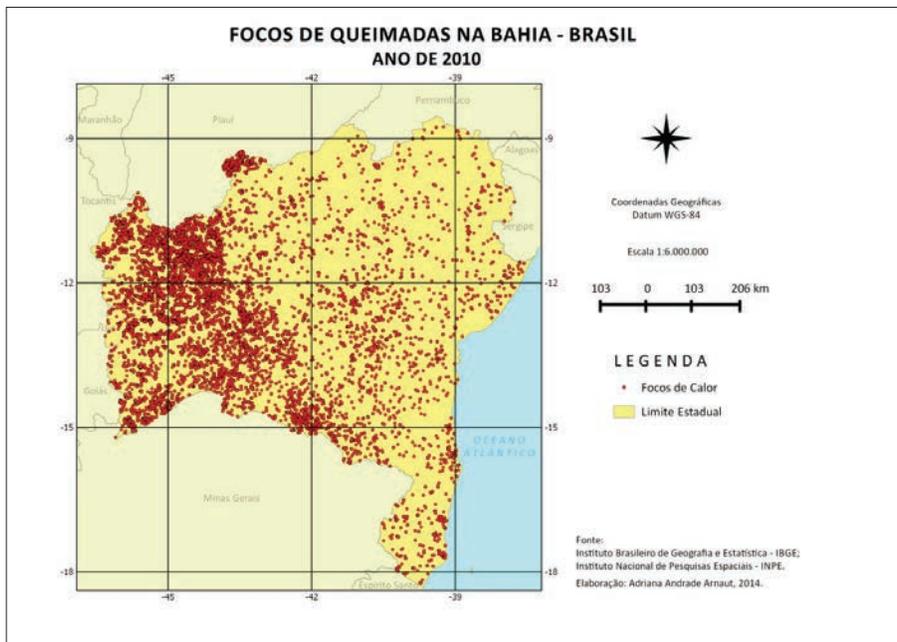


Figura 2 - Espacialização dos focos de queimadas no estado da Bahia no ano de 2010

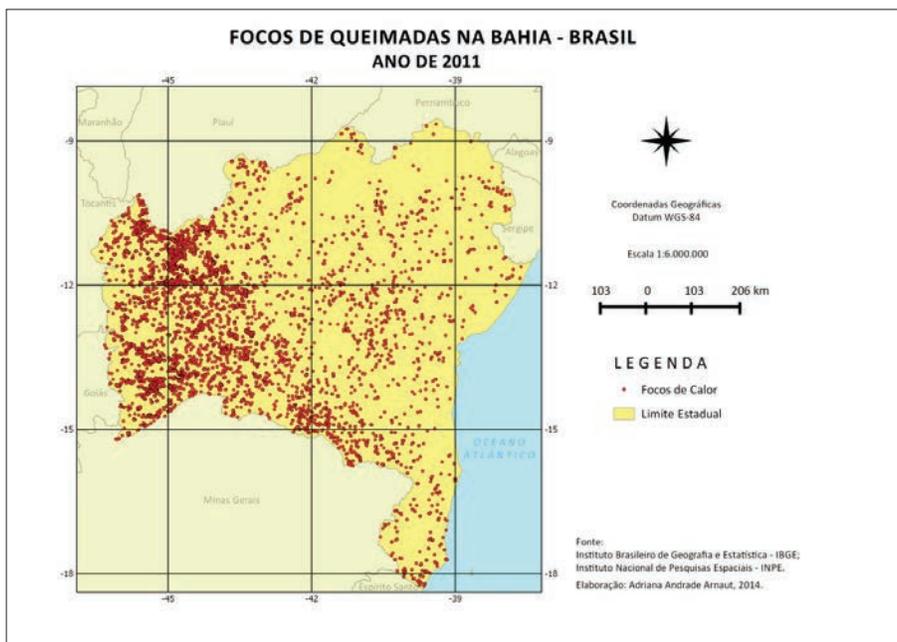


Figura 3 - Espacialização dos focos de queimadas no estado da Bahia no ano de 2011

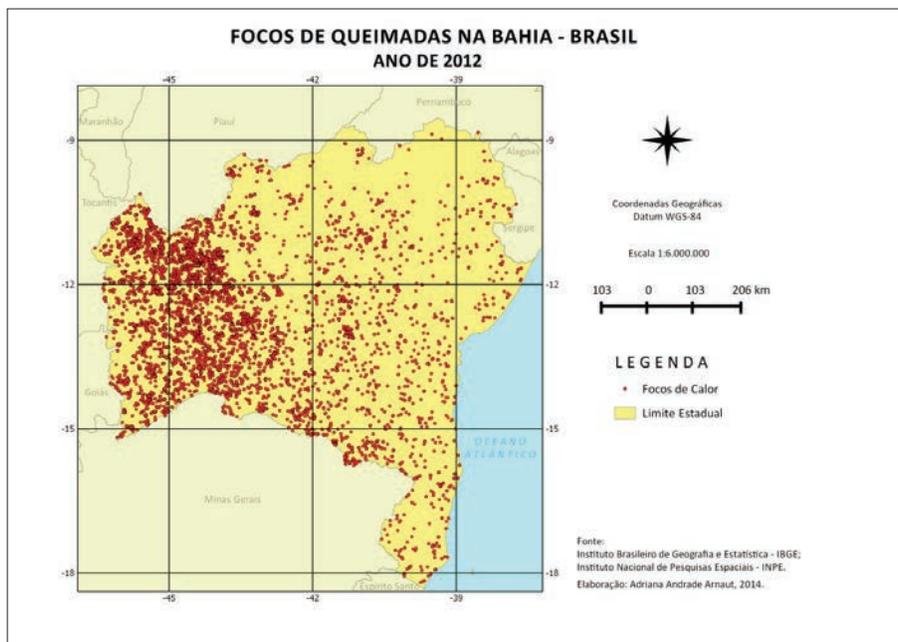


Figura 4 - Espacialização dos focos de queimadas no estado da Bahia no ano de 2012

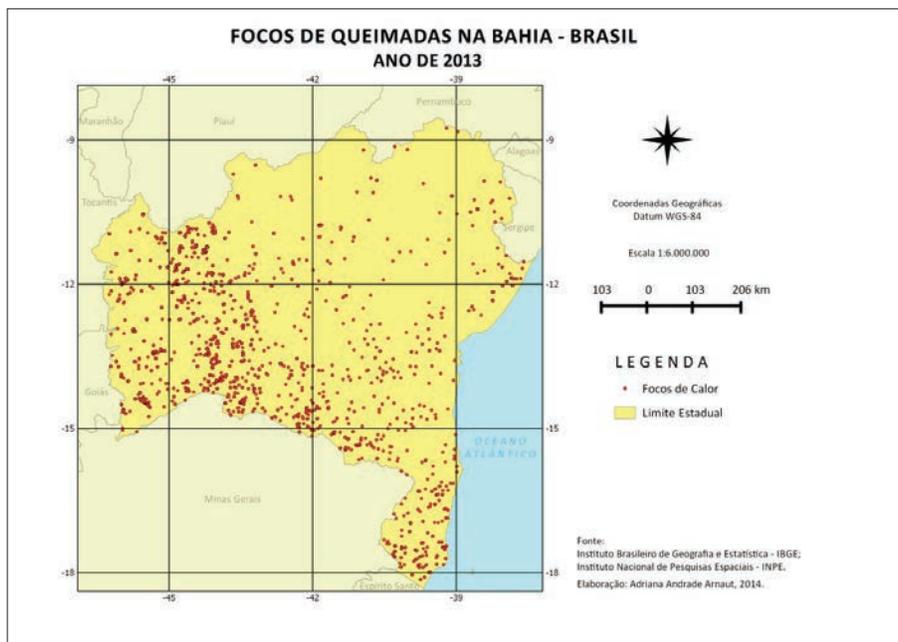
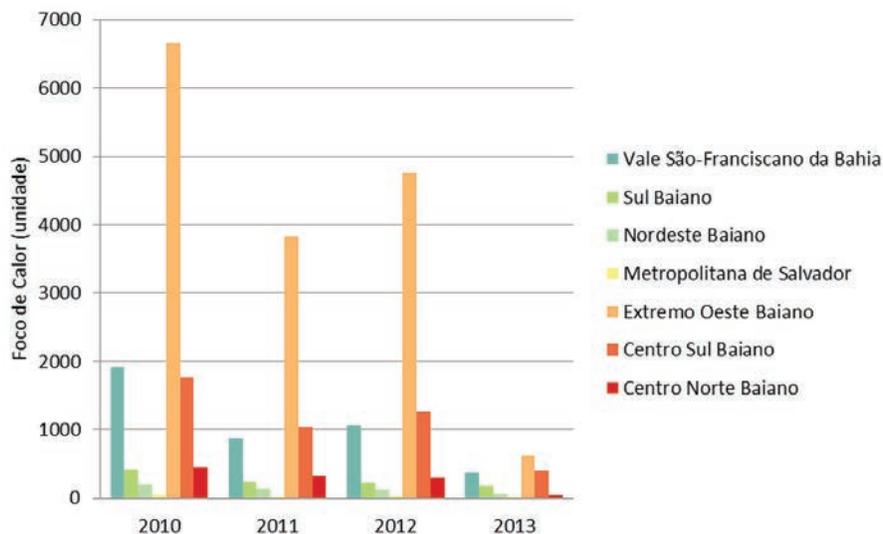


Figura 5 - Espacialização dos focos de queimadas no estado da Bahia no ano de 2013

A partir dos resultados apresentados anteriormente, gerou-se o gráfico I com a contagem dos focos de queimadas distribuídos nas mesorregiões divididas pelo IBGE que compõem o estado da Bahia, ao longo dos anos pesquisados.

Gráfico I - Contagem dos focos de queimadas no estado da Bahia entre os anos de 2010 e 2013



Após a geração do gráfico I, procurou-se verificar em qual bioma (Figura 6) os focos de queimadas se apresentavam em maior quantidade. Em 2010, ocorreu no bioma cerrado, assim como nos demais anos.

Em seguida, com os dados de precipitação do INMET, elaborou-se o gráfico II contendo as precipitações médias anuais das mesorregiões do estado da Bahia para os anos de 2010 até 2013.

A Tabela 2 indica o quantitativo dos focos ativos por estado extraídos das estatísticas do sítio do INPE.



Figura 6 - Biomas nas mesorregiões do estado da Bahia - Brasil

Gráfico II - Precipitação média anual das mesorregiões do estado da Bahia entre os anos de 2010 e 2013

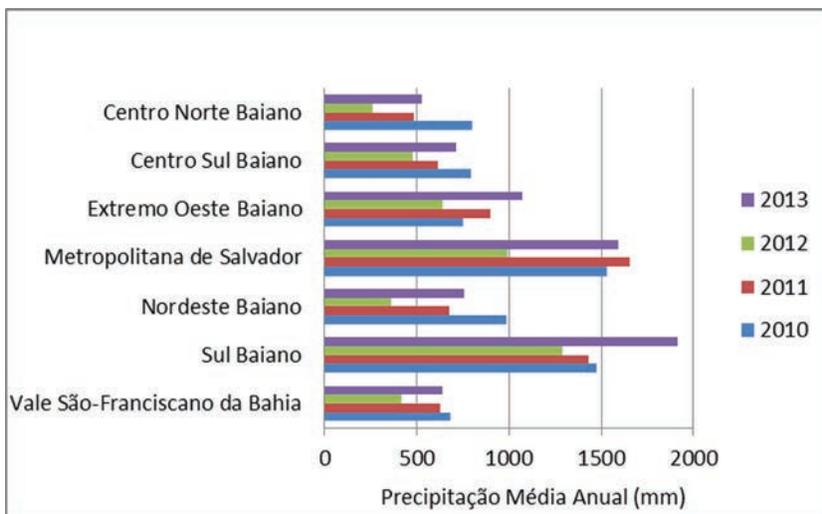


Tabela 2 - Monitoramento dos focos ativos por estado

Estado	Ano			
	2010	2011	2012	2013
Acre (AC)	4684	1912	3180	3242
Alagoas (AL)	222	232	352	208
Amapá (AP)	721	1100	2103	975
Amazonas (AM)	8826	4188	7745	5118
Bahia (BA)	15512	13061	17378	7313
Ceará (CE)	3738	3773	4040	2898
Distrito Federal (DF)	505	273	173	102
Espírito Santo (ES)	225	326	352	261
Goiás (GO)	11104	5677	6154	3002
Maranhão (MA)	28896	14955	31594	16191
Mato Grosso (MT)	46936	15970	26017	17823
Mato Grosso do Sul (MS)	5715	3607	7546	3565
Minas Gerais (MG)	12166	11683	10061	5382
Pará (PA)	41066	17687	26915	20542
Paraíba (PB)	811	837	525	322
Paraná (PR)	1900	2443	1760	1905
Pernambuco (PE)	1660	1589	1089	729
Piauí (PI)	17455	10515	14604	6561
Rio de Janeiro (RJ)	911	1133	575	405
Rio Grande do Norte (RN)	536	401	395	268
Rio Grande do Sul (RS)	990	1033	1249	944
Rondônia (RO)	11873	4541	6421	3662
Roraima (RR)	1442	1082	1001	994
Santa Catarina (SC)	974	926	1000	1046
São Paulo (SP)	5194	3573	2159	2055
Sergipe (SE)	143	173	231	185
Tocantins (TO)	25069	10387	19172	9786

Fonte: Adaptada de http://www.inpe.br/queimadas/estatisticas_estados.php

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nos últimos quatro anos, a Bahia está inserida entre as seis primeiras colocações do *ranking* dos estados com maiores focos de queimadas no Brasil. Através da análise do gráfico I, constatou-se que a mesorregião do Extremo Oeste Baiano apresentou as maiores contagens de focos

de queimadas no decorrer dos anos de 2010 até 2013. Trata-se de uma mesorregião na qual a economia é movimentada pela intensa produção agrícola de cultivo de grãos e pela pecuária, com predomínio do bioma cerrado. Observa-se também pelo gráfico que as mesorregiões seguintes com maior ocorrência de focos no estado foram a do Vale São-Franciscano da Bahia e do Centro Sul Baiano. A primeira localizada no denominado polígono da seca que, segundo o Ministério da Integração Nacional (2005, 3), são regiões com “[...] precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.” Já a segunda mesorregião tem predominância no bioma de caatinga com clima variando do semiárido a subúmido. Ambas as mesorregiões são também consideradas como de potenciais agrícolas e pecuária. Nos mapas ilustrados nas Figuras 2, 3, 4 e 5 verifica-se a existência de diferentes padrões na espacialização dos focos de calor, mais evidentes nas mesorregiões do Extremo Oeste Baiano, Centro Sul Baiano e Vale São-Franciscano da Bahia. Analisando os dados de chuva para as mesorregiões em estudo apresentados no gráfico II, observa-se que no Extremo Oeste Baiano houve uma precipitação média abaixo de 800 mm anuais em 2010 e 2012, chegando a 900 mm em 2011 e ultrapassando os 1000 mm no ano de 2013. Já na mesorregião do Vale São-Franciscano e Centro Sul Baiano a precipitação média para os anos em estudo não ultrapassou 795 mm, apresentando os piores resultados no ano de 2012 quando não ultrapassou 500 mm de chuva. Conforme dados divulgados nos boletins sobre a conjuntura econômica da Bahia, disponibilizados pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), houve aumento na produção agrícola de grãos no estado da Bahia entre os anos de 2010 a 2013. A produção de grãos é significativa nas regiões em análise e, como já mencionado, pode ser considerado um dos indícios ou agravantes dos focos de queimadas nas mesorregiões.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a geração de mapas com a distribuição temporal e espacial dos focos de calor utilizando a tecnologia de SIG, constitui-se num recurso importante para identificação da localização e adensamento dos focos de queimada no estado da Bahia. Através da contagem dos focos de calor, pôde-se verificar uma acentuada redução dos índices entre os anos de 2010 e 2013. Além disto, constatou-se que a mesorregião Extremo Oeste Baiano, com predomínio do bioma cerrado, apresentou os maiores valores na contagem de focos de calor durante os quatro anos estudados. Estes focos podem estar diretamente relacionados à precipitação média anual na mesorregião e/ou ao uso do solo para fins de expansão agrícola.

BIBLIOGRAFIA

- BURROUGH, Peter A. & MCDONNELL, Rachael A. (1998) - Principles of Geographical Information Systems. 2nd ed., Oxford University Press, Oxford, 352 p.
- CÂMARA, Gilberto & MEDEIROS, José Simeão de (1998) - Geoprocessamento para Projetos Ambientais. Capítulo 1: Introdução ao Geoprocessamento. 2^a ed., São José dos Campos, 14 p. Disponível online no endereço url: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/1introd.pdf (acedido em 19 Fevereiro, 2013).
- BRASIL - Ministério da Integração Nacional (2005) - Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro. 33 p. Disponível online no endereço url: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915 (acedido em 10 Março, 2014).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE - Mapas. Disponível online no endereço url: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais> (acedido em 8 Março, 2014).
- Instituto Nacional de Meteorologia. INMET - Banco de dados meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Disponível online no endereço url: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> (acedido em 30 Maio, 2014).
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE - Monitoramento de Queimadas. Banco de Dados. Disponível online no endereço url: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/> (acedido em 8 Março, 2014).
- FLORENZANO, Tereza Gallotti (2007) - Iniciação em Sensoriamento Remoto. Oficina de Textos, 2^a ed., São Paulo, 101 p.

MATIAS, Lindon Fonseca (2001) - Sistema de Informações Geográficas (SIG): Teoria e Métodos para Representação do Espaço Geográfico. Tese de Doutorado da Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, São Paulo, 325 p. Disponível online no endereço url: www.ige.unicamp.br/.../Sistema%20de%20Informacoes%20Lindon.pdf (acedido em 8 Março, 2014).

Ministério do Meio Ambiente. MMA - Download de dados geográficos. Disponível online no endereço url: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> (acedido em 29 Março, 2014).

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. SEI - Boletim de Conjuntura Econômica da Bahia. Fevereiro de 2012. 12 p. Disponível online no endereço url: http://www.sei.ba.gov.br/images/releases_mensais/pdf/bceb/bceb_fev_2012.pdf (acedido em 30 Maio, 2014).

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. SEI - Boletim de Conjuntura Econômica da Bahia. Julho de 2012. 14 p. Disponível online no endereço url: http://www.sei.ba.gov.br/images/releases_mensais/pdf/bceb/bceb_jul_2012.pdf (acedido em 30 Maio, 2014).

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. SEI - Boletim de Conjuntura Econômica da Bahia. Fevereiro de 2013. 16 p. Disponível online no endereço url: http://www.sei.ba.gov.br/images/releases_mensais/pdf/bceb/bceb_fev_2013.pdf (acedido em 30 Maio, 2014).

ARTIGO 15

UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CAPÍTULO DA GEOMORFOLOGIA DE UMA NOTÍCIA EXPLICATIVA DE UMA FOLHA DA CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL (1:50 000)

MARQUES, Eliane¹ & MEIRELES, Carlos²

Unidade de Geologia, Hidrogeologia e Geologia Costeira (UGHGC); Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG); Rua da Amieira - Apartado 1089; 4466-955 São Mamede de Infesta, Portugal; Tel: +351 220 400 000; Fax: +351 229 514 040; email: ¹eliane.marques@lneg.pt e ²carlos.meireles@lneg.pt

RESUMO

Uma carta geológica é um documento cartográfico, de carácter científico e técnico, no qual, sobre um fundo topográfico apropriado transcreve-se, utilizando as técnicas e simbologia gráfica adequadas ao tema em questão, toda a informação respeitante aos materiais rochosos e aos fenómenos endógenos e exógenos que afetaram esses materiais (REBELO, 1999, 13). Geralmente, a edição de uma carta geológica faz-se acompanhar pela posterior publicação da respetiva Notícia Explicativa.

Uma Notícia Explicativa é um documento científico e técnico no qual é sintetizada toda a informação complementar, que pela sua natureza cartográfica, a carta geológica não permite comportar. Ambos os documentos refletem as consultas bibliográficas e a evolução dos conhecimentos científicos e técnicos à data da sua realização.

A Notícia Explicativa encontra-se subdividida em vários capítulos sendo um deles dedicado à geomorfologia da área em estudo, compreendendo uma descrição geomorfológica sintética. Contudo atendendo ao avanço científico nesta disciplina, é necessária uma caracterização geomorfológica, acompanhada de esboços e esquemas geomorfológicos mais detalhados.

Assim sendo, este artigo enquadra-se no âmbito dos trabalhos que temos vindo a desenvolver, no sentido de estabelecer uma sistematização de parâmetros tendo em vista a reorganização do capítulo sobre a geomorfologia, bem como apresentar as bases metodológicas para uma futura Carta Geomorfológica de Portugal à escala 1:50 000 e respetiva Notícia Explicativa.

PALAVRAS-CHAVE

Carta geológica; Notícia explicativa; Geomorfologia; Esboço geomorfológico

A METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE GEOMORPHOLOGY CHAPTER OF AN EXPLANATORY NOTE OF A PORTUGUESE GEOLOGICAL MAP (1:50 000)

ABSTRACT

Geological maps are highly scientific and technical documents, in which, information concerning rock materials and geological process are transcribed on a suitable topographic base (REBELO, 1999, 13). Generally, the issue of a geological map is accompanied by the publication of the respective Explanatory Note.

An Explanatory Note is a scientific document accompanying the publication of the geological map where more detailed and additional information is ascribed. As the geological map, the note reflects scientific and technical knowledge evolution at the date of its completion. Traditionally a geomorphological short description is part of this Explanatory Note. New parameters are proposed to reorganize the geomorphological item. This proposal will be the base for the future Geomorphological Map of Portugal, at 1:50 000 scale, and the respective Explanatory Note.

KEYWORDS

Geological map; Explanatory note; Geomorphology; Geomorphological sketch

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento geológico, primordial para o desenvolvimento do país, é muitas das vezes veiculado através das cartas (designação geral para folha, mapa, esboço...) geológicas, sendo estas um meio singular de divulgação, no qual através de simbologia própria, transmite-se conhecimento adequado a todos quantos necessitam deste tipo de informação.

Uma Carta Geológica (Figura 1), é um documento científico e técnico onde se sintetiza, sobre um fundo topográfico adequado, informação rela-

tiva aos materiais rochosos que ocorrem na região correspondente à área da carta, e aos fenómenos que os afetaram. Ou seja, é um instrumento que sintetiza o conhecimento geológico de determinada área. Consiste pois numa representação da intersecção dos contactos dos corpos geológicos com a superfície topográfica. Baseia-se em três tipos de informação: 1) **dados concretos**, objetivos, observados e medidos (ex. estruturas das rochas, relações espaciais entre corpos rochosos distintos); 2) **interpretativos**, determinado tipo de associação de rochas dão indicações sobre a sua génese. O grau de interpretação depende do nível de conhecimento e da experiência e perceção do geólogo; 3) **relativos à idade**, os eventos geológicos e as rochas têm de ser ordenados cronologicamente. Cada acontecimento geológico é único, cada afloramento, cada tipo de rocha tem propriedades intrínsecas, únicas, distintas de todos os outros.

Para além de toda a interpretação cronológica patente nos dados de carácter geológico, estrutural e tectónico, podemos ainda encontrar nas cartas geológicas informações relativas quer às sequências dos estratos, de acordo com os episódios de deposição ou erosão, à composição geoquímica das rochas e à conseqüente petrografia, quer a elementos relativos aos recursos minerais, hidrogeologia, paleontologia, arqueologia, e outros divulgados pela edição de cartas temáticas, elaboradas com objetivos específicos (CUNHA, 2008, 3-4).

Sendo estas referências fundamentais para quem trabalha na área da cartografia geológica, entendemos que é indissociável da realidade científica atual, obter qualquer tipo de mapa, sem uma adequada ligação do mesmo a uma bem estruturada base de dados de informação de carácter geológico que, por sua vez, atenda a todos os requisitos essenciais para um apropriado funcionamento do sistema de informação geográfica utilizado.

É comumente aceite que a geologia expressa na cartografia geológica, é um dos componentes indispensáveis de qualquer sistema integrado de gestão e planeamento do território. Todavia ainda podemos esperar novos desempenhos em termos de desenvolvimento eficaz na área dos sistemas de gestão de bases de dados geológicas. No entender de quem participa ativamente na elaboração de mapas geológicos, existe cada vez mais a necessidade premente de poder dispor de uma base de dados,

compatível com as normas internacionais para a cartografia geológica, e ao mesmo tempo ser suficientemente interativa e dinâmica de modo a interligar vários temas, como a geomorfologia, por exemplo, de modo a facilitar, quer a elaboração da atividade cartográfica, quer uma mais adequada divulgação deste tipo de cartografia.

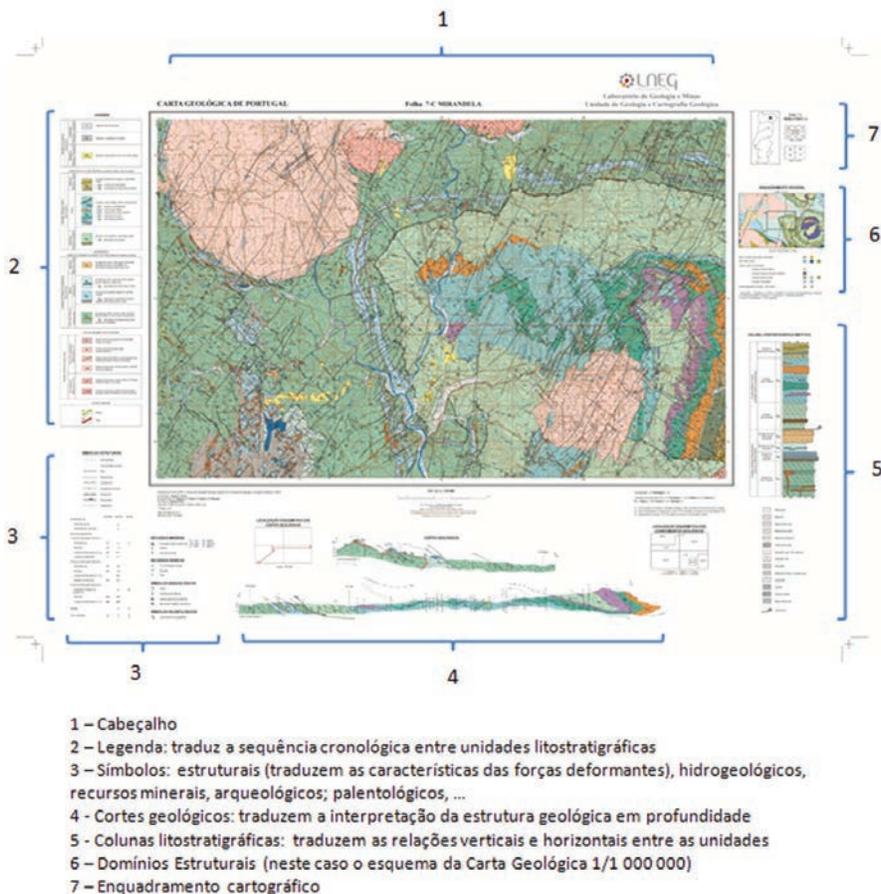


Figura 1 - Exemplo de uma carta geológica - Folha 7C - Mirandela, figura extraída de Marques (2012, apud RODRIGUES, 2010)

As folhas da Carta Geológica de Portugal (CGP) à escala 1:50 000, têm vindo a ser publicadas regular e sistematicamente desde os anos 50 do século passado, pela entidade nacional competente na matéria.¹

¹ 1951 - Serviço de Fomento Mineiro - Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos (SFM-DGMSG, 1938-1959) - Início da publicação sistemática das folhas da CGP 1:50 000. Missão institucional continuada por outras instituições que entretanto foram sendo suces-

É também parte integrante deste tipo de publicações a respetiva Notícia Explicativa, visando fornecer a todos os interessados informação complementar, que o mapa em si não permite comportar (Figura 2).

As Notícias Explicativas que acompanham as folhas das Cartas Geológicas são tradicionalmente organizadas em capítulos que, desde as primeiras edições até às mais atuais, como as Notícia Explicativa da Folha 17A-Viseu e da Folha 25C-Rosmaninhal (FERREIRA *et al.*, 2010, ROMÃO *et al.*, 2010), seguem, aproximadamente, a mesma organização: breve introdução, na qual os intervenientes na publicação são apresentados, segundo a sua área de conhecimento; referência a outros trabalhos publicados anteriormente sobre a área de trabalho em questão; descrição da geomorfologia; geologia (com subcapítulos relativos à estratigrafia, às rochas magmáticas intrusivas, às rochas filonianas); hidrogeologia; recursos geológicos (metálicos e não metálicos) e uma breve síntese sobre a arqueologia. Atualmente dá-se também maior destaque ao metamorfismo, à tectónica e à evolução geodinâmica da região em estudo bem como à componente do património geológico (locais de interesse geológico ou geossítios).

De acordo com a recolha de informação que fizemos, data de 1957 a primeira Notícia Explicativa com um capítulo dedicado à geomorfologia.² Já na referida data o capítulo da geomorfologia descrevia os aspetos gerais do relevo da área, assim como os pontos notáveis (em termos altimétricos), e uma breve descrição da hidrografia.

Nesse sentido, não sendo inédita nas Notícias Explicativas, a presença de um capítulo sobre a geomorfologia da área de estudo, neste pequeno exercício é apresentada uma proposta de reestruturação deste tema, passo fundamental para a apresentação das bases para uma futura Carta Geomorfológica de Portugal à escala 1:50 000 e da respetiva Notícia Explicativa, projeto este entretanto já antevisto em trabalhos anteriores

sivamente criadas e extintas: Serviços Geológicos de Portugal - Direcção Geral de Geologia e Minas (SGP-DGGM, 1939-1993); Instituto Geológico e Mineiro (IGM, 1993-2004); Instituto Nacional de Energia e Tecnologia (INETI I.P. 2004-2007); Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG I.P., 2007-?)

² COSTA, J. Carrington and TEIXEIRA, Carlos (1957). Notícia Explicativa da Folha 9C - Porto. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, 35 p .

(MARQUES & SOARES, 2011). Não está no âmbito deste pequeno resumo fazer um historial da Geomorfologia, como área científica que é, mas sim defender a aproximação entre a cartografia geomorfológica e geológica, nomeadamente na elaboração da Notícia Explicativa das folhas geológicas. A cartografia geomorfológica é muito específica, necessitando de uma base estrutural coerente sobre um fundo topográfico apropriado, como ponto de partida para a sua construção, sendo o LNEG o organismo público que pode fornecer a referida base estrutural. À semelhança do que acontece, por exemplo, no Instituto Geológico Y Minero de Espanha (IGME), a institucionalização da cartografia geomorfológica permitiria uma maior divulgação deste tipo de mapas.

A geomorfologia, e mais propriamente a cartografia geomorfológica, considerada como uma metodologia de investigação, é uma matéria que em nosso entender liga diretamente as áreas de conhecimento da geologia e da geografia. Contudo atendendo ao avanço científico nesta disciplina, é necessária uma caracterização geomorfológica mais detalhada, acompanhada de esboços e esquemas geomorfológicos apropriados, tendo em conta a necessidade de estabelecer uma nova sistematização de parâmetros de investigação.

Torna-se assim pertinente, fazer uma análise metodológica do que pode comportar, em nosso entender, o capítulo da geomorfologia a fim de estipular o que pode ser uma sequência de etapas de análise da área da folha em termos de descrição geomorfológica.

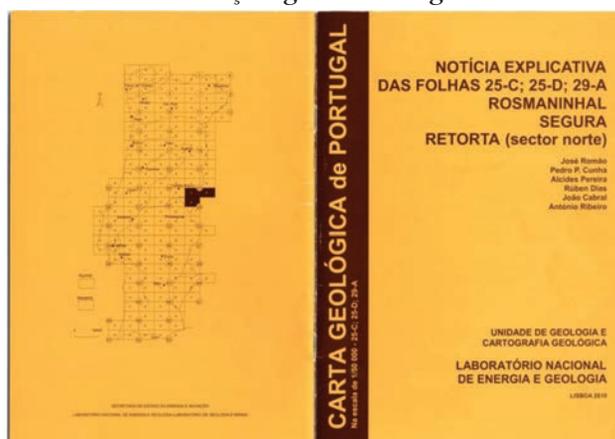


Figura 2 - Exemplo de Notícia Explicativa (frente e verso)

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

A descrição dos aspetos ligados à geomorfologia da área de estudo, torna-se indispensável, visando não só uma correta caracterização dos processos que atuam na construção das paisagens, mas também concretizar um mais apropriado equacionamento das relações entre diferentes áreas do saber, que contribuem para uma adequada gestão e ordenamento territorial. No nosso entender, é assim indispensável a qualquer descrição ligada à estrutura geológica de uma Carta, descrever e compreender os aspetos ligados à construção das paisagens. O estudo dos agentes endógenos e exógenos, os processos pretéritos e atuais que estão na base da estruturação do relevo em análise, e sendo este o objeto de estudo da geomorfologia, parece-nos plenamente justificada a inclusão nas Notícias Explicativas, de um capítulo, mais alargado, dedicado aos aspetos geomorfológicos.

A leitura da geomorfologia de uma determinada área permite enfatizar as suas características litológicas, tectónicas, hidrológicas e climáticas (SILVA & RODRIGUES, 2009, 86). Sob esse ponto de vista será antes de mais um reforço positivo, na aquisição de dados multidisciplinares para a compreensão das estruturas espaciais geradas por determinados fenómenos físicos. No mesmo sentido, é comumente aceite que sendo a cartografia geomorfológica uma metodologia de análise e meio privilegiado de transmissão de conhecimentos acerca do relevo, quanto à sua génese e evolução, a mesma seja parte integrante do capítulo da geomorfologia. É da conjugação destes pressupostos que parte a nossa base de raciocínio para a elaboração desta proposta metodológica.

3. METODOLOGIA

No seguimento da contextualização temática acima descrita, poderíamos estipular em 6 as etapas de caracterização relativamente aos aspetos geomorfológicos de uma determinada área, no caso específico, área correspondente a uma folha da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000.

a) Introdução.

a.1) - Caracterização física da região: descrição fisiográfica - altimetria,

hidrografia, pontos notáveis.

b) Unidades de relevo. Análise reacional dos agentes endógenos e exógenos atuantes na área em estudo.

b.1) - Descrições morfográficas e morfométrica: construção de mapas hipsométricos, de declives e orientações de vertente, delimitação de unidades de relevo dominantes (relevos estruturais, marginais, fluviais, litorais...). Agentes determinantes.

b.2) - Descrição morfogenética: agentes atuais e pretéritos que atuam como fatores desencadeantes do modelado da região.

b.3) - Descrição morfocronológica: aspetos relacionados com a paleogeografia.

c) Elementos estruturais.

c.1) Relacionamento das descrições anteriores com as unidades geológicas, estruturas e tectónica que encontramos na área de estudo.

d) Descrição morfoclimática.

e) Caracterização dos aspetos relacionados com a ocupação dos solos.

f) Caracterização dos aspetos económicos e sociais.

Todos estes parâmetros propostos encontram-se estruturados segundo uma lógica - aumento da complexidade da análise. Lógica essa que deverá estar sempre aberta à discussão com investigadores responsáveis pela cartografia geológica da área em questão. A inclusão dos dois últimos parâmetros, que em nosso entender seriam uma mais-valia para o projeto da folha em elaboração, permitiriam a aplicação do saber geográfico, que se distingue do geológico exatamente pela possibilidade de interligar os aspetos físicos e humanos de uma determinada região, o que, aliás, lhe confere identidade própria.

O desenrolar de todo este processo descritivo, deverá no nosso entender, e sempre que tal seja possível, ser acompanhado de esboços cartográficos que permitam uma identificação precisa da informação a ser construída. Ou seja, a elaboração de mapas de declives, mapas de orientação de vertentes, mapas de sombra, modelos digitais de terreno, perfis, etc., seriam etapas a implementar para a obtenção de normas de boas práticas em trabalhos deste género. Por outro lado, este grupo de mapas, poderiam ser parte integrante do sistema de gestão de dados geo-

gráficos (SGDG) institucional, permitindo conjuntamente com a análise de dados de levantamento de campo e referências bibliográficas de base, estabelecer uma dinâmica interativa, que é o que se pretende aquando da implementação de todo e qualquer sistema de informação geográfica (ANDRÉ, 2004, 109).

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Com base no que anteriormente foi descrito, foi preparada uma resenha do que será parte integrante da Notícia Explicativa da Folha 8A - São Martinho de Angueira (folha da CGP à escala 1:50 000 editada em dezembro de 2012³), estando para breve a sua publicação (Figura 3).

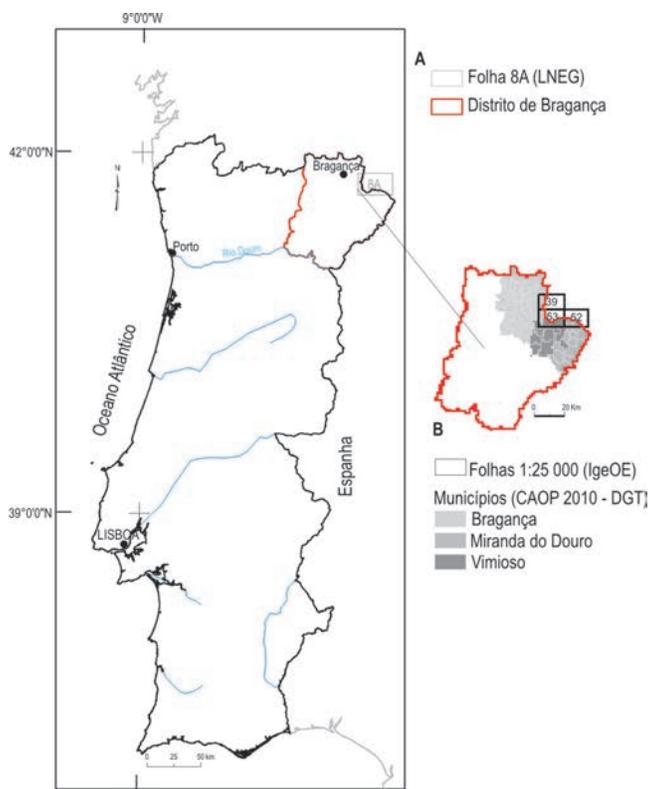


Figura 3 - Localização cartográfica da área de estudo (A - Localização no contexto da Península Ibérica; B - Localização no contexto regional, municípios do Distrito de Bragança que se localizam na área da folha 8A)

³ MEIRELES, Carlos (2012). Folha 8A - São Martinho de Angueira. Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000. LNEG. Lisboa, Laboratório Nacional de Energia e Geologia.

Para a elaboração da nossa proposta foi necessário estabelecer um diagrama de fluxo de dados que integrasse os dados que seriam tratados, de modo a facilitar a organização da informação (Figura 4).

Um fluxograma, que neste caso traduz o fluxo de dados de um processo, é uma ferramenta que nos permite representar um processo de trabalho ou um algoritmo para a resolução de um determinado problema (ISO5807, 1985). Esta ferramenta representa o estado inicial de um problema e todas as atividades e decisões necessárias para sequencialmente se conseguir atingir um resultado final (GANE and SARSON, 1979, SOMMERVILLE, 2011). Neste caso, especificamente, trata-se de uma estruturação processual. Temos uma série de entidades de entrada (*inputs*) que alimentam o nosso sistema, como as fotografias, as imagens de satélite, os levantamentos de campo, entre outros. A conjugação destes dados gera a informação que pretendemos obter (*outputs*). Este modelo é um modelo simples e independente da tecnologia que eventualmente possa ser incorporada para a sua implementação.

A partir desta fundamentação acerca das relações entre os diferentes dados, realizou-se trabalho de campo específico para a análise geomorfológica da área de estudo, e reuniram-se os elementos necessários a todo o trabalho de gabinete que se seguiu. Partindo da fundamental base geológica, atualizada, fez-se a integração em base de dados de toda a informação topográfica e bibliográfica existente para a referida área.

Da estrutura anteriormente apresentada para a organização do capítulo foram sendo feitas adaptações, de acordo com o que é pretendido de forma a respeitar o objetivo de uma Notícia Explicativa. A arquitetura proposta para o referido capítulo está neste momento subdividida em:

- a) Morfografia (formas dominantes) - descrição fisiográfica da área de estudo;
- b) Morfogénese, morfocronologia e morfodinâmica da área de estudo;
- c) Morfoclimatologia e características climáticas atuais;
- d) Paisagem Humana (aspetos económicos e sociais);

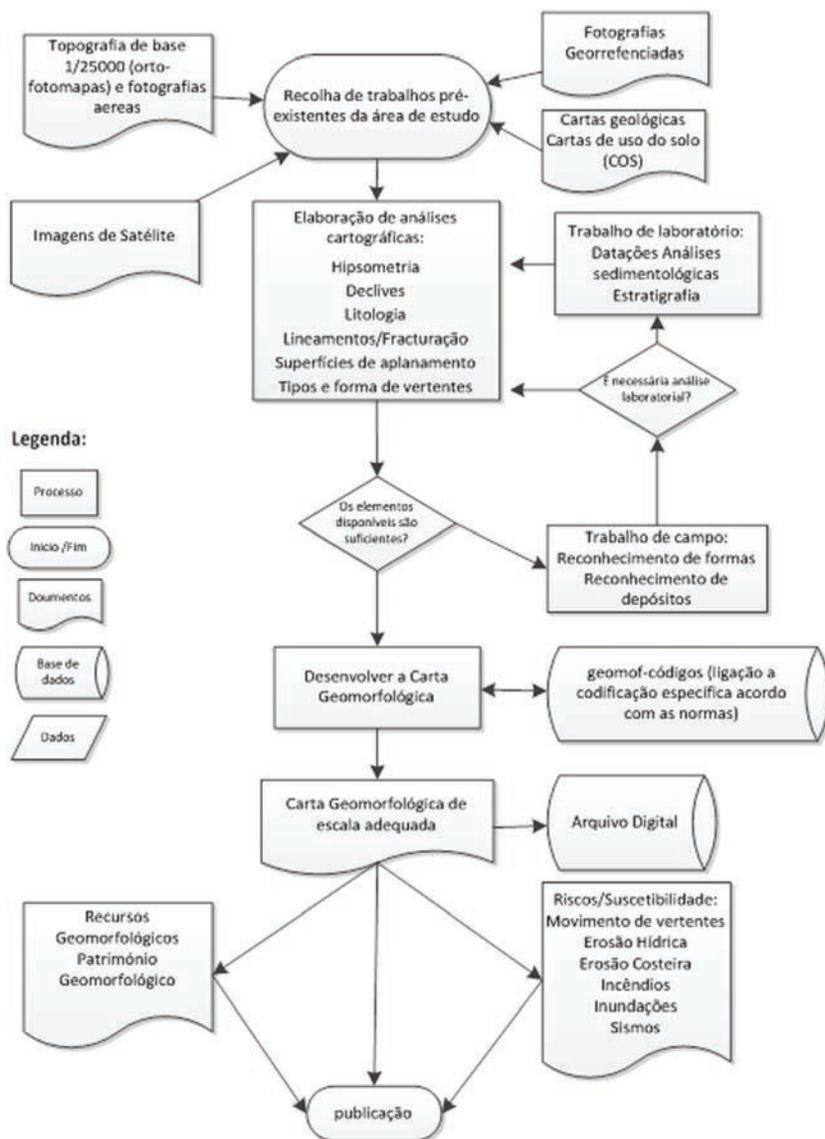


Figura 4 - Diagrama de fluxo de dados para elaboração de uma Carta Geomorfológica

Os aspetos relacionados com a morfografia (descrição geométrica das formas de relevo), morfometria (medidas quantitativas do relevo), morfocronologia (sucessão temporal das formas) e morfogénese (agentes e processos atuantes no modelado), assim como a morfodinâmica (agentes atuais e pretéritos), garantem ao esboço geomorfológico que acompa-

na o capítulo da geomorfologia uma leitura global indispensável para a articulação com os elementos topográficos, hidrográficos, tectónicos e litológicos que estão na base da cartografia geológica (MONNÉ, 1997, 15).

No seguimento desta breve resenha, visto o objetivo não ser uma descrição exaustiva dos aspetos geomorfológicos da área, mas sim uma contextualização da mesma, elaboramos um pequeno esboço cartográfico, à escala 1:50 000, que integra os aspetos geomorfológicos mais marcantes da área de estudo (Figura 5). Para a elaboração do referido esboço baseamo-nos em autores como Denise Brum Ferreira (FERREIRA, 1981), autora da única Carta Geomorfológica de Portugal, Laura Soares (SOARES, 2008), José Gomes dos Santos (SANTOS, 2005) e Carlos Bateira (BATEIRA, 2001). A semiologia gráfica empregue no referido esboço, será algo ainda em construção, mas baseia-se nos trabalhos publicados por estes autores, nos últimos anos. Nesse sentido, não sendo inédita a presença nas Notícias explicativas de um capítulo sobre a geomorfologia da área de estudo, neste pequeno exercício é apresentada uma proposta de reestruturação deste tema, passo fundamental para a apresentação das bases para uma futura Carta Geomorfológica de Portugal à escala 1: 50 000 e da respetiva Notícia Explicativa, projeto este já antevisto em trabalho anterior (MARQUES & SOARES, 2010).

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O esboço geomorfológico apresentado, e o texto de enquadramento do mesmo, visa antes de mais o início de uma colaboração que se pretende vir a aprofundar. A construção de uma base de dados cartográfica, ligando a simbologia adequada à elaboração de mapas geomorfológicos, integrada na instituição que edita cartas geológicas, base fundamental de análise para a geomorfologia, parece-nos ser uma mais-valia que poderia ser tida em conta na elaboração de projetos futuros.

O trabalho agora sucintamente apresentado deverá ser complementado com mais trabalho de campo e de laboratório. A arquitetura dos subtítulos propostos, dependendo muito da área em estudo, poderá, com algumas adaptações da proposta inicial, adequar-se à estrutura e objetivo de uma qualquer Notícia Explicativa. O conhecimento da geomorfologia de uma determinada área e a sua expressão em moldes cartográficos, fornecem uma visão aglutinadora sobre as suas principais características físicas, uma vez que abrange a descrição de aspetos da morfografia, morfometria, morfogénese e morfotectónica. Definir a génese e apontar um plausível quadro de evolução morfológica para uma determinada porção do país, permite uma leitura do território com aplicabilidade no seu planeamento e gestão territorial, com destaque para as questões relacionadas com os riscos naturais e proteção civil.

6. CONCLUSÃO

Sendo a cartografia geológica de um país essencial para a divulgação do conhecimento geológico do mesmo (MARQUES, 2012, 82), nada melhor do que complementar a sua elaboração com o contributo interdisciplinar, aproveitando a formação em diferentes áreas dos colaboradores que integram as equipas de trabalho.

A proposta de trabalho descrita, resulta de uma tentativa de sistematização e otimização da estrutura de um dos capítulos da notícia explicativa de uma folha da CGP à escala 1:50 000. A proposta ainda não chegou à fase de publicação, todavia encontra-se neste momento em fase de apreciação conjuntamente com a informação a ser elaborada por autores de outros capítulos. A proposta apresentada, permanece aberta a sugestões positivas, pois resultará sempre de uma construção multidisciplinar com uma finalidade comum. Com esta nova reorganização proposta, cujo resultado em breve será publicado, parece-nos coerente a edição de um novo produto cartográfico - Carta Geomorfológica de Portugal à escala 1:50 000.

Por fim, é apenas de referir que todo o desenvolvimento de suportes para agregar informação no domínio da cartografia geomorfológica,

pode proporcionar resultados para encetar trabalhos futuros. Pensamos que com base na proposta que aqui foi sinteticamente descrita, será de encetar esforços futuros na apresentação de um esboço geomorfológico que complemente a folha geológica a publicar, podendo assim dar maior relevo à descrição geomorfológica da área. Todavia, estamos cientes que a representação de formas e processos geomorfológicos apresenta muitas dificuldades quanto à sua conceção, definição de conceitos associados e técnicas de representação simbólica-cartográfica, por si só bastante complexas.

BIBLIOGRAFIA⁴

- ANDRÉ, Maria (2004). SAGISc: Sistema colaborativo para recolha de dados geológicos. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, 137p.
- BATEIRA, Carlos (2001). Movimentos de Vertente no NW de Portugal, Susceptibilidade Geomorfológica e Sistemas de informação geográfica. Doutor em Geografia Física, Universidade do Porto, 470p.
- COSTA, J. Carrington & TEIXEIRA, Carlos (1957). Notícia Explicativa da Folha 9C - Porto. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, 35p.
- CUNHA, Teresa (2008). Cartografia Geológica Digital. A importancia dos SIG na gestão dos recursos geológicos e mitigação dos riscos geológicos naturais e tecnológicos., INETI - Alfragide - Lisboa, INETI, 3-8pp.
- FERREIRA, D. Brum (1981). Carte géomorphologique du Portugal. Lisboa, CEG.
- FERREIRA, Narciso, *et al.* (2010). Notícia Explicativa da Folha 17A - Viseu. Lisboa, Laboratório Nacional de Energia e Geologia - Laboratório de Geologia e Minas, 53p.
- GANE, Chris. & SARSON, Trish (1979). Structured systems analysis: tools and techniques, Prentice-Hall, 241p.
- ISO5807 (1985). Information processing - Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts. Switzerland - Geneva, International Organization for Standardization. 5807:1985.
- MARQUES, Eliane (2012). Cartografia Geológica Digital - Um Percurso Profissional. Mestrado, Universidade do Porto, 228p.

⁴ Referências bibliográficas inseridas automaticamente através da aplicação *EndNote X6*, e apresentadas segunda a norma Autor-Data.

- MARQUES, Eliane & SOARES, Laura (2010). Inventário e bases de dados de cartografia geomorfológica do NW de Portugal. XII Colóquio Ibérico de Geografia. Porto, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 13p.
- MARQUES, Eliane & Soares, Laura (2011). Inventário e bases de dados de cartografia geomorfológica do NW de Portugal (adaptado do artigo apresentado no XII Colóquio Ibérico de Geografia). CADERNOS - Revista do 3º Ciclo de Estudos em Geografia. Porto - CEGOT - Faculdade de Letras da Universidade do Porto, vol.3, 31-47 pp.
- MEIRELES, Carlos (2012). Folha 8A - São Martinho de Angueira. Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000. LNEG. Lisboa, Laboratório Nacional de Energia e Geologia.
- PEÑA-MONNÉ, Jose. (1997). Cartografía Geomorfológica Básica Y Aplicada. Logroño, Geoforma Ediciones, 227p.
- REBELO, José (1999). As Cartas geológicas ao serviço do desenvolvimento. Publicação integrada nas Comemorações dos 150 anos da criação da 1º Comissão Geológica. Lisboa, Instituto Geológico e Mineiro, 55p.
- RODRIGUES, José (2010). Folha 7C - Mirandela Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000. LNEG. Lisboa, Laboratório Nacional de Energia e Geologia.
- ROMÃO, José *et al.* (2010). Notícia Explicativa das Folhas 25-C; 25-D; 29-A - Rosmaninhal; Segura e Retorta (sector norte). Lisboa, Laboratório Nacional de Energia e Geologia - Laboratório de Geologia e Minas, 53 p. .
- SANTOS, José (2005). As bacias de Mirandela, Macedo de Cavaleiros e de Vilarça-Longroiva. Estudo de Geomorfologia. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Coimbra, 539 p.
- SILVA, Thallita & RODRIGUES, Sílvio (2009). Elaboração de um tutorial de cartografia geomorfológica como alternativa para o ensino de geomorfologia. Rev. Geogr. Acadêmica. Brasil, Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia, vol. 3, 10 p.
- SOARES, Laura (2008). A importância das formações superficiais no âmbito dos processos de erosão hídrica e movimentos de vertente no NW de Portugal., Universidade do Porto, 861p.
- SOMMERVILLE, Ian (2011). Software engineering. London, Addison-Wesley, 792 p.

ARTIGO 16

OS SIG NA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE ESTRUTURAL E SOCIAL ASSOCIADA A TSUNAMIS: APLICAÇÃO AOS CONCELHOS DE VILA DO BISPO E FIGUEIRA DA FOZ

BARROS, José Leandro¹; TAVARES, Alexandre Oliveira²;

SANTOS, Ângela³ & EMÍDIO António³

¹ Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra (Portugal); Colégio de S. Jerónimo Largo D. Dinis Apartado 3087 3000-995, Coimbra (Portugal); email: leandrobarros@ces.uc.pt

² Centro de Estudos Sociais e Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra (Portugal); Largo Marquês de Pombal, 3000-272, Coimbra (Portugal); email: atavares@ci.uc.pt

³ Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, (Portugal) Edifício da Faculdade de Letras, Alameda da Universidade, 1600-214, Lisboa, (Portugal) email: angela.santos@campus.ul.pt; a.emidio@campus.ul.pt

RESUMO

Diversas metodologias têm sido desenvolvidas com o objectivo de avaliar a vulnerabilidade dos edifícios face a tsunamis. O presente trabalho apresenta a aplicação de uma análise integrada multidimensional de avaliação da vulnerabilidade a tsunamis para o concelho da Figueira da Foz e de Vila do Bispo, Portugal. São calculados índices de vulnerabilidade estrutural e social para a área potencialmente inundada utilizando como referência a modelação numérica da inundação do Tsunami de Lisboa de 1755.

PALAVRAS-CHAVE

Tsunami de Lisboa de 1755, Vulnerabilidade, SIG, Figueira da Foz, Vila do Bispo

**GIS IN THE ASSESSMENT OF STRUCTURAL AND SOCIAL
VULNERABILITY ASSOCIATED WITH TSUNAMIS:
APPLICATION TO THE MUNICIPALITIES OF
VILA DO BISPO AND FIGUEIRA DA FOZ**

ABSTRACT

Several methodologies have been developed with the aim of assessing the vulnerability of buildings to tsunamis. This paper presents the application of a multidimensional integrated analysis for the vulnerability assessment to tsunamis for the municipality of Figueira da Foz and Vila do Bispo, Portugal. The structural and social vulnerability indices are calculated to potentially inundated areas using as reference the inundation numerical modeling of the 1755 Lisbon Tsunami.

KEYWORDS

1755 Lisbon Tsunami, Vulnerability, GIS, Figueira da Foz, Vila do Bispo

1. INTRODUÇÃO

Os registos históricos permitem identificar um total de 17 tsunamis ocorridos ao longo da costa portuguesa desde 60 a.C. até à actualidade (BAPTISTA e MIRANDA, 2009) sendo que 14 estão relacionados com a ocorrência de sismos. Destaca-se o tsunami ocorrido no dia 1 de Novembro de 1755 que resultou no maior desastre natural ocorrido em Portugal tendo provocado um elevado número de vítimas e estragos significativos em várias zonas do território continental, com maior incidência na cidade de Lisboa (SANTOS, 2008). O último tsunami que afectou a costa portuguesa ocorreu em 1969 e o intervalo de tempo de 45 anos que o separa da actualidade faz com que várias gerações não tenham convivido com a manifestação de eventos deste tipo. Esta ausência faz com que haja um falso sentimento de segurança, o que condiciona a percepção da população em relação ao risco de tsunamis. Segundo Tavares *et al.* (2011) em Portugal os valores relacionados com a percepção face a riscos naturais e tecnológicos são genericamente baixos, sendo esta tendência mais clara nas zonas mais próximas dos locais de residência. O mesmo estudo conclui que quanto maior é a proximidade à zona de residência

menor é a intensidade percebida dos processos perigosos, influenciada pela noção de segurança e controlo dos acontecimentos. O estudo levado a cabo por Mendes e Freiria (2012) do observatório do Risco OSIRIS demonstra que num conjunto de 28 riscos, os tsunamis surgem em último lugar numa lista que identifica a importância dos riscos percebidos pelos portugueses. Por outro lado o estudo realça ainda que 95% dos inquiridos não adoptam qualquer medida de prevenção face a tsunamis, concluindo que a percepção do risco de tsunami em Portugal é muito baixa, mesmo para as populações que habitam na zona costeira ou em estuários.

Vários estudos realçam a importância da avaliação da vulnerabilidade associada a tsunamis, com especial incidência para a vulnerabilidade estrutural dos edifícios potencialmente afectados (PAPATHOMA *et al.*, 2003; PAPATHOMA e DOMINEY-HOWES, 2003; DOMINEY-HOWES e PAPATHOMA, 2007; DALL'OSSO *et al.*, 2009; KAPLAN *et al.*, 2009; DALL'OSSO *et al.*, 2010; ANPC, 2010; OMIRA *et al.*, 2010; LEONE *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2011; ISMAIL *et al.*, 2012; BARROS *et al.*, 2013; EMÍDIO *et al.*, 2013), sendo adequadas para a análise da vulnerabilidade na escala local. No entanto, independentemente da escala, a vulnerabilidade apresenta uma variabilidade ao longo do território, estando dependente das características físicas e socio-económicas. Estes dois pilares de análise não estão presentes na maioria das metodologias de análise de vulnerabilidade face a tsunamis, o que constitui uma das suas principais limitações (DALL'OSSO *et al.* 2010) originando uma análise de vulnerabilidade “incompleta”. Assim sendo, para além da vertente estrutural é necessário incluir outras componentes nomeadamente a social na avaliação da vulnerabilidade face a tsunamis. Por outro lado, vários autores sublinham também a relevância da análise de vulnerabilidade social e da identificação de grupos de risco como chave para o processo de avaliação do risco (CUTTER *et al.* 2003; FEKETE *et al.* 2009; MENDES, 2009; MENDES *et al.* 2011; BIRKMANN *et al.* 2011).

O presente estudo é inovador no sentido em que dá a conhecer uma análise integrada da vulnerabilidade, pelo que se distingue das demais metodologias pelo facto de ser uma abordagem multidimensional. Esta

abordagem agrega na sua composição a componente estrutural e social da vulnerabilidade, tendo por base os estudos realizados por Cutter *et al.* (2003), Schmidtlein *et al.* (2008) e Mendes (2009) no que concerne à componente social, e Dall’Osso *et al.* (2009) para a componente estrutural. Inclui-se assim a vulnerabilidade social como elemento diferenciador em relação a outras abordagens, assim como se refinam os processos de análise ao introduzir novos parâmetros na avaliação da vulnerabilidade estrutural. A definição das áreas potencialmente afectadas é realizada com recurso à modelação numérica de inundação por tsunamis, tendo como referência o tsunami de 1 de Novembro de 1755 (SANTOS, 2008; SANTOS *et al.* 2009; SANTOS *et al.* 2011; SANTOS *et al.* 2012; SANTOS & KOSHIMURA, 2013a).

2. TEMA E ÁREAS DE ESTUDO

O concelho da Figueira da Foz (Figura 1) está localizado na zona centro litoral de Portugal Continental e apresenta uma área de 379 km². Segundo os Censos 2011 (INE, 2011) o concelho regista uma população de 62 125 habitantes, repartida de forma desigual pelas 18 freguesias, com uma densidade populacional de 163.3 (hab/km²). No espaço concelhio destaca-se a Figueira da Foz como uma cidade de média dimensão no panorama nacional com um total de 28 338 habitantes. A escolha da Figueira da Foz justifica-se pelo facto da existência de relatos históricos relacionados com o tsunami de 1755 (SANTOS, 2008; SANTOS *et al.* 2009; SANTOS *et al.* 2011; SANTOS *et al.* 2012; SANTOS & KOSHIMURA,

2013b), a elevada flutuação sazonal da população, a existência de um importante porto e zona industrial junto à costa.

O concelho de Vila do Bispo, localiza-se na zona mais a sudoeste do território continental (Figura 1), inserindo-se na região denominada de Barlavento Algarvio e com uma área de

179 km². De acordo com os Censos 2011 (INE, 2011) o concelho apresenta uma população de 5 381 habitantes, abrangendo o município um total de 5 freguesias apresentando uma baixa densidade populacional (29,2hab/km²). No que respeita a aglomerados populacionais destaca-se

Vila do Bispo que é a sede de concelho e se localiza na zona centro do mesmo. Junto à costa destacam-se Sagres, Salema e Burgau como locais de maior concentração populacional. A escolha de Vila do Bispo justifica-se pela existência de relatos históricos associados ao tsunami de 1755 (SANTOS, 2008; SANTOS *et al.* 2009; SANTOS *et al.* 2011; SANTOS & KOSHIMURA, 2013b). Outra razão prende-se com o facto de um tsunami com uma origem semelhante ao verificado em 1755 demorar menos de 20 minutos atingir o concelho. Por último, a existência de aglomerados populacionais junto à costa (Sagres, Burgau e Salema) e a sua considerável flutuação populacional sazonal justificam o estudo.

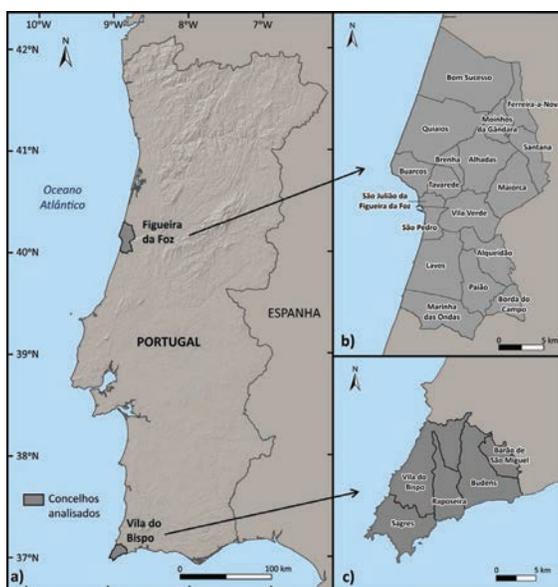


Figura 1 - Enquadramento área de estudo

3. METODOLOGIA

A análise integrada presente no artigo caracteriza-se pela sua componente multidimensional que agrega componentes estrutural e social da vulnerabilidade. Para a execução da metodologia foi criada uma matriz de análise que agrega todos os parâmetros que compõem a componente estrutural da vulnerabilidade. A matriz apresenta um conjunto de atributos intrínsecos a cada parâmetro e atribui a cada um, valores que variam entre 1 e -1, em que os valores positivos representam um aumento da

vulnerabilidade e os valores negativos um decréscimo da mesma. A matriz serviu de base a trabalho de campo realizado com recurso a tecnologia SIG (ArcGis 10.2 (ESRI®) e Android® através da utilização de um tablet para a recolha de informação no terreno. O trabalho foi complementado com recurso a imagens de satélite, nomeadamente o serviço World Imagery disponibilizado pela ESRI®.

No que concerne à análise da componente estrutural foram analisados os edifícios potencialmente afectados pela modelação numérica de inundação face a tsunamis (SANTOS, 2008; SANTOS *et al.* 2012). Os edifícios resultaram da análise de imagens de satélite (ESRI, 2014) e de trabalho de campo que permitiram a representação vectorial e adição de atributos intrínsecos à tipologia, forma, ocupação e funcionalidade. É de salientar a dificuldade de obter uma “linha de costa” coerente face à erosão e deposição das areias da costa portuguesa (SANTOS *et al.* 2012; INAG, 2009). A linha de costa considerada resultou da actualização da cartografia do IGeoE - Instituto Geográfico do Exército, nomeadamente das cartas militares de Portugal, serie M888 (2000, 2001, 2002) com dados de levantamento topográfico a partir de GPS. Para a avaliação do edificado foram seleccionados 13 parâmetros que caracterizam os edifícios na componente estrutural, arquitectónica e ocupacional (Tabela 1). Nesta componente para além da introdução de parâmetros presentes em Dall’Osso *et al.* (2009) e Ismail *et al.* (2012) propõe-se neste estudo um conjunto de novos parâmetros (Tabela 1), de onde se destacam os relacionados com a ocupação em cada edifício (ano de construção; forma de ocupação; número de unidades de utilização; número médio diário de pessoas presentes ou visitantes por unidade de utilização e flutuação da ocupação), permitindo complementar a análise dos edifícios nomeadamente através da sua distinção funcional, sazonal e ocupacional. Nem todos os parâmetros contribuem da mesma forma para o cálculo da vulnerabilidade estrutural, como tal recorreu-se ao software de análise multicritério M-Macbeth®, que através da comparação directa entre os diferentes parâmetros permitiu atribuição de ponderações consoante a importância de cada um (BANA e COSTA, 2004; BANA e COSTA & CHAGAS, 2004).

Tabela 1 - Parâmetros de avaliação da vulnerabilidade estrutural, propostos neste estudo

Parâmetros de avaliação da vulnerabilidade estrutural	Material de construção
	Ano construção
	Estado conservação
	Hidrodinâmica do r/c
	Existência pisos subterrâneos
	Tipo de fundações
	Forma ocupação
	Nº unidades de utilização
	Nº médio de pessoas presentes ou visitantes por unidades de utilização
	Flutuação ocupação
	Forma edificado em planta

Por último foi avaliada a vulnerabilidade social tendo por base a metodologia preconizada por Cutter *et al.* (2003), Schmidtlein *et al.* (2008) e Mendes (2009) com recurso à análise factorial realizada em SPSS. Neste estudo propuseram-se um total inicial de 172 variáveis (INE, 2013; PORDATA, 2013; CARTA SOCIAL, 2013) de origem social, económica, demográfica e relacionadas com o edificado da área de estudo. Foi considerado nesta avaliação os dados referentes à freguesia, dado que esta constitui o nível mínimo de desagregação para múltiplas variáveis (ex. económicas, apoio social, recursos de protecção civil, entre outros).

Para se aumentar a robustez do método utilizaram-se ainda 88 freguesias de 15 concelhos da orla costeira. Os cálculos foram efectuados com a utilização de SPSS. Após a eliminação dos dados redundantes a análise factorial foi executada até serem atingidos um conjunto de parâmetros que validassem a amostra e que no presente estudo se traduziu num KMO de 0,717, comunalidades superiores a 0,6 e uma taxa de variância de 78%. Estes resultados conduziram a um total de 47 variáveis, como é apresentado na Tabela 2. Após concluída a análise factorial foi calculada a vulnerabilidade social para cada freguesia com base na classificação de Cutter *et al.* (2003), onde os autores classificam a vulnerabilidade entre muito baixa e muito elevada.

Tabela 2 - Variáveis utilizadas no cálculo da vulnerabilidade social, propostas neste estudo

Agricultura	Proporção produtores agrícolas singulares com 65 e mais anos de idade (%) Proporção de produtores agrícolas singulares (%) sem nenhum nível de ensino Proporção de produtores agrícolas singulares (%) com ensino básico
Edifícios e Alojamentos	Proporção de alojamentos familiares clássicos de uso sazonal (%) Proporção de alojamentos familiares clássicos sem pelo menos uma infra-estrutura básica (%) Proporção de alojamentos do próprio com encargos (%) Proporção de alojamentos sobrelotados (%) Proporção de edifícios muito degradados (%) Proporção de edifícios com acessibilidade através de cadeira de rodas (%) Proporção edifícios não exclusivamente residenciais (%) Valor médio mensal das rendas dos alojamentos familiares clássicos arrendados (€) Densidade de alojamentos por Km ² Proporção alojamentos familiares (%) Proporção alojamentos apoio social (%) Proporção edifícios predominantemente não residenciais (%) Média de pisos por edifício (N.º) Idade média dos edifícios (Ano) Proporção alojamentos familiares de residência habitual com sistema de aquecimento (%) Proporção edifícios entre 1971 e 1990 (%) Média de indivíduos por alojamento familiar clássico de residência habitual (Nº) Média de indivíduos por divisão de alojamento familiar clássico de residência habitual (N.º) Proporção de edifícios com necessidade de grandes reparações na estrutura (%)
Economia	Proporção população empregada por conta de outrem (%) Proporção população empregada que trabalha noutra freguesia do concelho (%) Proporção população empregada que trabalha ou estuda no concelho (%) Proporção população empregada no sector primário (%) Proporção população empregada no sector terciário (%) Taxa de desemprego (%)
População	Proporção de núcleos familiares monoparentais (%) Proporção da população residente em alojamentos familiares clássicos arrendados (%) Taxa de variação das famílias clássicas (2001 - 2011) (%) Proporção da população residente que 5 anos antes residia fora do município (%) Proporção de utilização do automóvel nas deslocações (%) Proporção da população residente com 65 ou mais anos de idade (%) Proporção da população residente de nacionalidade estrangeira (%) Proporção da população residente com idade entre 3 e 5 anos a frequentar a educação pré-escolar (%) Índice de longevidade (%) Proporção população feminina (%) Proporção população residente entre os 14 e os 24 anos (%) Proporção população residente proveniente de outra freguesia do concelho (%) Taxa de natalidade (%)
Serviços	Habitantes por centro de saúde e extensão (nº) Bombeiros por 1000 habitantes Estada média nos estabelecimentos hoteleiros (N.º)
Apoios sociais	População adulta institucionalizada por 100 habitantes Infra-estruturas de infância e juventude por 100 habitantes Infra-estruturas para população adulta por 100 habitantes

4. RESULTADOS

4.1. Vulnerabilidade estrutural

A análise da vulnerabilidade estrutural permitiu a identificação de um total de 244 edifícios potencialmente afectados pela ocorrência de um tsunami com características semelhantes ao de 1755. No concelho da Figueira da Foz identificam-se 144 edifícios com destaque para as zonas do Cabedelo, porto da Figueira da Foz, Cova Gala e Leirosa (Figura 2)

como as áreas mais afectadas. No concelho de Vila do Bispo foram identificados um total de 100 edifícios, com destaque para as zonas de Sagres, Salema e Burgau (Figura 3) como as regiões mais afectadas.

No concelho da Figueira da Foz a vulnerabilidade varia entre baixa e elevada, sendo que 85% dos edifícios localizam-se na classe média, 14% na classe elevada e 1% na classe baixa. Tipologicamente 51% dos edifícios identificados são exclusivamente residenciais, 13% anexos, 10% comerciais, 10% armazéns/estaleiros e 5% edifícios agrícolas. A margem esquerda do Mondego concentra a grande maioria dos edifícios potencialmente afectados (92%) onde se destaca a área do Cabedelo com um total de 22 edifícios, o porto com 10, a Cova Gala com 15 e a Leirosa com 85 edifícios.

Em Vila do Bispo (Figura 3) a vulnerabilidade estrutural varia entre muito baixa e elevada, sendo que 82% dos edifícios estão localizados na classe média, 12% na classe baixa, 5% na classe elevada e 1% na classe muito baixa, como mostra a Figura 2. Em termos da tipologia do edificado destaque para o facto de 47% serem exclusivamente residenciais, 20% exclusivamente comerciais e 8% são residenciais/comerciais. Na área do concelho destacam-se a praia da Salema com um total de 41 edifícios potencialmente afectados, a praia do Burgau com 25 edifícios e em Sagres, nomeadamente na zona da Baleeira e do porto onde são identificados um total de 10 edifícios.

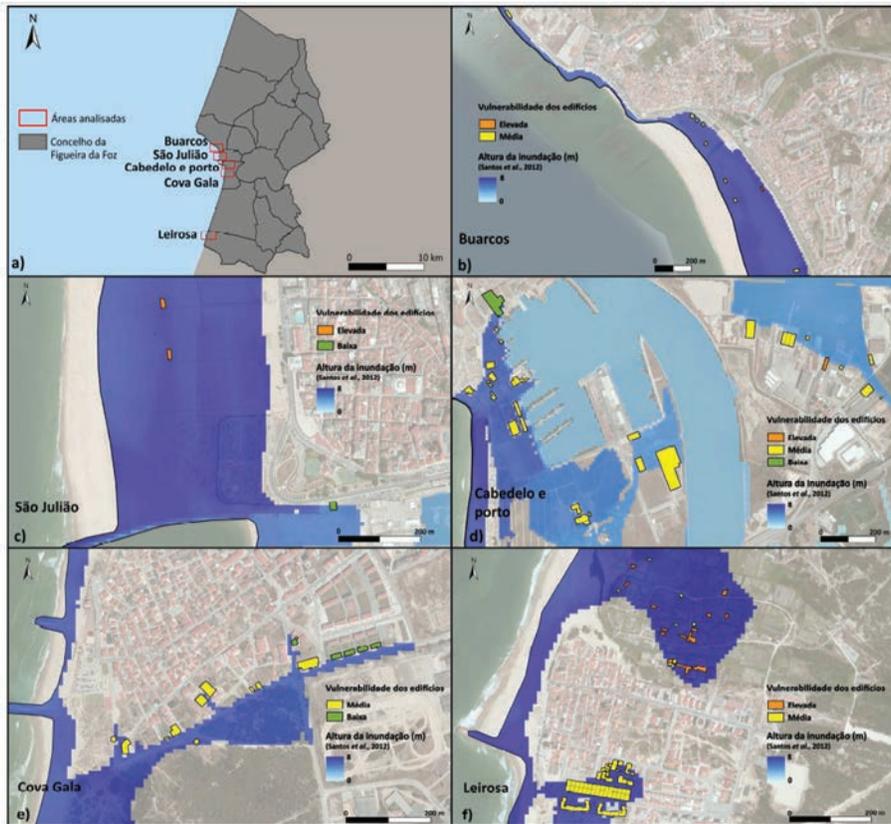


Figura 2 - Principais áreas potencialmente afectadas no concelho da Figueira da Foz

4.2. Vulnerabilidade social

No que respeita à Figueira da Foz a Tabela 3 permite constatar que a vulnerabilidade social do concelho varia entre baixa e muito elevada, sendo que uma freguesia apresenta vulnerabilidade baixa, 11 com vulnerabilidade média, 3 com vulnerabilidade elevada e 3 com vulnerabilidade muito elevada. No que concerne às áreas potencialmente mais afectadas o Cabedelo, o porto industrial da Figueira e a Cova Gala localizam-se na freguesia de São Pedro e apresentam uma vulnerabilidade social muito elevada. A Leirosa, localizada na zona sul do concelho na freguesia de Marinha das Ondas apresenta uma vulnerabilidade baixa.

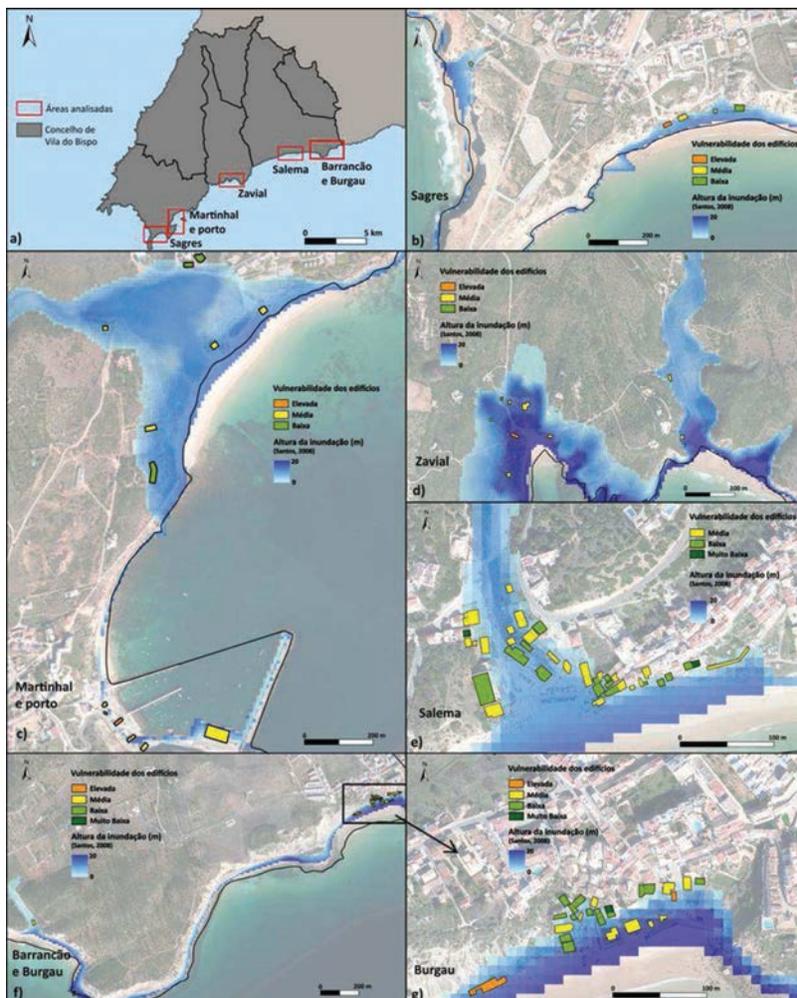


Figura 3 - Principais áreas potencialmente afectadas no concelho de Vila do Bispo

O concelho de Vila do Bispo patente na Tabela 3 mostra que a vulnerabilidade social do concelho varia entre muito baixa e muito elevada. Das cinco freguesias que constituem o concelho uma freguesia apresenta vulnerabilidade muito baixa, duas com vulnerabilidade média, uma com elevada e uma com muito elevada. No que respeita às áreas potencialmente mais afectadas verifica-se que Sagres, inserida na freguesia com o mesmo nome, apresenta uma vulnerabilidade média. Na freguesia de

Budens localiza-se a Salema e o Burgau que apresenta uma vulnerabilidade social elevada.

Tabela 3 - Vulnerabilidade social no concelho da Figueira da Foz e de Vila do Bispo

Concelhos	Freguesias	Valor Vulnerabilidade	Grau vulnerabilidade	Áreas analisadas
Figueira da Foz	Brenha	0.73	Muito Elevado	Cabedelo e porto Cova Gala
	Vila Verde	0.70		
	São Pedro	0.70		
	Santana	0.64	Elevado	
	Alhadas	0.61		
	Quiaios	0.59		
	Buarcos	0.54	Médio	Buarcos São Julião
	Borda do Campo	0.53		
	Lavos	0.52		
	Tavarede	0.50		
	Maiorca	0.50		
	Bom Sucesso	0.48		
	Moinhos da Gândara	0.46		
	São Julião	0.46		
	Paião	0.46		
Alqueidão	0.44			
Ferreira-a-Nova	0.42			
Marinha das Ondas	0.39	Baixo	Leirosa	
Vila do Bispo	Barão de São Miguel	0.77	Muito Elevado	
	Budens	0.65	Elevado	Salema
				Barrancão
				Burgau
	Sagres	0.53	Médio	Sagres
Vila do Bispo	0.47	Martinhal e porto		
Raposeira	0.30	Muito Baixo	Zavial	

5. CONCLUSÕES

A análise integrada multidimensional utilizada no presente trabalho apresenta-se como uma boa solução para a análise do edificado potencialmente afectado por tsunamis. A introdução de novos parâmetros (ano de construção; forma de ocupação; número de unidades de utilização;

número médio diário de pessoas presentes ou visitantes por unidade de utilização e flutuação da ocupação), em relação a metodologias precedentes permitiu completar e aumentar a robustez da análise, nomeadamente através da sua distinção funcional, sazonal e ocupacional. Por outro lado o recurso aos SIG e ao sistema operativo Android®, permitiu simplificar a recolha dos dados no terreno bem como facilitar a avaliação da vulnerabilidade ao longo do tempo e do espaço. Por último a realização da análise factorial com recurso ao SPSS® permitiu robustecer o modelo através da selecção de variáveis utilizadas no cálculo da vulnerabilidade social.

Ao longo do estudo foram identificados e avaliados 244 edifícios de onde se conclui que 83% apresentam uma vulnerabilidade média, 11% vulnerabilidade elevada, 5% vulnerabilidade baixa e 1% vulnerabilidade muito baixa.

Como limitações metodológicas apontam-se: o acesso a uma linha de costa actualizada e suportando o modelo de inundação; a caracterização de edificado a partir de observações de campo não validadas por bases de dados de cadastro municipal; a limitação na desagregação de múltiplas variáveis à escala do lugar; a necessidade de introdução de outras variáveis estruturais e sociais de melhor resolução local. O cálculo da vulnerabilidade social permite complementar a componente estrutural da metodologia permitindo trazer para a análise a avaliação das diferentes variáveis territoriais. Estes resultados permitem concluir que existem diferenças entre os concelhos em análise: na Figueira da Foz a vulnerabilidade social varia entre baixa e muito elevada, com a maioria das freguesias apresentar uma vulnerabilidade média, enquanto que em Vila do Bispo a variação é entre muito baixa e muito elevada. Os resultados apresentados neste estudo devem servir como ponto de partida para as autoridades competentes, para a reflexão e adopção de medidas de mitigação do risco associado a tsunamis.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi suportado pelo Projeto Tsurima - Gestão do risco de tsunamis para o ordenamento do território e a protecção civil, PTDC/CS-

GEO/118992/2010), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), Portugal.

BIBLIOGRAFIA

- ANPC (2010) - “Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve (ERSTA)”. Autoridade de Protecção Civil. 85 pp. Disponível online no endereço url: <http://www.prociv.pt/Pages/detalhe4.aspx?IDitem=58> (acedido em 1 Fevereiro, 2014)
- BANA e COSTA, Carlos António & CHARGAS, Manuel (2004) - “An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgements”. *Eur. J. Oper. Res.*, 153, 323-331, Disponível online no endereço url: http://www.emeraldinsight.com/bibliographic_databases.htm?id=1313655&show=abstract (acedido em 1 Fevereiro, 2014)
- BANA e COSTA, Carlos António (2004) - “Multicriteria Evaluation of Flood Control Measures: The case of Ribeira do Livramento”. *Water Resour. Manag.*, 18, 263-283, 2004. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1023%2FB%3AWARM.0000043163.19531.6a> (acedido em 3 Fevereiro, 2014)
- BAPTISTA, Maria Ana & MIRANDA, Jorge (2009) - “Revision of the Portuguese catalog of tsunamis”. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 25-42, doi:10.5194/nhess-9-25-2009. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/issue1.html> (acedido em 3 Fevereiro, 2014).
- BARROS, José Leandro *et al.* (2013) - “Metodologias de avaliação da vulnerabilidade ao risco de tsunamis: aplicação ao sector costeiro Cova Gala - Leirosa; Figueira da Foz”. Pinto Correia, T.; Henriques, V.; Julião, R.P. (Eds.), IX Congresso da Geografia Portuguesa - Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência, p. 839-845, Evora, Portugal, 28-30 Novembro, 2013. ISBN:978-972-99436-6-9. Disponível online no endereço url: <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/tsurima/publications> (acedido em 1 Fevereiro, 2014)
- BIRKMANN, Jörn *et al.* (2011) - “O risco não percepcionado para as zonas costeiras da Europa: Os tsunamis e a vulnerabilidade de Cádiz, Espanha”. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, Vol. 93, 129-165.
- CARTA SOCIAL (2013) - <http://www.cartasocial.pt>, Gabinete de Estratégia e Planeamento, (acedido em 20 de Dezembro, 2013).
- CUTTER, Susan *et al.* (2003) - “Social Vulnerability to Environmental Hazards”. *Social Science Quarterly*, 84(2): 242-261. Disponível online no endereço url: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1540-6237.8402002/abstract> (acedido em 5 Fevereiro, 2014)

- DALL'OSSO, Filippo *et al.* (2009) - "Applying and validating the PTVA-3 Model at the Aeolian Islands, Italy: assessment of the vulnerability of buildings to tsunamis". *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 1547-1562, doi:10.5194/nhess-10-1547-2010. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/1547/2010/nhess-10-1547-2010.html> (acedido em 5 Fevereiro, 2014).
- DALL'OSSO, Filippo *et al.* (2010) - "A novel approach (the CRATER method) for assessing tsunami vulnerability at the regional scale using ASTER imagery". *Italian Journal of Remote Sensing* 42(2): 55-74. Disponível online no endereço url: <http://www.aitjournal.com/articleView.aspx?ID=164> (acedido em 5 Fevereiro, 2014).
- DOMINEY-HOWES, Dale & PAPATHOMA, Maria (2007) - "Validating a tsunami vulnerability assessment model (the PTVA model) using field data from the 2004 Indian Ocean tsunami". *Natural Hazards*, 40, 113-136. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-006-0007-9#> (acedido em 1 Fevereiro, 2014).
- EMÍDIO, António *et al.* (2013) - "Aplicação da metodologia PTVA-3 na avaliação da vulnerabilidade do centro urbano da cidade de Setúbal em caso de tsunami". Pinto Correia, T.; Henriques, V.; Julião, R.P. (Eds.), IX Congresso da Geografia Portuguesa - Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência, p. 833-838, Evora, Portugal, 28-30 Novembro, 2013. ISBN:978-972-99436-6-9. Disponível online no endereço url: <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/tsurima/publications> (acedido em 3 Fevereiro, 2014)
- ESRI (2014) - World Imagery - Map Service Disponível online no endereço url: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9> (acedido em 1 Fevereiro, 2014)
- FEKETE, Alexander (2009) - Validation of a social vulnerability index in context to river- floods in Germany, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 393-403, doi:10.5194/nhess-9-393-2009. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/393/2009/nhess-9-393-2009.html> (acedido em 3 Fevereiro, 2014).
- IGEOE (2000) - Instituto Geográfico do Exército, CMP, Série M888, Edição 3
- IGEOE (2001) - Instituto Geográfico do Exército, CMP, Série M888, Edição 3
- IGEOE (2002) - Instituto Geográfico do Exército, CMP, Série M888, Edição 3
- INAG (2009) - Instituto da Água. "Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira". Lisboa, 89 pp.
- INE (2011) - Recenseamento Geral da População e da Habitação. Instituto Nacional de Estatística, IP - Portugal, Lisboa
- INE (2013) - <http://www.ine.pt>, Instituto Nacional de Estatística, IP - Portugal, Lisboa, (acedido em 20 de Dezembro, 2013).

- ISMAIL, Hadibah *et al.* (2012) - "A 3-tier tsunami vulnerability assessment technique for the north-west coast of Peninsular Malaysia". *Natural Hazards*, 63, 549-573. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-012-0166-9#> (acedido em 1 Fevereiro, 2014).
- KAPLAN, Marcus *et al.* (2009) - "Vulnerability assessment and protective effects of coastal vegetation during the 2004 Tsunami in Sri Lanka". *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1479- 1494, doi:10.5194/nhess-9-1479-2009. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1479/2009/nhess-9-1479-2009.html> (acedido em 5 Fevereiro, 2014).
- LEONE, Frédéric *et al.* (2011) - "A spatial analysis of the December 26th, 2004 tsunami- induced damages: lessons learned for a better risk assessment integrating buildings vulnerability". *Appl Geogr* 31(1):363-375. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622810000834> (acedido em 5 Fevereiro, 2014)
- MENDES, José Manuel (2009) - "Social Vulnerability Indexes as Planning Tools: Beyond the preparedness paradigm". *Journal of Risk Research*, 12(1), 43-58. Disponível online no endereço url: <http://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/13669870802447962#tabModule> (acedido em 1 Fevereiro, 2014).
- MENDES José Manuel *et al.* (2011) - "A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal". *Revista Crítica de Ciências Sociais*, 93. 95-128 Disponível online no endereço url: http://www.ces.uc.pt/myces/UserFiles/livros/1097_rccs-90-93-a-vulnerabilidade-social-aos-perigos-naturais-e-tecnologicos-em-portugal.pdf (acedido em 1 Fevereiro, 2014).
- MENDES, José & FREIRIA, Susana (2012) - "O risco de tsunami em Portugal: Percepções e Práticas". OSIRIS, Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, Disponível online no endereço url: <http://www.ces.uc.pt/osiris/pages/pt/publicacoes/relatorios.php> (acedido em 2 Fevereiro, 2014).
- OMIRA, Rachid *et al.* (2010) - "Tsunami vulnerability assessment of Casablanca-Morocco using numerical modelling and GIS tools". *Natural Hazards*, 54, 1, 75-95. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-009-9454-4> (acedido em 2 Fevereiro, 2014)
- PAPATHOMA, Maria, *et al.* (2003) - "Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio". *Crete, Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 3, 377-389, doi:10.5194/nhess-3-377- 2003. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/3/377/2003/nhess-3-377-2003.html> (acedido em 1 Fevereiro, 2014).
- PAPATHOMA, Maria & Dominey-Howes, Dale (2003) - "Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece". *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 3, 733-747, doi:10.5194/nhess-3-733- 2003. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/3/733/2003/nhess-3-733-2003>.

- html (acedido em 1 Fevereiro, 2014).
- PORDATA (2013) - <http://www.pordata.pt>, Fundação Francisco Manuel dos Santos, (acedido em 20 de Dezembro, 2013).
- RIBEIRO, João *et al.* (2011) - "High resolution tsunami modelling for the evaluation of potential risk areas in Setúbal (Portugal)". *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 2371-2380, doi:10.5194/nhess-11-2371-2011. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/11/2371/2011/nhess-11-2371-2011.html> (acedido em 1 Fevereiro, 2014).
- SANTOS Angela (2008) - *Tsunami Hazard Assessment in Portugal by the Worst Case Scenario: The November 1st, 1755 Lisbon Tsunami*, PhD Thesis, Tohoku University, 210 pp.
- SANTOS Angela *et al.* (2009) - "The 1755 Lisbon Tsunami: Tsunami source determination and its validation". *Jour. Dis. Res.*, 4:1, 41-52. Disponível online no endereço url: <http://www.fujipress.jp/finder/xslt.php?mode=present&inputfile=DSSTR000400010006.xml> (acedido em 4 Fevereiro, 2014)
- SANTOS, Ângela *et al.* (2011) - "O tsunami de 1755 e a avaliação da perigosidade em Portugal continental". VIII Congresso da Geografia Portuguesa, Repensar a Geografia para Novos Desafios, Comunicações, APG, Lisboa, 6 p., Outubro 26-29, Disponível online no endereço url: <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/tsurima/publications> (acedido em 4 Fevereiro, 2014)
- SANTOS Ângela *et al.* (2012) - "Tsunami risk assessment at Figueira da Foz, Portugal". 15 WCEE, Lisboa, Disponível online no endereço url: http://riskam.ul.pt/images/pdf/paper_1931.pdf (acedido em 1 Fevereiro, 2014).
- SANTOS, Lara, *et al.* (2012) - "Dealing with expertise and non expertise knowledge about coastal Risk". Vol. 83, pp 83-87 2nd World Conference on Educational Technology Researches - WCETR2012 Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281301046X> (acedido em 1 Fevereiro, 2014).
- SANTOS Angela & Koshimura, Shunichi (2013a) - "Tsunami hazards at Setubal urban area considering the 1755 Lisbon Tsunami". Pinto Correia, T.; Henriques, V.; Julião, R.P. (Eds.), IX Congresso da Geografia Portuguesa - Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência, p.930-935, Evora, Portugal, 28-30 Novembro, 2013. ISBN:978-972-99436-6-9. Disponível online no endereço url: <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/tsurima/publications> (acedido em 4 Fevereiro, 2014)
- SANTOS, Angela & Koshimura, Shunichi (2013b) - "Estimating the tsunami parameters of the 1755 Lisbon Tsunami in Portugal by the interpretation of the historical accounts". Pinto Correia, T.; Henriques, V.; Julião, R.P. (Eds.), IX Congresso da Geografia Portuguesa- Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência, p.822-827, Evora, Portugal, 28-30 Novembro, 2013. ISBN:978-972-99436-6-9 Disponível online no endereço url: <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/tsurima/publications> (acedido em 1 Fevereiro, 2014)

SCHMIDTLEIN, Mathew; *et al.* (2008) - “A Sensitivity Analysis of the Social Vulnerability Index”. *Risk Analysis* 28(4) 1099-1114. Disponível online no endereço url: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1539-6924.2008.01072.x/full> (acedido em 1 Fevereiro, 2014)

TAVARES, Alexandre Oliveira *et al.* (2011) - “Percepção dos riscos naturais e tecnológicos, confiança institucional e preparação para situações de emergência: O caso de Portugal continental”. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, 93. 167-193 Disponível online no endereço url: <http://rccs.revues.org/1380> (acedido em 1 Fevereiro, 2014)

ARTIGO 17

BASES DE DADOS ESPACIAIS NA GESTÃO DO COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS - ESTUDO DE CASO: PONTOS DE ÁGUA (CENTROW PORTUGAL)

SANTANA LOPES, Filipe¹; SANTOS, Sara² & OLIVEIRA, André³

Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, Campus de Campolide, 1070-312 Lisboa, Portugal.

¹ tel: +351 918426834; email: santana.gis.consulting@gmail.com

² tel: +351 933130487; email: sarasantos05@gmail.com

³ tel: +351 213828610; email: aoliveira@isegi.unl.pt

RESUMO

Este estudo tem como objetivo a construção de um modelo de base de dados espacial com recurso a software livre e de código fonte aberto que permita aceder, gerir e utilizar a informação relativa a todos os pontos de água disponíveis nos concelhos de Pombal, Soure e Leiria. Nesse sentido, efetuou-se a implementação da base de dados em PostgreSQL/PostGIS e procedeu-se à simulação de diversos cenários envolvendo análise espacial, com o intuito de se entender quais as informações relevantes a que os bombeiros podem recorrer face a um incêndio florestal. Os resultados obtidos demonstram a utilidade desta implementação para fornecer apoio aos bombeiros na gestão de cenários reais de combate a incêndios, e também a importância do recurso a dados de livre acesso regularmente atualizados, em particular OpenStreetMaps, nesta área de aplicação.

PALAVRAS-CHAVE

Bases de dados espaciais, Pontos de água, PostGIS, QuantumGIS, OpenStreetMaps

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_17

SPATIAL DATABASES IN FOREST FIRE MANAGEMENT - CASE STUDY: WATER SPOTS (CENTRALW PORTUGAL)

ABSTRACT

This study aims to provide a spatial database model based on free and open source software and using free access data such as OpenStreet Maps. The purpose of this database is to allow storage, management and spatial analysis of the information regarding water spots of three Portuguese mainland municipalities (Pombal, Soure and Leiria). This model was designed and implemented in a PostgreSQL/PostGIS database. Using also the popular free and open-source GIS package QuantumGIS, several spatial analysis scenarios were then tested to simulate its use in real-life firefighting situations. These simulations were focused on selecting and testing relevant spatial analysis needs firefighters face when confronted with decision-making in a forest fire situation. Results seem to demonstrate the potential benefits for firefighters of using regularly updated free and open access spatial data (particularly OpenStreetMaps) and software.

KEYWORDS

Spatial databases, Water spots, PostGIS, QuantumGIS, OpenStreetMaps

1. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais ocorrem todos os anos em Portugal e constituem a maior ameaça para as florestas portuguesas, com graves consequências ambientais e socioeconómicas (ZÊZERE, 2010). Estes incêndios encontram-se entre as catástrofes que mais fustigam o nosso país e para tal é importante a existência de um planeamento eficaz, tanto na prevenção como na atuação em casos de emergência, para que seja possível a rápida intervenção por parte das equipas de combate ao fogo. Existe informação que, obtida atempadamente e utilizada de forma correta, poderá ser muito útil no combate a incêndios florestais.

A utilização e importância dos Sistemas de informação geográfica (SIG) e das bases de dados espaciais que suportam estes sistemas, na área da proteção civil, gestão e mitigação de catástrofes são reforçadas por vários autores (ALTAN *et al.*, 2010); (OOSTEROM *et al.*, 2006). Já no domínio específico do combate aos fogos florestais, LYMBEROPOULOS *et al.* (1996) sugerem um sistema de informação para a gestão de fogos

florestais baseado em SIG. Mais recentemente, SEN *et al.* (2011) apresentam um modelo de análise espacial com vista à seleção de localizações para postos de bombeiros, igualmente assente em SIG. SHORT (2014) apresenta uma base de dados espacial dos fogos florestais ocorridos nos Estados Unidos da América entre 1992 e 2011, chamando a atenção para a importância da disponibilidade de dados atualizados na gestão de operações e pesquisa neste sector.

No contexto dos fogos florestais, a disponibilidade de pontos de água para abastecimento dos meios de combate aos incêndios florestais é naturalmente um fator fundamental. O planeamento da rede constituída pelas localizações destes pontos não é isento de complexidade e necessita de ter conta diversas variáveis (ALMEIDA, 2007).

Uma base de dados espacial com informação sobre os pontos de águas é uma ferramenta importante no apoio ao combate e tomada de decisão, uma vez que as bases de dados espaciais representam uma das áreas mais dinâmicas dentro da gestão de dados, especialmente devido à grande importância dos Sistemas de informação geográfica (SIG) (OLAYA, 2011). O Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) realizou durante os anos de 1997 a 1999 um trabalho de cadastro e levantamento de pontos de água a nível nacional, com o objetivo de criar uma base de dados de todos os pontos. Esta base de dados permite fornecer apoio às equipas de combate a incêndios no que diz respeito ao abastecimento das suas viaturas e aeronaves (GRUPO C R I S E, 2010) e encontra-se disponível online na página do Sistema de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal (SCRIF), mas não tem sido atualizada desde então.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

Este estudo teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma plataforma onde seja possível armazenar toda a informação relevante para a utilização dos pontos de águas pelos meios de combate aéreos, terrestres, ou ambos em caso de incêndio florestal. Para tal, a ideia base consistiu em partir dos dados disponíveis *online* na página do SCRIF e desenvolver uma base de dados mais completa, associando-lhe dados

obtidos a partir do projeto *OpenStreetMaps* (OSM), o qual constitui um sistema colaborativo de mapeamento ao nível mundial, acessível a qualquer pessoa e atualizado diariamente nos servidores da GeoFabrik (GEOFABRIK, 2013).

Na implementação desta base de dados, pretendeu-se não apenas agrupar os dados necessários para a obtenção de respostas para a tomada de decisões no âmbito da estratégia de combate aos fogos florestais através do recurso a dados de livre acesso, mas também a aplicações de *software* livre e de código fonte aberto.

Na construção desta base de dados foram também tidas em consideração as normas para a identificação dos pontos de água para a utilização dos meios de combate a incêndios, de acordo com a Portaria nº 133/2007 de 26 de Janeiro.

Finalizada a base de dados, outro objetivo deste estudo prendeu-se com a simulação de consultas que permitam aos decisores elaborar uma estratégia de combate eficaz, quando confrontados com uma frente de fogo. Desta forma, é importante a seleção dos pontos de água com um volume superior ou igual a 10 000 m³, para se estimar a viabilidade do abastecimento pelo meio de combate a incêndios. Para quem combate um incêndio, é igualmente relevante possuir informação acerca da acessibilidade aos pontos de água, no sentido de se entender se o ponto de água possui acesso aéreo, terrestre ou ambos. Outras informações pertinentes a ter em conta durante o combate a um incêndio consistem em perceber qual o meio aéreo mais próximo do ponto de água e delimitar a zona tampão de um ponto de água para a utilização de helicópteros (zona correspondente a um raio de ação de 1,5 km). Sendo esta a zona de maior eficácia na utilização de um meio aéreo, o passo seguinte consiste na avaliação das manchas florestais abrangidas pela zona tampão.

No que respeita à área de estudo, a base de dados deverá vir a conter informação para todos os pontos de água existentes no país, mas no âmbito deste estudo a área de atuação limitou-se aos municípios de Soure, Pombal e Leiria, pertencentes à Nomenclatura Comum das Unidades Territoriais dois (NUT II) do Centro (IGFSE, 2014). No caso dos heliportos, foram incorporados apenas aqueles cuja localização se situa nos distritos de

Coimbra e Leiria, onde se inserem os municípios em estudo (Figura 1).

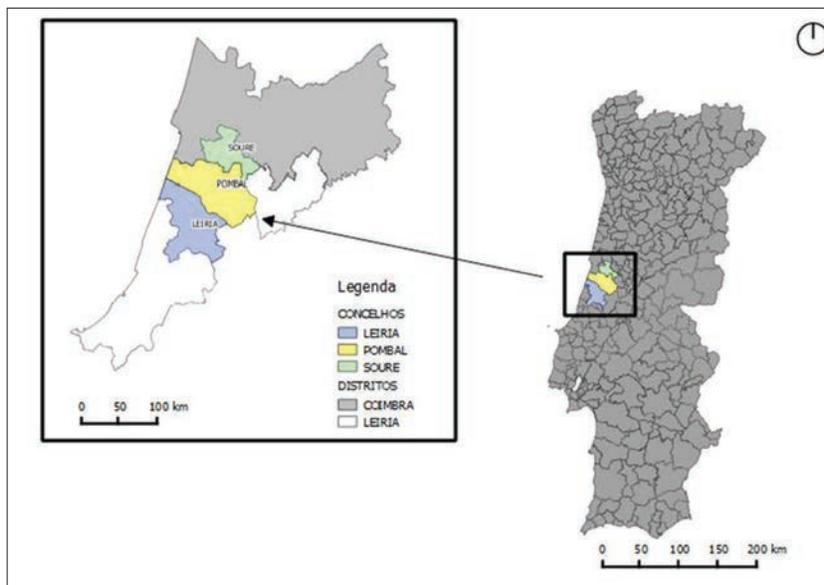


Figura 1 - Mapa da área de estudo

3. OPÇÕES METODOLÓGICAS E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

A sequência de tarefas e opções metodológicas pode ser observada na Figura 2 (a azul). Para o desenvolvimento deste estudo optou-se pela utilização do Sistema Operativo (OS) Linux (*Xubuntu*, versão *Saucy Salamander*), visto que o programa *osm2pgsql*¹ tem já bastante suporte e documentação para este OS, não sendo por outro lado garantido o correcto funcionamento desta função em ambiente Microsoft Windows (*OPENSTREETMAP WIKI*, 2013). A metodologia seguida divide-se nas tarefas de importação e preparação de dados em PostgreSQL/PostGIS e na execução de interrogações espaciais para simulação das consultas de apoio aos operacionais de combate aos fogos florestais, as quais serão apresentadas nos resultados.

¹ Programa incluído na extensão *PostGIS* e executado em linha de comandos que permite a conversão dos dados OSM para uma base de dados espacial alojada em *PostgreSQL* (*OpenStreetMap Wiki*, 2013).

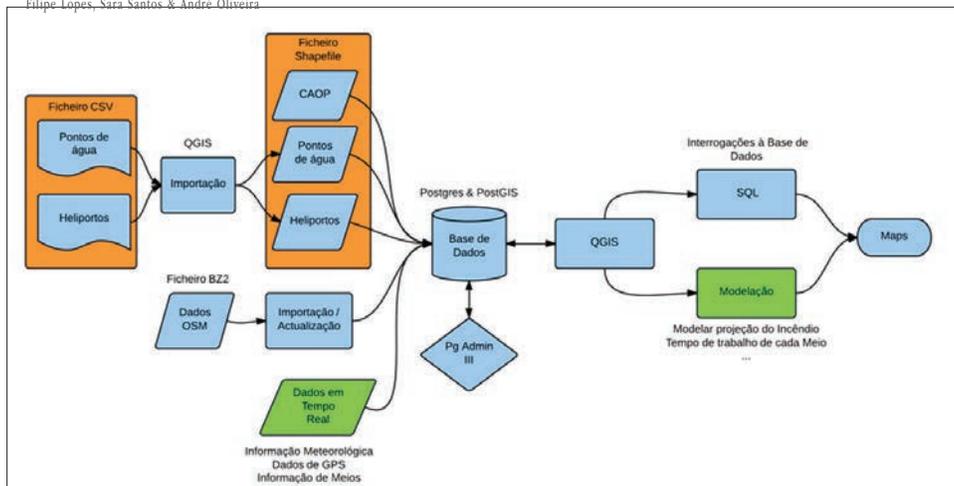


Figura 2 - Fluxograma da metodologia utilizada e planeada para futuros projetos

No que diz respeito às tarefas de Importação e preparação de dados em PostgreSQL/PostGIS, foi necessário numa primeira fase preparar os ficheiros *shapefile* para se conseguir a sua importação para a base de dados. A geração das tabelas relativas a pontos de água e heliportos foi efetuada através da importação de ficheiros *comma-separated values* (CSV) obtidos a partir do SCRIF. Os ficheiros da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) foram obtidos na página da Direção Geral do Território em formato *shapefile*. Esta cartografia vem por defeito com os limites administrativos das freguesias, tendo sido necessário correr a função *dissolve* para a obtenção das áreas administrativas dos Concelhos e Distritos. Estes processos foram executados no software *QuantumGIS* (QGIS, 2013).

De seguida utilizou-se, em pgAdmin III (PGADMIN, 2013), a ferramenta *PostGIS Shapefile and DBF Loader* para importar os shapefiles para a base de dados, e foram estabelecidos os relacionamentos entre tabelas contendo dados espaciais e não espaciais, através de chaves primárias e estrangeiras. Para que os dados espaciais possam ser posteriormente visualizados em ambiente QGIS, é necessário definir-se previamente o sistema de coordenadas a que se referem, tendo-se aqui optado pelo sistema EPSG² 3763, correspondente ao sistema ETRS³ 89. Para tal, recorreu-se

² EPSG - European Petroleum Survey Group.

³ ETRS - European Terrestrial Reference System.

à seguinte função, executada a partir do terminal de linha de comandos *psql* (POSTGIS, 2013):

```
SELECT UpdateGeomtrySRID('table', 'the_geom', 3763)
```

Na importação dos dados OSM (cuja base de dados foi descarregada da página da Geofabrik com o formato .bz2) para a base de dados PostgreSQL/PostGIS foi necessário correr a seguinte função no terminal (*OPENSTREETMAP WIKI*, 2013) para permitir a sua posterior utilização no pgAdmin III:

```
sudo osm2pgsql -H localhost -E 3763 -s -U user -W  
-d BDE_pa_osm -c portugal-latest.osm.bz2
```

Para a realização de Interrogações sobre a base de dados PostgreSQL/PostGIS a partir de QuantumGIS foi utilizada a ferramenta *DB Manager* em ambiente QGIS, a qual permite fazer a ligação nos dois sentidos com a base de dados PostgreSQL/PostGIS, por outras palavras é possível efetuar consultas mas também criar novos dados que são automaticamente armazenados na base de dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se de seguida as várias interrogações testadas, com o objetivo de simular a exploração da base de dados espacial implementada na fase anterior em situações de apoio à decisão no combate aos fogos florestais.

Assim, a primeira consulta consistiu em determinar quais os pontos possuem um volume de água igual ou superior a 10 000 m³. Para tal, determinaram-se da tabela de pontos de água aqueles que satisfazem o critério escolhido e a tabela de freguesias foi também colocada na interrogação para se obter um melhor enquadramento geográfico para cada ponto de água, como se pode observar no seguinte bloco de código SQL:

```
SELECT pontos_agua.gid, pontos_agua.nome,  
pontos_agua.the_geom, "FREGUESIAS"."Freguesia",  
pontos_agua.gid_freguesia
```

```
FROM
pontos_agua,"FREGUESIAS"
WHERE
pontos_agua.gid_freguesia = "FREGUESIAS".gid AND pontos_agua.
volume >= 10000;
```

O mapa resultante desta interrogação pode ser observado na Figura 3 em ambiente QGIS.

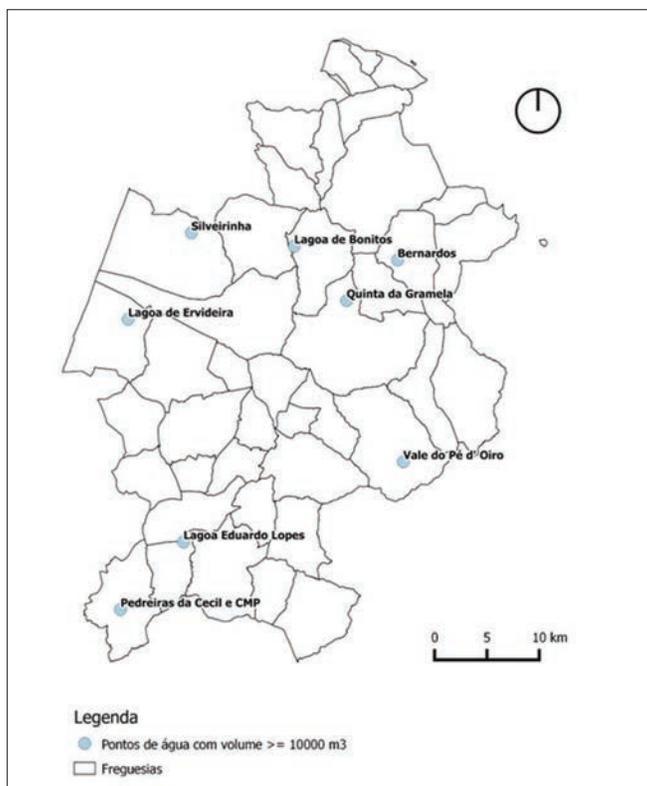


Figura 3 - Pontos de água com volume igual ou superior a 10 000 m³

Na questão seguinte, pretendeu-se determinar quais os pontos de água da área em estudo possuem acesso misto (acesso por via terrestre e aérea). Para efetuar esta operação optou-se por criar uma *vista*, como se pode observar no bloco de código SQL correspondente:

```
CREATE VIEW acesso_view AS
SELECT pontos_agua.gid, pontos_agua.nome, pontos_agua.the_geom,
acesso.tipo
```

```
FROM  
public.pontos_agua, public.acesso  
WHERE  
acesso.id_acesso = pontos_agua.id_acesso AND acesso.id_acesso = 3;
```

O mapa resultante desta interrogação pode ser observado na figura 4.

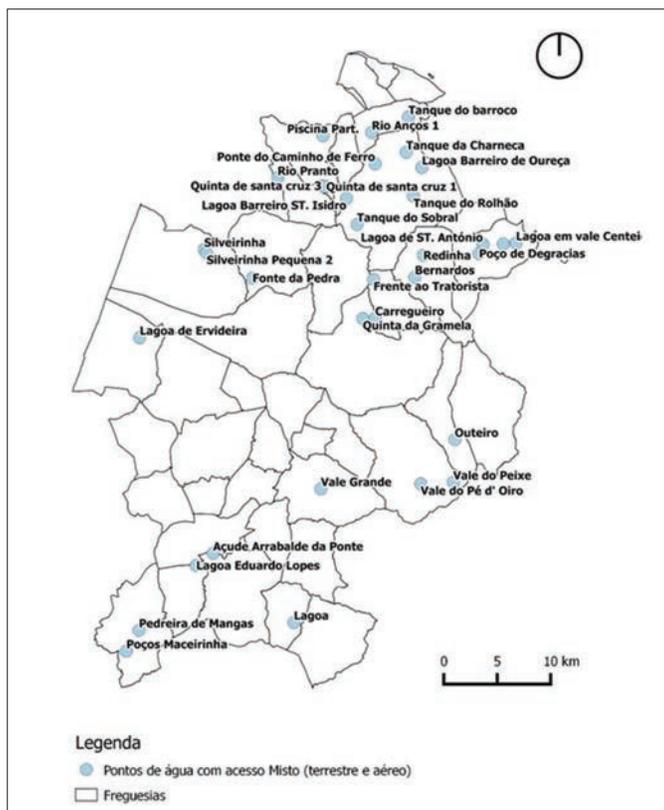


Figura 4 - Pontos de água de acesso misto

Noutra interrogação, determinou-se a distância entre um ponto de água previamente determinado (ponto “*Borda do Rio*”) e os heliportos. Neste caso optou-se pela criação de duas vistas. Para a primeira utilizaram-se as tabelas de pontos de água e heliportos e empregou-se a função *ST_Distance* para calcular a distância do ponto de água a cada heliporto, a qual foi de seguida ordenada por ordem crescente. A segunda vista foi gerada para facilitar a visualização gráfica da distância de cada heliporto ao ponto de água, utilizando a função *ST_Buffer*, como se pode observar

nos dois blocos de código SQL seguintes:

```
CREATE VIEW dist2 AS
SELECT
pistas_6.nome, pontos_agua.gid, pontos_agua.the_geom,
ST_Distance(pistas_6.the_geom, pontos_agua.the_geom) AS Distance
FROM
public.pistas_6,public.pontos_agua
WHERE
pontos_agua.gid = 3
ORDER BY Distance;
CREATE VIEW DIS5 AS
SELECT
nome,
st_buffer(the_geom, distance)
FROM
dist2
ORDER BY distance DESC;
```

O mapa em QGIS resultante desta interrogação pode ser observado na figura 5.

Finalmente, simulou-se uma interrogação com o objetivo de determinar a área florestal coberta pela zona tampão de um ponto de água previamente escolhido (“Bernardos”). Esta interrogação é um exemplo das vantagens acrescentadas pela utilização de dados OSM.

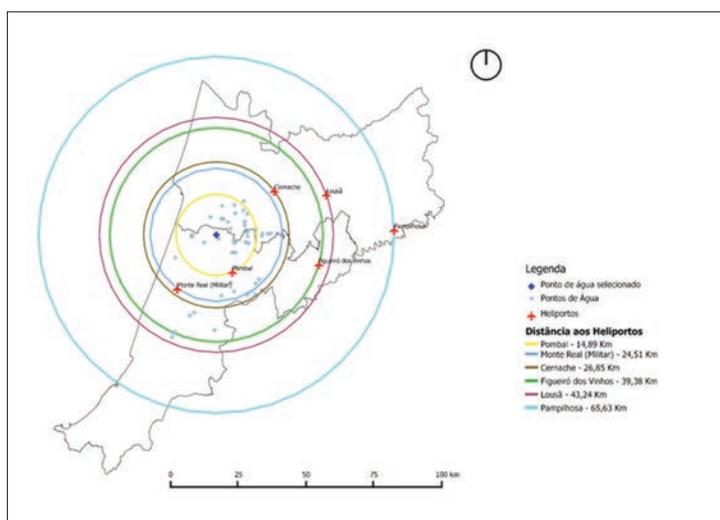


Figura 5 - Distâncias do ponto de água “Borda do Rio” aos aeroportos

Para se conseguir visualizar esta informação ao nível gráfico foi necessário adicionar ao bloco de código SQL a função “*row_number() over () AS id*” que permite criar uma coluna nova contendo um identificador na interrogação efetuada (POSTGRESQL, 2013). Para além disto utilizou-se a função *st_buffer* para gerar a zona tampão do ponto de água e filtrou-se a tabela dos polígonos da OSM com a informação de floresta que se localiza dentro da zona tampão, o que foi feito com recurso á função *ST_DWithin*, como se pode observar no seguinte bloco de código SQL:

```
SELECT
    row_number() over () AS id,
    pontos_agua.nome,
    planet_osm_polygon.landuse,
    planet_osm_polygon.way AS the_geom,
    st_buffer(pontos_agua.the_geom, 1500)
FROM
    public.planet_osm_polygon,
    public.pontos_agua
WHERE
    pontos_agua.gid = 2 AND
    planet_osm_polygon.landuse = 'forest' AND
    st_DWithin (planet_osm_polygon.way, pontos_agua.the_geom, 1500);
```

O mapa resultante desta interrogação pode ser observado na Figura 6.

Como se pode observar nas figuras apresentadas, após a construção da base de dados espacial com todos os dados necessários para tomar decisões face a um incêndio florestal, foi possível simular 4 cenários de apoio à decisão com obtenção dos resultados pretendidos. Por exemplo, no primeiro cenário (Figura 3) verificou-se que existem oito pontos de água com capacidade igual ou superior a 10 000 m³. No segundo cenário (Figura 4) tornou-se possível visualizar os pontos de água onde o acesso poderá ser misto, sendo possível desta forma verificar qual o ponto de água mais acessível de acordo com a localização do incêndio. No terceiro cenário (Figura 5), a visualização da distâncias dos heliportos deste distrito ao ponto de água “Borda do Rio”, permitiu verificar que o heliporto mais próximo seria o heliporto de Pombal, logo os meios aéreos deste

heliporto seriam os primeiros a ser acionados. O último cenário (Figura 6) demonstra a utilização plena da base de dados espacial, recorrendo tanto a informação referente aos pontos de água como a dados *OSM*, tendo-se permitido detetar a existência de uma área apreciável de coberto vegetal/florestal abrangido pela zona tampão (área de eficácia de utilização de um meio aéreo) do ponto de água “Bernardos”.

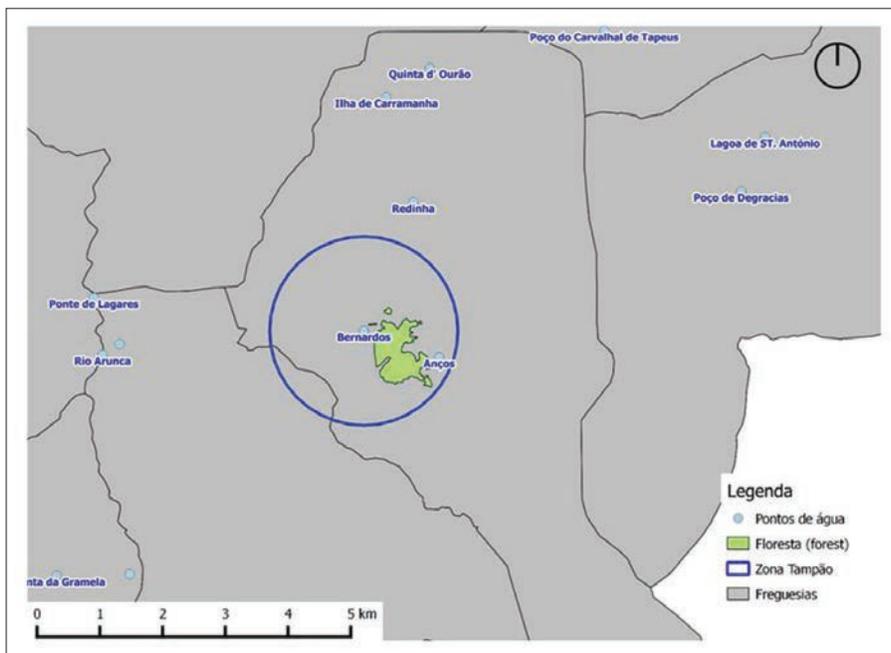


Figura 6 - Área florestal coberta pela zona tampão do ponto água “Bernardos”

5. CONCLUSÕES

A base de dados desenvolvida poderá constituir uma ferramenta importante para os bombeiros no apoio à tomada de decisão em operações de combate aos fogos florestais pois, como ilustrado pelos cenários operacionais ensaiados neste estudo, o recurso a um desenvolvimento deste tipo poderá trazer ganhos de eficácia e eficiência operacional na gestão e coordenação do combate a incêndios florestais por parte dos bombeiros. Poderá ser ainda interessante considerar a sua aplicação a outras áreas ligadas à proteção civil.

Sob o ponto de vista das ferramentas, a implementação efetuada demonstra a utilidade da utilização de um sistema gestor de bases de dados espaciais como o PostgreSQL/PostGIS em conjunto com uma aplicação SIG como o QuantumGIS. Outra vantagem relevante para esta área de aplicação é a disponibilidade de dados espaciais gratuitos e atualizados (como é o caso do OpenStreetMaps), a qual traz a promessa de agilizar a gestão e aquisição de informação essencial por parte dos bombeiros, mais ainda no atual cenário de crise económica.

Numa perspetiva de futuro, seria interessante a inclusão de dados dinâmicos na base de dados PostgreSQL/PostGIS, como por exemplo dados referentes à evolução das localizações dos meios de combate e logística através da ligação da base de dados a um sistema de posicionamento global (GPS), bem como dados acerca do estado de cada meio e o seu tempo de trabalho. Desta forma tornar-se-ia possível monitorizar quase em tempo real o evoluir do cenário de combate ao fogo, garantindo desta forma uma melhor eficiência. Outra possibilidade seria a modelação da progressão de um incêndio florestal combinando dados dinâmicos relativos a variáveis meteorológicas com dados estáticos referentes ao relevo obtido através da inclusão de um modelo digital de terreno da área afetada pelo fogo. Estes são apenas alguns exemplos representativos do grande potencial e opções futuras, encontrando-se também assinalada a verde na Figura 2 a sua incorporação na metodologia geral deste estudo.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, Rui (2007) - “O abastecimento de água em combate a incêndios e o planeamento da Rede de Pontos de Água”, Serviço Nacional de Bombeiros e Proteção Civil Disponível online no endereço url: http://nатурlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Agricultura-e-Floresta/content/O-abastecimento-de-agua-em-combate-a-incendios-e-o-planeamento-da-Rede-de-Pontos-de-agua?bl=1&viewall=true#Go_1 (acedido em 20 Novembro, 2013)
- ALTAN *et al.* (2010) - Geoinformation for Disaster and Risk Management - Examples and Best Practices, Joint Board of Geospatial Information Societies
- GEOFABRIK (2013) - *Download OpenStreetMap data for this region: Europe.* Disponível online no endereço url: <http://download.geofabrik.de/europe>.

html (acedido em 10 Novembro, 2013)

GRUPO C R I S E (2010) - “*Rede de Informação de Situações de Emergência*”. Disponível online no endereço url: <http://scrif.igeo.pt/> (acedido em 2 Novembro, 2013)

IGFSE (2014) - “Nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos (NUTS)” Disponível online no endereço url: http://www.igfse.pt/st_glossario.asp?startAt=2&categoryID=309 (acedido em 10 Fevereiro, 2014)

LYMBEROPOULOS *et al.* (1996) - “A GIS-Based Forest Fire Management Information System”. Disponível online no endereço url: <http://www.dblab.ece.ntua.gr/pubs/uploads/TR-1996-2.pdf> (acedido em 25 Novembro, 2013)

OLAYA, Victor (2011) - “*Sistemas de Informacion Geográfica*”. Disponível online no endereço url: sextante.googlecode.com/files/Libro_SIG.pdf (acedido em 23 Novembro, 2013)

OOSTEROM *et al.* (2006) - *Geo-information for Disaster Management*, Springer

OPENSTREETMAP WIKI (2013) - Disponível online no endereço url: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Develop> (acedido em 19 Novembro, 2013)

PGADMIN (2013) - “*PostgreSQL administration and management tools*”. Disponível online no endereço url: <http://www.pgadmin.org/> (acedido em 11 Novembro, 2013)

Portaria n.º 133/2007 de 26 de Janeiro. Diário da República, 1.ª série - N.º 19, 26 de Janeiro de 2007. Lisboa. Portugal

POSTGIS (2013) - “*Spatial and Geographic Objects for PostgreSQL*”. Disponível online no endereço url: <http://postgis.net/> (acedido em 11 Novembro, 2013)

QGIS (2013) - “*Welcome to the QGIS project!*”. Disponível online no endereço url: <http://www.qgis.org/en/site/index.html> (acedido em 2 Novembro, 2013)

SEN *et al.* (2011) - A GIS APPROACH TO FIRE STATION LOCATION SELECTION. Disponível online no endereço url: <http://www.isprs.org/proceedings/2011/Gi4DM/PDF/OP80.pdf> (acedido em 30 Novembro, 2013)

ZÊZERE, José L. *et al.* (2008) - *Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo*. Disponível online no endereço url: http://consulta-protovt.inescporto.pt/plano-regional/relatorio-do-plano/relatorios-sectoriais-de-caracterizacao-e-diagnostico/Sectorial_Riscos_Proteccao_Civil.pdf (acedido em 25 Novembro, 2013)

SESSÃO 5

COMUNICAÇÕES CURTAS

ARTIGO 18

VULNERABILIDADE A INCÊNDIOS NA EUROPA MEDITERRÂNEA. ABORDAGEM CONCEPTUAL E A UTILIZAÇÃO DE DADOS DE SATÉLITE

*NUNES, Adélia¹; OLIVEIRA, Sandra²; LOURENÇO, Luciano¹;
BENTO-GONÇALVES, António³; VIEIRA, António³ & FÉLIX, Fernando²*

¹ Departamento de Geografia - Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra (Portugal) Largo da Porta Férrea, 3004-530 Coimbra, Portugal. Tel: +351 239857000; email: adelia.nunes@ci.uc.pt; luciano@uc.pt

² Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais - Universidade de Coimbra (Portugal) Aeródromo da Lousã, Chã do Freixo, 3200-395 Lousã, Portugal. Tel: +351 239992251; email: sandra.oliveira@uc.pt; ffelix@fl.uc.pt

³ Departamento de Geografia - Universidade do Minho (Portugal) Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal. Tel: +351 253510560; email: bento@geografia.uminho.pt; vieira@geografia.uminho.pt

RESUMO

A frequência de incêndios e a magnitude dos seus impactes na região mediterrânea determinam a necessidade de melhorar o suporte técnico e o acesso à informação, de modo a lidar mais eficazmente com situações de emergência e diminuir a suscetibilidade a incêndios. O projeto PREFER, onde participam as Universidades de Coimbra e do Minho, pretende responder a esta necessidade através da produção de cartografia múltipla baseada em dados atualizados de forma sistemática, com destaque para a utilização de imagens de satélite, de média a muito alta resolução, para obtenção desses dados. No âmbito da prevenção e preparação para emergências, estão a ser desenvolvidos os mapas de vulnerabilidade, de valor económico e de risco sazonal. A definição de vulnerabilidade é fundamental para identificar as variáveis a integrar na sua análise. Na sua abordagem conceptual englobaram-

-se três componentes principais: exposição, sensibilidade e capacidade de antecipação e resposta. A metodologia definida para a recolha e processamento de variáveis, de cariz natural ou antrópico e oriundas de fontes diversas, é apresentada através da descrição da sua aplicação no contexto da deteção remota e Sistemas de informação geográfica. Serão, ainda, apresentados alguns produtos cartográficos preliminares para a área de estudo nacional, a integrar na exposição, uma das componentes da vulnerabilidade.

PALAVRAS-CHAVE

Vulnerabilidade, Risco de incêndio, Imagens de satélite, Prevenção, Cartografia.

VULNERABILITY TO FIRES IN MEDITERRANEAN EUROPE. CONCEPTUAL APPROACH AND THE USE OF SATELLITE DATA

ABSTRACT

The frequency of forest fires and the magnitude of their impacts in the Mediterranean region, indicate the need to improve the technical support and the accessibility to reliable data, in order to cope more efficiently with emergency situations and decrease the susceptibility to fires. The PREFER project, which counts with the participation of the Universities of Coimbra and Minho, aims to respond to this need by developing multiple cartographic products, based on data which can be systematically updated, with emphasis on data obtained from satellite images of medium to very high resolution. In the framework of fire prevention and emergency preparedness, maps of vulnerability, economic value and seasonal fire risk are being developed. The definition of the vulnerability concept is paramount to identify the variables required to include in the analysis. The conceptual approach of vulnerability encompasses the integration of three components: exposure, sensitivity and coping capacity. The methodology defined to collect the data and process the variables, either natural or anthropic and coming from different sources, is described in the context of its application in remote sensing and geographical information systems. Additionally, the preliminary results and cartographic products obtained to the national study area, related to the analysis of exposure, one of the components of vulnerability, are also presented.

KEYWORDS

Vulnerability, Fire risk, Satellite images, Prevention, Cartography.

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de incêndios florestais é uma das principais ameaças à sustentabilidade dos espaços florestais e à segurança das populações

na Europa Mediterrânea. Entre 2000 e 2012, no conjunto dos países do Sul da Europa mais afetados por incêndios, nomeadamente Portugal, Espanha, França, Itália e Grécia, foi registada uma média anual de 55 mil incêndios e de 410 mil hectares de área ardida (JRC, 2013). Estes países representam a maior área arborizada da Europa, que varia entre 38% em Portugal e 29% em França (WORLD BANK, 2011).

O clima de tipo mediterrâneo que os caracteriza, com períodos intercalados de precipitação, que promove o crescimento da vegetação, e períodos de tempo quente e seco, é favorável à ocorrência de incêndios (PAUSAS, 2004), sendo, no entanto, a maioria das ocorrências nestes países causadas por atividades antrópicas (BADIA *et al.*, 2011; LEONE *et al.*, 2003; LOURENÇO *et al.*, 2011/12; LOURENÇO *et al.*, 2013; MARTÍNEZ *et al.*, 2009; VAZQUÉZ & MORENO, 1993).

O tipo de povoamento humano, definido pela coexistência de aglomerados urbanos, infraestruturas e vegetação (florestas, matos e áreas agrícolas, por exemplo), favorece igualmente a elevada frequência de incêndios (LAMPIN-MAILLET *et al.*, 2011). Para além disso, as alterações no uso do solo verificadas nas últimas décadas, com o abandono das áreas rurais e a diminuição do controlo sobre as práticas tradicionais de uso do fogo, aumentam a suscetibilidade a incêndios nestes países (BADIA *et al.*, 2011; BENTO-GONÇALVES *et al.*, 2012; MOREIRA *et al.*, 2011; SAN-MIGUEL-AYANZ *et al.*, 2012).

O número de incêndios e a área ardida variam substancialmente de ano para ano e entre países. Com efeito, em Portugal, foram os anos de 2003 e 2005 aqueles que registaram os maiores valores de área ardida, enquanto em Espanha foram os anos de 2012 e 2005 os que apresentaram maior área queimada, ao passo que na Grécia, um ano particularmente dramático, foi o de 2007 (JRC, 2013). Ora, os incêndios afetam diretamente a segurança das populações e colocam em risco vidas humanas, como se verificou na recente época de 2013 em Portugal, além de que influenciam negativamente o funcionamento dos ecossistemas e a proteção do solo (BENTO-GONÇALVES *et al.*, 2012; BOWMAN *et al.*, 2009, DWYER *et al.*, 2000), bem como a qualidade do ar (CARVALHO *et al.*, 2011; PECHONY & SHINDELL 2010) e, ainda, a economia local (MAVSAR *et al.*, 2012).

A frequência dos incêndios e a magnitude dos seus impactes nesta região requerem, por um lado, uma gestão integrada nas suas diversas fases, desde a prevenção e preparação para situações de emergência até ao combate e recuperação de áreas ardidas, de forma a garantir o funcionamento eficaz das diversas estruturas de gestão da floresta e de proteção civil, assim como a aplicação das medidas de antecipação e de resposta mais adequadas. Por outro lado, a variabilidade espaço-temporal na ocorrência de incêndios e a diversidade de fatores que os influenciam, requerem a atualização regular de informação e a melhoria do suporte técnico de análise de dados, de forma a apoiar a distribuição atempada dos recursos disponíveis e a atuação eficaz dos meios no terreno.

O projecto PREFER¹ pretende responder a esta necessidade, através da disponibilização de informação harmonizada à escala europeia e atualizada sistematicamente com base em dados de satélite e tecnologias avançadas, e na produção de cartografia aplicada a diversas fases de gestão de incêndios, nomeadamente na prevenção e preparação para situações de emergência e na fase de recuperação pós-incêndios.

Iniciado no final de 2012 e com uma duração de três anos, este projeto europeu reúne a contribuição de oito instituições de vários setores (universidades, centros de investigação e empresas de tecnologia), dos cinco países da Europa Mediterrânea mais afetados por incêndios florestais. Para além disso, o projeto conta com a participação de diversos utilizadores finais, oriundos dos cinco países em estudo, os quais contribuem ao longo do processo de desenvolvimento dos produtos cartográficos, através da disponibilização de dados, da discussão de conceitos e terminologia e da avaliação da utilidade e aplicação dos produtos. O projeto PREFER baseia-se no estabelecimento de sinergias entre as diversas entidades que trabalham na gestão de incêndios, promovendo a interação entre a investigação científica e a aplicação prática.

Os produtos e serviços definidos no projeto distribuem-se por dois eixos principais:

¹ PREFER: "Space-based Information Support for Prevention and Recovery of Forest Fires Emergency in the MediteRanean Area

- Informação de apoio à fase de prevenção e preparação para incêndios florestais;
- Informação de apoio à fase de reabilitação e recuperação de áreas ardidas.

Este artigo tem como principal objetivo apresentar os produtos cartográficos que estão a ser desenvolvidos pelo Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais da Universidade de Coimbra, em parceria com a Universidade do Minho, e que, no âmbito da prevenção e preparação para incêndios, consistem nos mapas de vulnerabilidade, valor económico e risco de incêndio florestal.

2. METODOLOGIA E RESULTADOS PRELIMINARES

A abordagem definida para a análise dos parâmetros antes mencionados, assim como para a recolha de dados e processamento das variáveis integradas na análise, são apresentados seguidamente.

2.1. Abordagem conceptual

Esta abordagem visa facultar elementos que permitam a compreensão dos produtos cartográficos a desenvolver no âmbito do projeto e que se explicitam a seguir.

2.1.1. Vulnerabilidade e valor económico

Os dados integrados e as técnicas aplicadas para a análise da vulnerabilidade dependem do significado atribuído a este conceito. Em sentido lato vulnerabilidade representa o potencial de perda (CUTTER, 2011). De acordo com os padrões internacionais, definidos pelas Nações Unidas (UNISDR, 2009), a vulnerabilidade reflete as condições determinadas por fatores físicos, sociais, económicos e ambientais ou por processos que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de um processo potencialmente perigoso. A vulnerabilidade associa-se, então, ao grau de perda estimado, caso ocorra um incêndio, o qual pode afetar diversos setores: social, económico, ambiental, institucional (BIRKMANN, 2006). Neste sentido, a análise de vulnerabilidade deve integrar, por um

lado, as diferentes dimensões do ambiente e da sociedade que podem sofrer perdas. Por outro lado, deve incluir também a capacidade dos sistemas naturais e humanos absorverem as mudanças e recuperarem dos danos sofridos (LAVOREL *et al.*, 2007; TURNER *et al.*, 2003).

No âmbito do projeto PREFER, a abordagem de vulnerabilidade integra três componentes principais (Figura 1):

a) Exposição

A exposição refere-se especificamente à presença de pessoas, bens ou outros elementos em áreas sujeitas a um potencial incêndio e que estão, por isso, sujeitas a perdas (UNISDR, 2009). Neste contexto, a exposição resulta da distribuição espacial de pessoas, edifícios, infraestruturas e tipos de ocupação do solo, em áreas onde existe probabilidade de ocorrência de incêndios;

b) Sensibilidade

A sensibilidade refere-se às condições que reduzem ou aumentam a capacidade dos elementos expostos responderem perante a ocorrência de um incêndio e de recuperarem dos seus impactes. O tipo de vegetação existente e o seu potencial comportamento perante o fogo, os materiais utilizados na construção dos edifícios, as características demográficas da população, como a idade e o género, são circunstâncias que influenciam o tipo e a magnitude dos danos a que os elementos expostos estão sujeitos;

c) Capacidade de antecipação e de resposta

A capacidade de antecipação está associada à possibilidade de implementar ações com o intuito de reduzir a probabilidade de ocorrência e suscetibilidade a incêndios. Está relacionada com atividades de prevenção, aplicadas antes da ocorrência de um evento potencialmente perigoso, tais como a produção de cartografia de risco, as campanhas de prevenção e as medidas de ordenamento do território.

A capacidade de resposta reflete a possibilidade de implementar ações que permitam lidar com o evento de forma eficiente, reduzindo os potenciais danos e melhorando a capacidade de recuperação dos sistemas afetados. Está relacionado com o combate a incêndios, com serviços de emergência e assistência durante e após o evento, assim como com a recuperação de áreas ardidas e dos elementos afetados, integrando variáveis como a rede de estradas florestais, a localização dos pontos de água e dos quartéis de bombeiros ou as medidas de recuperação

de áreas ardidas para evitar a erosão dos solos.

A capacidade de antecipação e de resposta influencia a resiliência dos elementos expostos.

Componentes	Elementos / Variáveis
<p>Exposição</p> 	<p>Cobertura do solo (tipo de vegetação, uso do solo) População (densidade e dispersão espacial) Edificado (densidade e localização) Infraestruturas (estradas, linhas elétricas) Outros elementos ambientais (solo, cursos de água, áreas protegidas) Atividades económicas (agricultura, floresta)</p>
<p>Sensibilidade</p> 	<p>Biofísica/ambiental (declive, cobertura do solo, intensidade de precipitação, erosão potencial do solo, áreas de elevado interesse ecológico) População (grupos etários, género, setor de trabalho) Infra-estruturas (distância de edifícios a área florestada, acessos a áreas florestais) Institucionais (acesso à saúde, educação)</p>
<p>Capacidade de antecipação e de resposta</p> 	<p>Cartografia de risco Campanhas de prevenção Programas de ordenamento do território Rede de estradas florestais Localização e densidade de pontos de água Localização de torres de vigilância Número de bombeiros e localização dos quartéis Medidas de recuperação de áreas ardidas</p>

Figura 1 - Componentes da vulnerabilidade e elementos ou variáveis a considerar na análise

O valor económico representa uma expressão monetária da importância dos elementos expostos, assim como dos custos associados à proteção ou recuperação dos mesmos. Esta análise está incluída na dimensão económica da vulnerabilidade, na qual é atribuído um valor, expresso numa quantidade monetária, aos elementos para os quais existe um valor de carácter económico; excetua-se, logo à partida, a vida humana, à qual não é possível atribuir um valor económico.

2.1.2. Risco de incêndio florestal

O risco de incêndio florestal resulta da combinação da probabilidade de ocorrência de um incêndio com o grau de vulnerabilidade. O mapa sazonal de probabilidade de ocorrência de incêndio está a ser desenvolvido por outro parceiro do projeto e será, posteriormente, integrado

com o mapa de vulnerabilidade descrito anteriormente, obtendo-se o mapa de risco de incêndio florestal. A combinação dos diversos níveis de probabilidade com os graus de vulnerabilidade resulta numa escala de risco dividida em cinco classes: reduzido, moderado, elevado, muito elevado e máximo.

2.2. Áreas de demonstração

Para demonstrar a aplicabilidade dos produtos desenvolvidos no projeto PREFER, foram seleccionadas diversas áreas de interesse. Os mapas de vulnerabilidade, valor económico e de risco serão desenvolvidos, numa fase inicial, para a região do Minho, em Portugal, para o Parque Natural de *Los Alcornocales* na Andaluzia, em Espanha, e para a província de Carbonia-Iglesias e parte da província de Cagliari e Medio-Campidano, no sudoeste da Sardenha, em Itália (Figura 2).

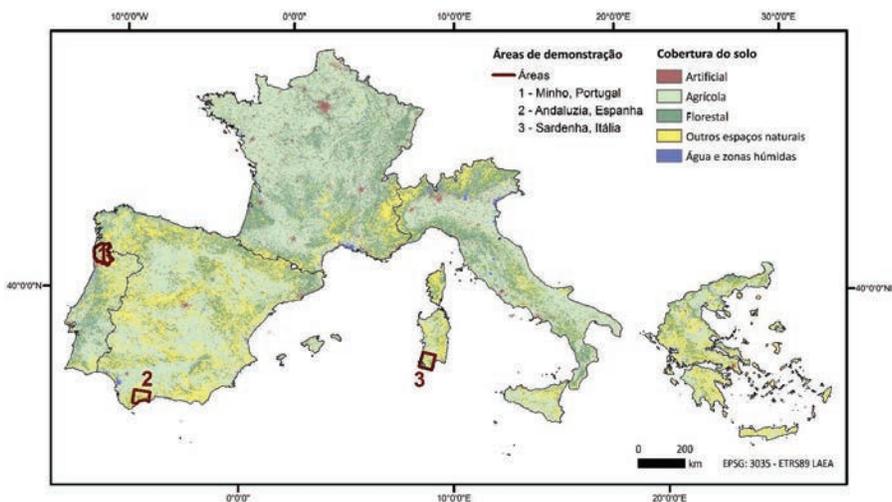


Figura 2 - Áreas de demonstração e cobertura do solo (Corine Land Cover 2000) dos países em estudo

As áreas de demonstração, que ocupam uma área equivalente a cerca de 11.000 km², foram seleccionadas por diversas razões: forte incidência de incêndios; presença de diversos tipos de vegetação, não só de espécies tipicamente mediterrâneas (*Quercus ilex*, *Quercus robur*, *Quercus suber*),

mas também de pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e eucalipto (*Eucalyptus globulus*); existência de áreas protegidas e outras áreas de elevado interesse ecológico; presença de atividades agrícolas.

2.3. Recolha e processamento de dados

A análise da vulnerabilidade requer a compilação de dados de diversas fontes, nomeadamente de carácter geográfico. A utilização de imagens de satélite representa uma oportunidade singular de obter dados harmonizados a larga escala e atualizados de forma sistemática, revestindo-se de grande importância ao nível da gestão de incêndios florestais e da proteção de pessoas e bens

O tipo de dados necessários varia em função de cada uma das componentes da vulnerabilidade (exposição, sensibilidade e capacidade de antecipação e resposta). Para a exposição, a obtenção de dados derivados de imagens de satélite para a localização de áreas urbanas e cursos de água, densidade de edifícios e rede de estradas, está a ser realizada com a utilização de satélites de média a alta resolução (Landsat 7/8, SPOT5 e RapidEye). Já para obter, por exemplo, a rede de linhas elétricas, a localização de pontos de água e a localização de edifícios específicos (p. ex., hospitais) usam-se imagens de satélite de muito alta resolução (Worldview-2 e Kompsat-2) e utiliza-se software open-source (ILWIS e GRASS).

As variáveis associadas à sensibilidade, ao valor económico e a parte da capacidade de antecipação e resposta, são, no geral, de base estatística ou espaciais, sendo integradas através de ferramentas SIG. Para cada uma das componentes da vulnerabilidade, está a ser criado um índice composto, os quais são posteriormente integrados num índice final de vulnerabilidade, representado numa escala normalizada de 0-1. A criação de índices intermédios é uma opção atrativa no que respeita à interpretação de dados, uma vez que a informação individual de cada um destes índices pode ser disponibilizada aos utilizadores finais, para apoio à tomada de decisão, de acordo com o esquema de processamento definido para a concretização dos índices que compõem a vulnerabilidade (Figura 3).



Figura 3 - Esquema de processamento de variáveis e desenvolvimento dos índices compostos que integram a análise de vulnerabilidade

2.4. Exposição: produtos cartográficos preliminares

Na Tabela 1 sistematizam-se e nas Figuras 4 espacializam-se 5 das variáveis a ponderar na avaliação da exposição, cuja escala se encontra normalizada de 0-1, para a área de estudo portuguesa. Para o uso/cobertura do solo foram criadas categorias abrangentes a partir dos dados do *Corine Land Cover* 2006, classificadas de acordo com a maior propensão a sofrerem danos com incêndios e com o tempo necessário à sua recuperação (ex.: as florestas demoram mais tempo a recuperar do que os matos, tendo-lhe sido atribuídos respetivamente ponderações de 1 e 0,8).

O mapa final de exposição é obtido através de um modelo aditivo, em que cada variável corresponde a 1/5 do valor total de exposição. Assim, quanto maior for o número de variáveis representadas na quadrícula, maior é o grau de exposição daquela unidade, uma vez que tem mais tipos de elementos expostos.

Tabela 1 - Exemplo de variáveis a integrar na componente exposição

ID	Parâmetros	Dimensão	Variáveis
1	População	Social	Densidade da população
2	Uso/coberto do solo	Ambiental/social	Tipo de uso/coberto vegetal
3	Edifícios	Social	Densidade de edifícios
4	Infraestruturas	Social	Densidade de vias de comunicação (estradas)
5	Áreas protegidas	Ambiental	% de área classificada como protegida

3. CONCLUSÃO

O projeto PREFER visa a produção de cartografia múltipla, no intuito de melhorar o suporte técnico e de acesso à informação, reduzir a suscetibilidade à ocorrência de incêndios, tornar mais eficiente a resposta em situações de emergência e auxiliar o processo de recuperação das áreas afetadas em vários países da Europa mediterrânea. Com efeito, a disponibilização de cartografia detalhada, baseada em dados atualizados de forma sistemática e harmonizados em larga escala, a entidades que contribuem para a gestão de riscos, constitui uma oportunidade ímpar para a melhoria do sistema de prevenção e preparação para situações de emergência, a fim de evitar a manifestação de crises.

A produção dos mapas de vulnerabilidade, de valor económico e do risco sazonal de incêndio, para várias áreas de demonstração localizadas na bacia do mediterrâneo é da responsabilidade das Universidade de Coimbra e do Minho. Na abordagem conceptual adotada a vulnerabilidade engloba três componentes: exposição, sensibilidade e capacidade de antecipação e resposta, para além da análise do valor económico dos bens expostos. A utilização de dados obtidos a partir de imagens de satélite de alta e muito alta resolução é um aspeto fundamental do esquema processual de variáveis, principalmente aplicados à exposição, que se refere especificamente à distribuição espacial dos elementos que podem sofrer danos caso ocorram incêndios.

Para a exposição, espacializam-se, para a área-amostra em território nacional, algumas das variáveis, nomeadamente as que se relacionam com a densidade populacional, tipos de uso/ocupação do solo, densidade de edifícios, densidade de rede viária e a percentagem das áreas protegidas. No mapa de exposição apresentado utilizou-se um modelo aditivo, atribuindo o mesmo peso a cada uma das variáveis. Todavia, tanto o conjunto de variáveis a integrar na exposição, assim como nas restantes componentes da vulnerabilidade, tal como o método mais adequado de ponderação de cada uma dessas variáveis ainda se encontra numa fase de experimentação. Por outro lado, a disponibilidade e a qualidade da informação estatístico/espacial para as restantes áreas em estudo pode, de igual modo, condicionar a produção final de cartografia.

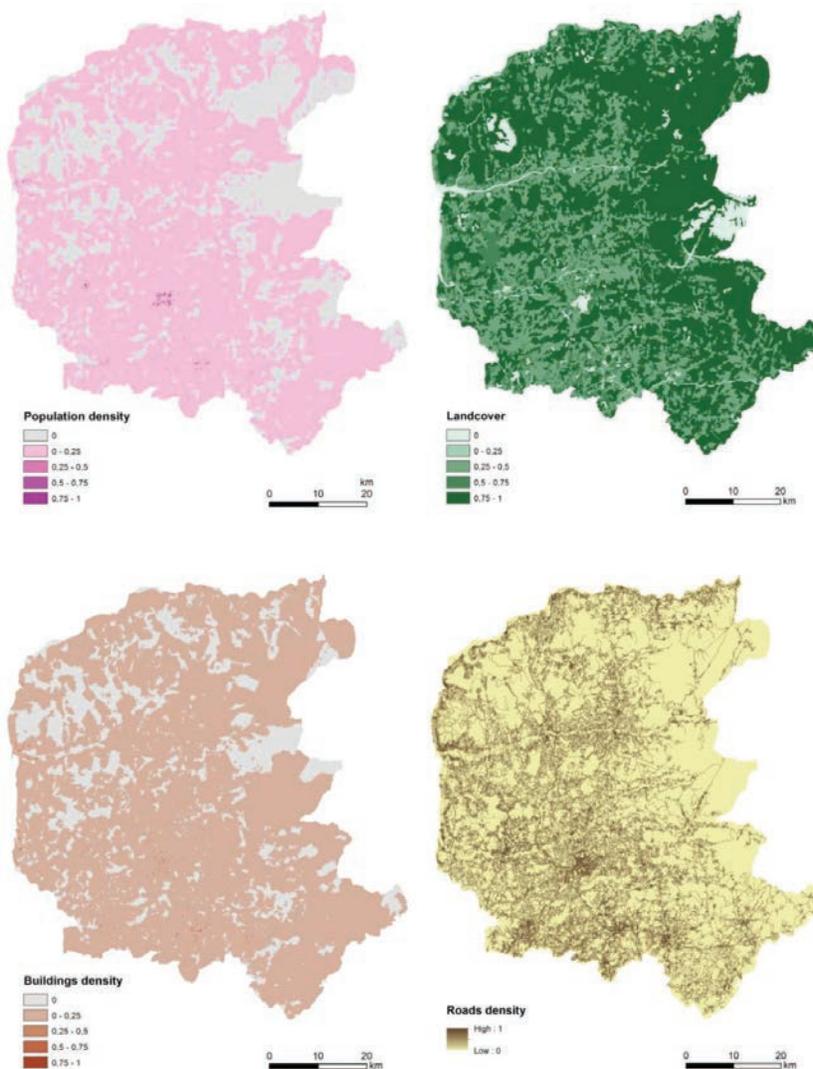


Figura 4 - Espacialização de diferentes variáveis a integrar na componente exposição (densidade populacional; Uso/coertura do solo; Densidade de construção e densidade de vias de comunicação)

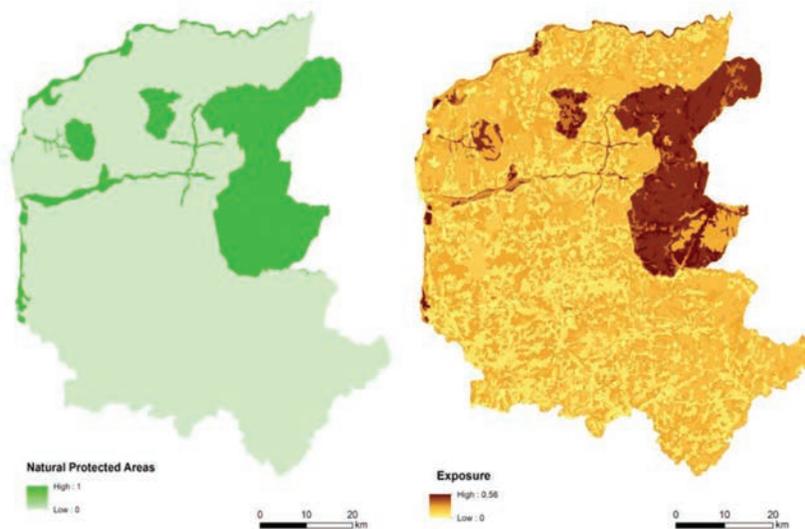


Figura 4 - (continuação) Espacialização de diferentes variáveis a integrar na componente exposição (áreas protegidas) e mapa final de exposição

BIBLIOGRAFIA

- BADIA, Anna *et al.* (2011) - Identifying dynamics of fire ignition probabilities in two representative Mediterranean Wildland Urban Interface areas. *Applied Geography* 31, 930-940
- BENTO-GONÇALVES, António *et al.* (2012) - Fire and soils: Key concepts and recent advances. *Geoderma* 191, 3-13
- BIRKMANN, Jörn (2006) - Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In BIRKMANN, Jörn - Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies, United Nations University Press, 9-54.
- BOWMAN, David *et al.* (2009) - Fire in the Earth System. *Science* 324 (5926), 481-484
- CARVALHO, Anabela *et al.* (2011) - Forest fires in a changing climate and their impacts on air quality. *Atmospheric Environment* 45 (31), 5545-5553
- CUTTER, Susan (2011) - A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. *Revista Crítica de Ciências Sociais* [online] 93, Junho 2011: 59-69. Disponível online no endereço url <http://rccs.revues.org/165?lang=en> (accedido em Junho de 2013).

- DWYER, Edward *et al.* (2000) - Global spatial and temporal distribution of vegetation fire as determined from satellite observations. *International Journal of Remote Sensing* 21 (6-7), 1289-1302
- JRC, Joint Research Centre (2013) - “Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2012.” Joint report of JRC and Directorate-General Environment. REPORT EUR 26048 EN. Disponível online no endereço url <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/reports/annual-fire-reports/> (acedido em Fevereiro 2014).
- LAMPIN-MAILLET, Corinne *et al.* (2011) - Land cover analysis in wildland-urban interfaces according to wildfire risk: a case study in the South of France. *Forest Ecology and Management* 261, 2200-2213
- LAVOREL, Sandra *et al.* (2007) - Vulnerability of land systems to fire: Interactions among humans, climate, the atmosphere, and ecosystems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12 (1), 33-53.
- LEONE, Vittorio *et al.* (2003) - The human factor in fire danger assessment. In: Chuvieco, Emilio (ed.), *Wildland Fire Danger Estimation and Mapping: The Role of Remote Sensing Data*, World Sci., Hackensack, N.J., pp. 143-196.
- LOURENÇO, Luciano *et al.* (2011/12) - Causas de incêndios florestais em Portugal continental (1996 a 2010). *Cadernos de Geografia* 30/31, Faculdade de Letras, Coimbra: 61-80
- LOURENÇO, Luciano *et al.* (2013) - Determination of forest fire causes in Portugal (1996-2010). *Flamma* 4 (3), 171-175
- MARTÍNEZ, Jesus *et al.* (2008) - “Estimation of Risk Factors of Human Ignition of Fires in Spain by Means of Logistic Regression”. *Proceedings of the Second International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: A Global View*. General Technical Report PSW-GTR-208, pp. 265-278
- MAVSAR Robert *et al.* (2012) - Economic, legal and social aspects of post-fire management. In MOREIRA, Francisco *et al.* (eds.) *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests*, Springer Netherlands, 45-78
- MOREIRA, Francisco *et al.* (2011) - Landscape-wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of environmental management* 92 (10), 2389-2402
- OLIVEIRA, Sandra *et al.* (2013) - “A utilização de dados de satélite no apoio à prevenção e à recuperação pós-incêndios. O exemplo do PREFER na Europa Mediterrânea.” *Grandes Incêndios Florestais, Erosão, Degradação e Medidas de Recuperação dos Solos*, Universidade do Minho, 121-129
- PAUSAS, Juli (2004) - Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). *Climatic change* 63 (3), 337-350
- PECHONY, Olga & SHINDELL, Drew (2010) - “Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(45), 19167-19170

SAN-MIGUEL-AYANZ *et al.* (2012) - Land Cover Change and Fire Regime in the European Mediterranean Region. In MOREIRA, Francisco *et al.* (eds.) Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests, Springer Netherlands, 21-43

TURNER, Billie *et al.* (2003) “A framework for vulnerability analysis in sustainability science.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), 8074-8079. Disponível online no endereço url <http://www.pnas.org/content/100/14/8074.full.pdf> (acedido em Novembro de 2013)

UNISDR-UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (2009) - Terminology on disaster risk reduction, Geneva, Switzerland: United Nations. Disponível online no endereço url <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng%20home.htm> (acedido em Outubro de 2013)

VAZQUEZ, Antonio & MORENO, Jose (1993) - Sensitivity of fire occurrence to meteorological variables in Mediterranean and Atlantic areas of Spain. *Landscape and urban Planning* 24: 129-142.

WORLD BANK (2011) - “World Development Indicators 2011”. Disponível online no endereço url http://siteresources.worldbank.org/DATASTATISTICS/Resources/wdi_ebook.pdf (acedido em Junho de 2013)

ARTIGO 19

APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A ANÁLISE DA MORFOLOGIA URBANA NO ENTORNO DE TERMINAIS DE ÔNIBUS URBANOS

YAMADA, Melissa Midori¹, SLUTER Claudia Robbi² & LIMA, Cristina de Araújo³

¹ Universidade Federal do Paraná; Setor de Ciências da Terra - Departamento de Geomática, Curitiba - PR
Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210 - Jardim das Américas - Curitiba - Paraná - Brasil; Tel.: +55
41 96852583; e-mail: miel.my@gmail.com

² Universidade Federal do Paraná; Setor de Ciências da Terra - Departamento de Geomática, Curitiba - PR
Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210 - Jardim das Américas - Curitiba - Paraná - Brasil; Tel.: +55
41 99319647 ;E-mail: robbi@ufpr.br

³ Universidade Federal do Paraná; Setor de Tecnologia - Departamento de Arquitetura e Urbanismo; Rua
Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210 - Jardim das Américas - Curitiba - Paraná - Brasil; Tel. +55 (41)
3361-3490 / 3361-3085/ 9199 4523; E-mail: cristinadearaujolima@gmail.com

RESUMO

Com este trabalho propõe-se uma metodologia baseada no uso de um SIG para o entendimento da morfologia urbana no entorno dos terminais de ônibus urbano, no município de Curitiba e Região Metropolitana, Estado do Paraná, Brasil. O objetivo em se conhecer a morfologia urbana é compreender a dinâmica e a forma da ocupação dessas áreas. A grande quantidade de informação disponível para as análises espaciais sugerem o uso de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) por ser uma tecnologia capaz de aliar dados espaciais com os socioeconômicos. Nesse estudo de caso, fizemos um recorte das áreas amostrais no entorno dos terminais de ônibus urbano que fazem parte do sistema de transporte público de Curitiba. A metodologia foi definida com o objetivo de entender a morfologia urbana de acordo com sua densidade, uso do solo, tipologia das quadras, e paisagem. E as

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_19

análises demonstram que a ocupação do solo se configura de maneiras diversas de acordo com a região em que se encontra, apesar da dinâmica dos terminais em si ser a mesma.

PALAVRAS-CHAVE

SIG, Morfologia urbana, Ocupação urbana, Uso do solo.

USING GIS TO ANALYZE THE URBAN MORPHOLOGY NEARBY THE URBAN BUS STATIONS

ABSTRACT

Urban morphology is one of the issues about urban planning that GIS spatial analysis can assist the understanding of it. The proposition of methods to perform spatial analysis as the basis for understanding the urban morphology nearby the urban bus stations of public transportation system is a requirement to know how is the urban dynamics around these areas. The amount of information available to characterize such areas is huge, and GIS is a technology able to link the physical space with socio-economic forces that shape it. In the case study we describe the urban morphology nearby the urban bus stations of the public transportation system in the city of Curitiba (State of Parana, Brazil). We chose three bus stations as our case study and we analyzed those bus station areas according to a methodology defined by urban planners. According to this methodology, urban morphology can be defined in accordance with the density, the land use, the typology of the street blocks, as well as the landscape *features*. Based on the result analysis we conclude the urban morphology of the areas located in the central part of the city is different from suburban area.

KEYWORDS

GIS, Urban morphology, Urban occupancy, Land use.

1. INTRODUÇÃO

A análise morfológica, considerando que a cidade pode ser entendida pelas suas formas físicas, foi adotada pelos membros da *International Seminar on Urban Form* (ISUF) a partir de três bases teóricas: a forma, a escala e o tempo. Com o passar do tempo foram incorporadas às análises morfológicas, questões socioeconômicas e culturais (KROPF, 2005). Conforme Moudon (1997), a cidade é a acumulação e a integração de diversos atores, individuais e grupos, governados por suas tradições culturais e conformados pelas forças sociais e econômicas ao longo do

tempo. A interdisciplinaridade e a acessibilidade à grande quantidade de informação para análises espaciais, aliadas ao avanço das tecnologias, faz com que o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) seja uma solução pertinente às análises morfológicas, por ser a tecnologia que possibilita a conciliação dos dados físicos com os dados socioeconômicos.

Esse trabalho foi desenvolvido no município de Curitiba, capital do Estado do Paraná, Brasil, a partir das diretrizes de urbanismo do Plano Diretor de 1966, quando a estrutura urbana foi definida por eixos estruturais viários, nordeste-sudoeste e leste-oeste e posteriormente outro eixo ao sul, denominado Boqueirão (SOUZA, 2001). Consolidados esses eixos, foram construídos, ao longo do tempo, as linhas de ônibus denominadas “interbairros” e os “alimentadores” que fazem a ligação entre os eixos principais e abrangem os municípios da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) pela Rede Integrada de Transporte - RIT. A Figura 1 apresenta um esquema geral dos eixos estruturais, as linhas interbairros e alimentadoras, como também os terminais de transporte.

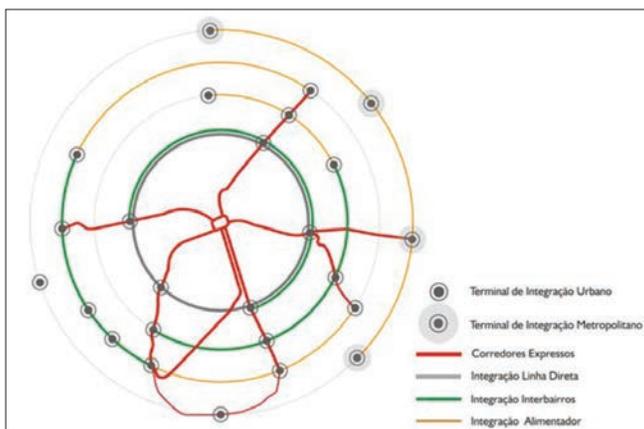


Figura 1 - Esquema da Rede Integrada de Transporte de Curitiba
Fonte: URBS, 2014

Nesse contexto, o estudo da morfologia urbana no entorno dos terminais de transporte urbano, é importante para o entendimento das formas de ocupação ao longo dos eixos estruturais da cidade, onde circula o modal de transporte mais importante, que é o sistema público de ônibus, e que

se configuram como as principais ligações da população dos municípios pertencentes ao aglomerado urbano denominado NUC (Núcleo Urbano Central de Curitiba). Nesta pesquisa entende-se morfologia urbana como o estudo das características formais do espaço urbano relacionando a arquitetura com a estrutura urbanística, condições físicas, socioeconômicas, políticas e culturais (LAMAS, 2000), sendo seu estudo ferramenta que subsidia o planejamento urbano e regional.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

Este trabalho apresenta a aplicação de um SIG nas análises espaciais para o entendimento da morfologia urbana no que concerne os terminais de transportes públicos urbanos de Curitiba e municípios pertencentes ao Núcleo Urbano Central (NUC) da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) ¹. A Rede Integrada de Transportes (RIT) é composta de 22 (vinte e dois) terminais públicos urbanos, sendo que para esse estudo foram selecionados 3 (três) destes terminais, um localizado na região central e os outros dois em bairros residenciais ao norte e ao sul do município de Curitiba (Figura 2).

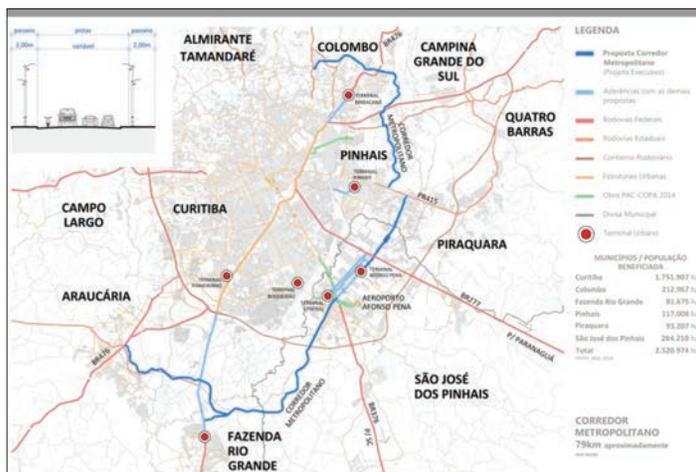


Figura 2 - Localização dos Terminais
Fonte: adaptado de COMEC, 2005

¹ De forma colaborativa com os objetivos do Projeto de Pesquisa “Cidade, mobilidade, energia e governança”, registro 2012001660 - UFPR, em desenvolvimento.

3. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados foram divididos em quatro etapas: (i) a delimitação das áreas geográficas, (ii) o entendimento e classificação da densidade da ocupação urbana, (iii) a verificação e classificação dos usos existentes e (iv) identificação do zoneamento existente conforme a legislação de uso do solo - Lei nº 9.800 de 3 de janeiro de 2000.

Moudon (1997) apresenta em uma de suas bases teóricas, três elementos físicos fundamentais a serem utilizados para a análise da forma urbana: edifícios e a relação com os espaços abertos, lotes e ruas. Assim, para esse trabalho, utilizamos as seguintes informações geográficas: aruamentos, quadras, lotes, edificações, para o entendimento da forma urbana, e setores censitários e zoneamento do uso do solo para os aspectos socioeconômicos.

Para a delimitação geográfica de cada área amostral, geramos um *buffer* de 250 metros a partir do polígono do terminal. Com essa medida englobamos aproximadamente duas quadras e de acordo com os indicadores de acessibilidade locacional dos serviços de transporte público está classificada como uma qualidade de serviço de boa para ótima (ALTER, 1976). Além de ser a distância adotada para a localização dos pontos de ônibus em Curitiba. Com os dados atingidos por esse *buffer* foi criado um banco de dados específico do terminal a ser estudado. Para o entendimento e classificação da densidade da ocupação urbana realizamos quatro tipos de análises espaciais: densidade espacial, taxa de aproveitamento, densidade populacional e tipologia de quadras. A densidade espacial foi analisada pela relação do espaço construído com o espaço livre, através da visualização de figura-fundo, criando um contraste entre as edificações e os espaços livres das quadras (LEVY, 1999). Para a taxa de aproveitamento foram tabulados e classificados os dados do número de pavimentos das edificações, adquiridos a partir de levantamento em campo e então, tabulados junto aos respectivos vetores. Para a densidade populacional, fizemos a estimativa da população por quadra proporcionalmente à área que esta atinge do setor censitário, de modo a gerar os dados necessários para o entendimento da densidade populacional. E no que concerne a tipologia das quadras, fizemos uma análise visual

comparando a figura-fundo gerada para a análise da densidade espacial com as bases do modelo proposto por Rodrigues (1986).

O modelo de Rodrigues (1986) sugere quatro tipologias: F-F (fechado-fechado), A-A (aberto-aberto), A-F (aberto-fechado) e F-A (fechado-aberto). O modelo F-F é aquele em que a quadra encontra-se com as testadas das edificações alinhadas e encostadas umas nas outras e com o miolo de quadra ocupado. No modelo A-A as edificações são construídas utilizando o recuo do alinhamento predial do lote e existe algum espaço no miolo da quadra. O modelo A-F é aquele em que as edificações estão no recuo, mas o miolo de quadra está todo ocupado, e no modelo F-A as edificações encontram-se no alinhamento predial, encostadas umas nas outras, sem o recuo lateral, mas possuem espaço livre no interior da quadra. A verificação e classificação dos usos existentes nas áreas amostrais foram possíveis a partir do levantamento de dados em campo, classificando as edificações de acordo com o uso residencial, comercial, industrial, institucional, serviço e somatório de usos. Essa classificação dos usos forneceu dados da porcentagem de usos por quadra e por amostra e a relação entre usos dentro da amostra. A legislação vigente forneceu dados sobre o zoneamento e os usos permissíveis a cada um dos três terminais, o tamanho do lote padrão e número máximo de pavimentos, que foram tabulados e comparados com os dados levantados em campo.

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Um dos aspectos estruturantes da análise do uso e ocupação do solo envolve o transporte público urbano e o sistema viário que o incorpora. Para tal, foram escolhidas três áreas amostrais: terminal Boqueirão, terminal Cabral e terminal Praça Rui Barbosa. Este SIG foi desenvolvido de forma a propiciar as informações para o entendimento da morfologia urbana dessas três áreas amostrais. A geovisualização permite a exploração dos dados espaciais em diversos formatos: estatísticas, mapas e representações em 3D. O uso do SIG auxilia na compilação e análise dos dados das etapas metodológicas.

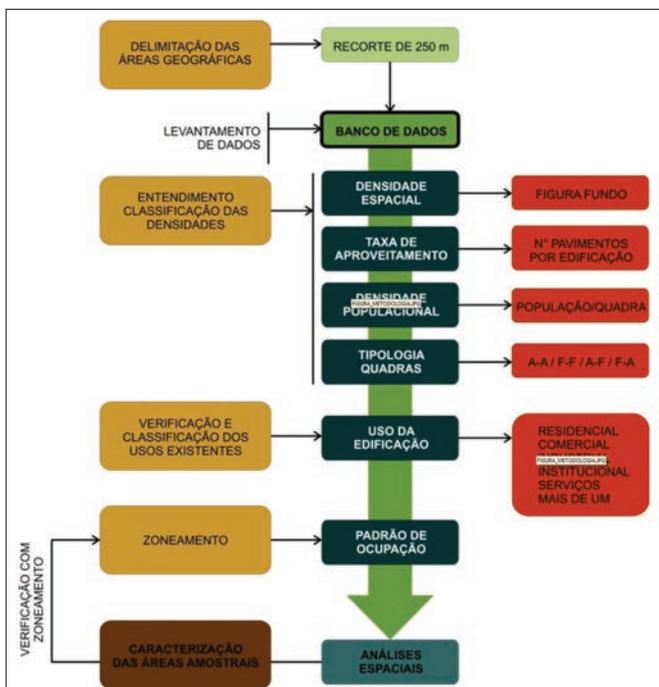


Figura 3 - Esquema da Metodologia

Primeiramente, em relação à densidade espacial, o terminal Praça Rui Barbosa possui suas edificações ocupando quase 100% da área do lote, restando pouca área livre. No terminal Cabral as edificações ocupam uma média de 45% da quadra, e no terminal Boqueirão uma média de 70%. Com isso vemos que o terminal Boqueirão mesmo não possuindo a maior densidade ocupacional, tem a maior densidade de edificações por quadra (Tabela 1 e Figura 4).

Tabela 1 - Número edificações por quadra por terminal

	Número de quadras	Número de edificações	Edificações por quadra
Terminal do Boqueirão	18	865	48,06
Terminal do Cabral	24	484	20,17
Rui Barbosa	25	626	25,04



Figura 4 - Figura-fundo da ocupação nos terminais

Com relação à taxa de aproveitamento, vimos que todos os terminais possuem mais da metade das edificações na classe de 1-2 pavimentos, variando de 50,80% a 94,68%. Excluindo essa classe, destacam-se no terminal Boqueirão as edificações de 3-4 pavimentos. No terminal Praça Rui Barbosa constata-se a homogeneidade entre o restante das edificações, ou seja uma média de 3 a 4 pavimentos, com algumas ocorrências de edifícios residenciais com mais de 10 pavimentos (Tabela 2). E o no terminal Cabral a quantidade de edifícios de 7-15 e com mais de 15 pavimentos (Figura 5).

Tabela 2 - Número de pavimentos das edificações por terminal

Terminal	Número de pavimentos (edificações)			
	01 - 02	03 - 06	07 - 15	> 15
Rui Barbosa	318	191	66	51
Cabral	402	20	31	31
Boqueirão	819	45	0	1

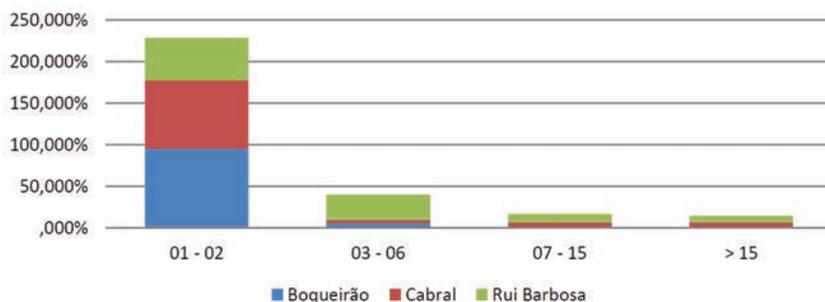


Figura 5 - Percentual do número de pavimentos das edificações por terminal

A densidade populacional dos terminais mostrou uma população similar entre o terminal Praça Rui Barbosa e terminal Cabral, enquanto no terminal Boqueirão o número de habitantes se resume a 2/3 dos demais (Tabela 3). Quanto à tipologia de quadra, o terminal Praça Rui Barbosa configura um tipo fechado-fechado (F-F), onde as edificações ocupam desde o alinhamento predial até o miolo da quadra, conformando uma quadra inteiramente ocupada, o terminal Cabral aberto-aberto (A-A) onde as edificações estão dispersas, construídas no recuo e ainda existe área livre permeando o interior da quadra e o terminal Boqueirão com a maioria das quadras aberto-aberto (A-A), uma quadra (A-F), onde encontra-se uma edificação recuada que ocupa o interior da quadra e duas que estão praticamente fechado-fechado (F-F) (Figura 4).

Tabela 3 - Número de domicílios, habitantes e média de habitantes por domicílio por terminal

	Domicílios	População	Média de morador por domicílio
Terminal Boqueirão	3.554	11.030	3,10
Terminal Cabral	5.066	12.952	2,56
Terminal Rui Barbosa	3.933	8.271	2,10

Em relação aos usos predominantes, as áreas amostrais ficaram caracterizadas da seguinte forma: no terminal Cabral o uso residencial, com algum uso comercial, de serviço e institucional; no terminal Praça Rui Barbosa, a predominância da classe “mais de um uso” com algum uso residencial, comercial, de serviço e institucional, e no terminal Boqueirão o uso predominantemente residencial, mas com diversos outros usos, variando entre comercial, de serviço, institucional e industrial (Figura 6 e Figura 7). E por fim, o zoneamento existente nas áreas amostrais que demonstra como a ocupação seguiu as normativas legais sobre o uso do solo. O zoneamento de uso do solo de Curitiba organiza o município em 1 (uma) zona central, 9 (nove) residenciais, 1 (uma) de uso misto, 1 (uma) industrial, 3 (três) de serviços, 3 (três) de transição, 3 (três) especiais, 1 (uma) de contenção e 22 (vinte e dois) setores especiais. A zona de contenção define áreas de preservação permanente, os setores

especiais e zonas de transição delimitam zonas localizadas ao longo dos eixos estruturais, as zonas especiais incorporam áreas de uso especial (e.g. zona militar), as zonas residenciais são destinadas ao uso habitacional, a zona central e zona de uso misto permitem um uso variado, mas com parâmetros de ocupação diferentes. O terminal Praça Rui Barbosa está na Zona Central, o terminal Cabral possui uma Zona Residencial 4 e o Setor Estrutural, e o terminal Boqueirão está na Zona Residencial 3 e Setores Especiais da Marechal Floriano Peixoto e da Wenceslau Bras (Figura 8). O tamanho do lote mínimo permitido em cada uma das áreas residenciais é diferente, sendo no terminal Cabral lotes de 450m², no terminal Boqueirão de 360m² e Rui Barbosa de 330m², assim como a altura máxima permitida no terminal Boqueirão é de 3 pavimentos, no terminal Cabral é de 6 pavimentos e no terminal Praça Rui Barbosa é livre. Quanto aos setores especiais, a configuração no terminal Cabral e no terminal Boqueirão são as mesmas, de lote mínimo de 450m² com altura livre, mas tendo que considerar um recuo maior respeitando a determinação de um recuo, no mínimo, seis vezes menor que a altura da edificação.

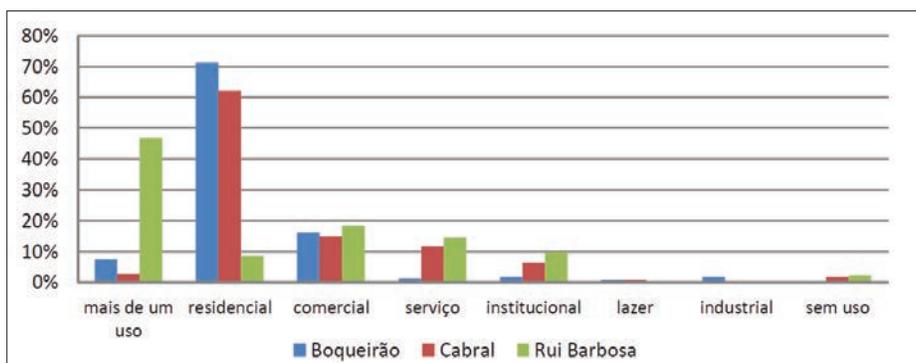


Figura 6 - Usos das edificações por terminal

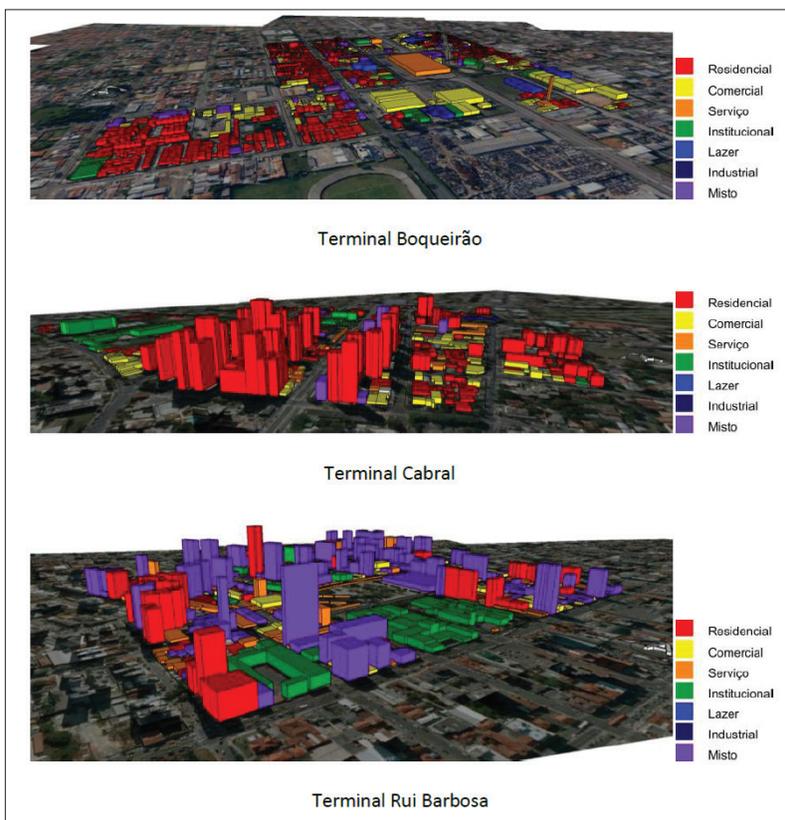


Figura 7 - Perspectiva dos terminais

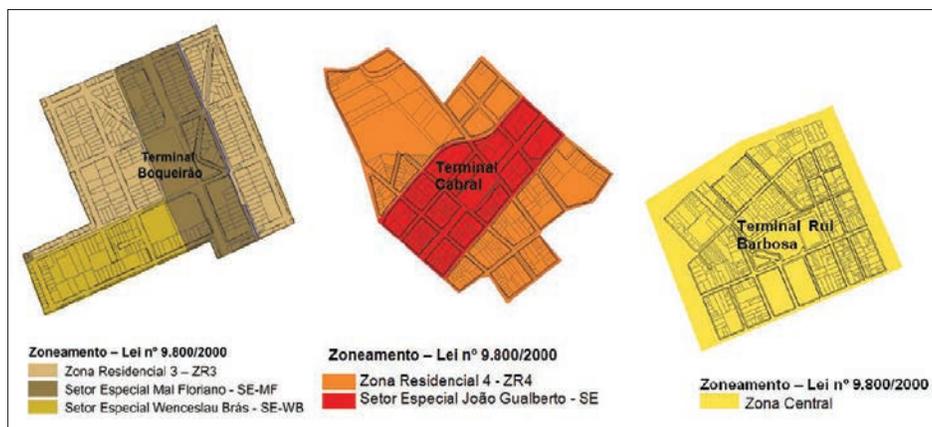


Figura 8 - Zoneamentos nos terminais

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As análises foram realizadas a partir dos dados estatísticos e da visualização das figuras geradas pelos dados. Conforme vemos na apresentação dos dados, os terminais configuram formas urbanas diferenciadas, em decorrência dos usos e densidades espaciais existentes, que são subordinados ao zoneamento vigente. Percebemos uma concentração populacional, sendo o terminal Cabral o mais populoso em termos absolutos, mas o terminal Boqueirão com a maior média de habitantes por domicílio. O terminal Rui Barbosa, apesar dos edifícios altos encontrados, não possui taxa de ocupação populacional significativa pelos usos existentes, que são voltados ao comércio e serviço. O fato de o terminal Boqueirão possuir uma relação de edifícios por quadra maior que o demais terminais, configura uma ocupação com um maior número de edificações de área menor, considerando que as quadras são de tamanhos similares (Tabela 1).

O terminal Praça Rui Barbosa possui características que refletem sua localização central. Com menos uso residencial dando espaço para uso comercial, de serviços e misto (com mais de um uso). O tamanho do lote mínimo, sendo o menor de todos os três terminais, faz com que a configuração espacial reflita o modelo fechado-fechado. Assim como a liberação de altura, pela legislação, aumenta a quantidade de edifícios com mais de 7 (sete) pavimentos (Figura 7).

O terminal Cabral possui mais edifícios com mais de 7 (sete) pavimentos, como um reflexo da legislação vigente que permite uma altura livre ao longo do eixo estrutural (zona SE), respeitando um recuo maior à medida que a altura aumenta, o que gera espaços livres entre os edifícios. Situação que no terminal Boqueirão ainda não está sendo explorada no Setor Especial da Avenida Marechal Floriano Peixoto. Já o aproveitamento da zona residencial no terminal Boqueirão é máximo, de acordo com a altura máxima permitida de 3 (três) pavimentos, e considerando que até 2 (dois) pavimentos não há a necessidade de afastamento das divisas, o que permite um maior adensamento das edificações. Por isso, percebemos que a tendência da ocupação urbana, com o crescimento populacional, é as quadras chegarem ao modelo fechado-fechado ocupando toda a quadra com edificações.

Com os resultados obtidos nesta pesquisa, até o momento, foi possível

a caracterização das diferentes áreas que apesar de estarem no entorno de terminais de ônibus, possuem configurações distintas. O destaque recai sobre a diferenciação do entorno dos terminais Boqueirão e Cabral, uma vez que ambos estão localizados em bairros predominantemente residenciais, com zoneamento com características similares, e mesmo assim possuem morfologias urbanas diferentes. Isso demonstra um processo de ocupação, melhor entendido pelo processo histórico de ocupação e valorização urbana (SOUZA, 2001) e incide na terceira base teórica adotada pelo ISUF, o tempo.

6. CONCLUSÃO

A metodologia adotada permitiu desenvolver um projeto de SIG adequado para resolver o problema de entendimento da morfologia urbana das áreas em estudo. A morfologia estuda, a relação da estrutura da forma urbana, tem por objetivo o entendimento não só das diferenças, mas das relações existentes entre essas estruturas (KROPPF, 2005).

O estudo da forma urbana permite a verificação de como a aplicação de uma determinada legislação reflete sobre a ocupação do uso do solo, configurando a paisagem local. De modo que essas análises possam servir de subsídio à elaboração de leis futuras visando à manutenção de determinadas estruturas ajustadas às demandas, aos usos e à ocupação urbana.

Esse modelo pode ser aplicado para o restante do município, sendo capaz de identificar homogeneidades e heterogeneidades nas formas urbanas e no perfil populacional. Para o planejamento urbano, o SIG vem resolver problemas geográficos e também subsidiar a tomada de decisão, sendo uma ferramenta para a análise de dados e a visualização de novas perspectivas (LONGLEY et al, 2013). Dentro da rede que compõem o SIG, definido pelas pessoas, *software*, dados, procedimentos e *hardware* (LONGLEY et al, 2013), nos dedicamos neste estudo ao desenvolvimento e melhoria dos procedimentos de análise.

Com a elaboração do SIG percebemos que o entendimento da morfologia urbana é possível a partir do entendimento não só de suas formas, mas também dos dados estatísticos que caracterizam a população e a ocupação urbana, sendo um dependente do outro. As formas são visuali-

zadas pelas imagens de figura-fundo e perspectivas e os dados estatísticos pelos gráficos. Juntos permitiram o entendimento das morfologias urbanas das áreas amostrais.

BIBLIOGRAFIA

- ALTER, C. H. (1976) - Evaluation of Public Transit Services: The Level of Service Concept. Transportation Research Board, n.606, p. 37-40.
- COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (2005) - Plano de Integração do Transporte da Região Metropolitana de Curitiba.
- KROPF, Karl (2005) - The Handling Characteristics or Urban Form. Urban Design, Issue 93.
- LAMAS, José M. Ressano Garcia (2004) - Morfologia Urbana e Desenho da Cidade, Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.
- LEVY, Albert (1999) - Urban Morphology and the problem of the modern fabric: some questions for research. Urban Morphology, 3(2), 79-85.
- LONGLEY, Paul A., GOODCHILD Mike F., MAGUIRE David J. & RHIND, David W. (2013) - Geographic Information System and Science. Bookman.
- MOUDON, Anne Vernez (1997) - Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. Urban Morphology vol. 1, 3-10.
- RODRIGUES, Ferdinando de Moura (1986) - Desenho urbano: cabeça, campo e prancheta. São Paulo : Projeto.
- SOUZA, Nelson R. (2001) - Planejamento Urbano em Curitiba: Saber Técnico, Classificação dos Cidadinos e Partilha da Cidade. Revista Sociologia Política, Curitiba, 16, p. 107-122.
- URBS - Urbanização de Curitiba S.A. (2014) - "Características da RIT". Disponível online no endereço url: <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte>. (acessado em abril de 2014).

ARTIGO 20

GERAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA DE DADOS MORFOMÉTRICOS: PROPOSTA PARA OS NOVOS LIMITES DO DIVISOR DE ÁGUA E ALTIMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PERICUMÃ - MARANHÃO, BRASIL

*VIEGAS, Josué Carvalho¹; PASSOS, Messias Modesto dos²;
RODRIGUES, Taissa Caroline Silva³; PEREIRA, Paulo Roberto Mendes⁴.*

¹ Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual Paulista - FCT/UNESP - Campus de Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen, 305. CEP 19060-900. Presidente Prudente - SP, Brasil. Telefone: + 55 (18) 981283193; email: josueviegasgeo@hotmail.com.

² Professor Dr. da Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista - FCT/UNESP - Campus de Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen, 305. CEP 19060-900. Presidente Prudente - SP, Brasil. Telefones: + 55 (18) 99770-1844; mmpassos86@gmail.com.

³ Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - São Jose dos Campos - SP, Brasil. Telefone: + 55 12 981489137; taissageo@dsr.inpe.br.

⁴ Graduado em Geografia pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA/NEPA. Campus do Bacanga. São Luís - MA, Brasil. Telefone: + 55 (98) 82567278; p.roberto18@hotmail.com.

RESUMO

Para a geografia e áreas afins, o conhecimento do substrato e da superfície terrestre (dinâmica do relevo) em determinadas regiões, auxiliam na indicação de aptidões e restrições de uso e ocupação da terra, como também apontam alguma forma de prevenção e controle do espaço geográfico. Este estudo propõe o uso de imagens em formato raster do projeto - TOPODATA/INPE, que podem ser aplicados no estudo de delimitações geomorfológicas de bacias hidrográficas. O objetivo do trabalho é avaliar a geração de dados preliminares

para auxílio do estudo da "fragmentação" natural de paisagem da bacia hidrográfica do Pericumã, inserida na Amazônia Legal brasileira. Dessa forma, pode-se perceber que os resultados apresentados neste artigo contradizem estudos anteriormente realizados na área. Os estudos anteriores a este mostraram que as cotas altimétricas chegavam ao máximo a 50 metros. Já os limites da bacia hidrográfica do Pericumã e a rede de drenagem dos corpos hídricos gerados semiautomaticamente, apresentam-se fiéis as informações processadas previamente em laboratório e confirmadas em campo.

PALAVRAS-CHAVE

Superfície terrestre, Bacia hidrográfica, TOPODATA.

GENERATION OF SEMIAUTOMATIC MORPHOMETRIC DATA: PROPOSED NEW BOUNDARIES OF THE WATER DIVIDER AND ALTIMETRY WATERSHED PERICUMÃ - MARANHÃO, BRAZIL

ABSTRACT

For the geography and related fields, knowledge of the substrate and the land surface (dynamic topography) in certain regions, assist in indicating skills and restrictions for use and occupation of land, but also indicate some form of prevention and control geographic space. This study proposes the use of images in raster format project - TOPODATA / INPE, which can be applied in the study of geomorphological boundaries of watersheds. The objective is to evaluate the generation of preliminary data to aid the study of the natural "fragmentation" of the watershed's landscape Pericumã, inserted in the Brazilian Amazon. Thus, it can be seen that the results presented here contradict previous studies in the area. Previous to this study showed that the elevations reached the maximum 50 meters. Already the boundaries of the watershed of Pericumã and the drainage network of water bodies semiautomatically generated, have become loyal information previously processed in the laboratory and confirmed in the field.

KEYWORDS

Land surface, Watershed, TOPODATA.

1. INTRODUÇÃO

Para a geografia e áreas afins, o conhecimento do substrato e da superfície terrestre (dinâmica do relevo) de determinadas regiões, auxiliam na indicação de aptidões e restrições de uso e ocupação da terra, como

também apontam algumas formas de prevenção e controle do espaço geográfico. Nesse contexto, o presente trabalho oferece esboço preliminar sobre o uso de imagens em formato raster do projeto - TOPODATA, o qual oferece acesso livre a variáveis geomorfológicas locais, derivadas de dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) para todo o território nacional e podem ser aplicados a estudo de geomorfologia aplicada a bacias hidrográficas.

Na sequência será apresentada uma breve fundamentação teórica, a metodologia de trabalho, a localização e caracterização da área, os resultados preliminares, e, algumas considerações sobre os aspectos mais pertinentes da análise dos resultados, sobre o limite topográfico, rede de drenagem e altimetria do relevo com MDE. Salienta-se, ainda que para validação das informações obtidas em laboratório, foram realizadas viagens a campo para aquisição de inferências com equipamento coletor de pares de coordenadas geográficas X, Y e altimetria Z. Objetiva-se de maneira geral: analisar a geração de dados preliminares para auxílio do estudo da "fragmentação" natural de paisagem da bacia hidrográfica em questão, a qual está inserida em um ambiente de Amazônia Legal Maranhense.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

Com o referido artigo, apresentam-se procedimentos e técnicas utilizadas para delimitação e visualização espacial dos dados sobre os limites geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Pericumã, por meio de processamento semiautomática das imagens TOPODATA, pois se trata de uma área de estudo relativamente extensa e confusa sobre seus reais limites físicos, e com pouco tempo para processamento dos dados e visualizações em campo.

Nesse sentido, as bacias hidrográficas são compreendidas como a área pela qual, a água é drenada e flui para um único ponto de saída, notório como seção de controle. Todos os corpos hídricos que nascem nas cabeceiras de uma bacia hidrográfica, escoam para uma seção a jusante, exutório ou infiltram para o subsolo.

Nas cabeceiras e ao longo de toda área de drenagem, o escoamento

ocorre por meio de canais tributários, onde drenam a água da chuva, sedimentos e substâncias dissolvidas (LEOPOLD *et al.*, 1964). Fazendo-se uma analogia entre o tamanho do material do leito e a declividade dos canais, Hack (1957 apud Leopold *et al.*, 1964), mostra que a variação da declividade a jusante, ou seja, a concavidade do perfil é influenciada pela alteração do tamanho dos detritos a jusante, cuja vazão ou deflúvio da água superficial, converge para um canal principal (outro rio), lago ou mar (exutório). Os rios são responsáveis pelo intemperismo, erosão das rochas, e transporte e deposição dos sedimentos (STRAHLER, 1950 - 1952; CHORLEY, 1962; CHRISTOFOLETTI, 1979; RHOADS, 2006). A área de drenagem da bacia é constituída por dimensões variadas desde dezenas de m² até milhões de km² e é identificada pelas curvas de nível de maior elevação no terreno.

No Brasil, há um predomínio de ocupações humanas nos vales dos rios e em áreas de planícies, nesses ambientes as drenagens são em maioria exorréicas (escoam pela superfície), que deságuam no oceano, lagos e lagunas. Tendo essas características gerais, as bacias são sistemas superficiais complexos e ou dinâmicos, pois sua origem, o modelado do relevo atua na configuração dos padrões espaciais da paisagem (SOTCHAVA, 1977) e na drenagem, apresentam entradas e saídas de energia e matéria, em constante processo de morfogênese (capacidade de transformar), resiliência, sinergia (BERTALANFFY, 2012; TRICART, 1977) e retroalimentação, na qual o escoamento superficial em qualquer ponto converge para um único ponto fixo ou não (STRAHLER, 1952; CHRISTOFOLETTI, 1979, 1999, 1980; MONTEIRO, 2001; GRANELL-PÉREZ, 2004).

Das citações acima, denota-se que as bacias hidrográficas, são sistemas complexos e dinâmicos, em que para responder esses questionamentos (entendimento) de cunho teórico e conceitual, necessita-se de leituras mais específicas e aprofundadas sobre a teoria geral dos sistemas, e geossistemas, pois as contribuições resultantes do arcabouço das bases epistemológicas desses ensinamentos recebem significados diferentes entre pesquisadores e entre as áreas do conhecimento científico das geociências. Contudo, a investigação das relações das teorias com uso de geotecnologias e a transformação das paisagens, julgam-se essen-

ciais no aprofundamentos em revisões de aportes teóricos e conceituais como: BERTALANFFY (2012), BERTRAND E BEROUTCHACHVILI (1978), BERTRAND (2009), SOTCHAVA (1977), AB' SÁBER (2003 - 2004), TRICART (1977), PASSOS (1998), MONTEIRO (2001), LANG (2009) e JANSEN (2011).

Segundo Lang e Blachke (2009), as estruturas e padrões espaciais são considerados como manifestações e processos que ocorrem em diferentes planos de escalas, fazendo com que os trabalhos das feições espaciais e estruturais observáveis e mesuráveis na paisagem, possam caracterizar as condições e desenvolvimento das mudanças temporais do ambiente geográfico.

Nesse contexto, as geotecnologias são excelentes recursos metodológicos utilizados nos estudos dos processos que ocorrem no espaço, sendo indispensáveis nos estudos geomorfológicos de bacias hidrográficas, quer do ponto de vista estrito da Geografia Física, quer na sua vertente de aplicação ao planejamento da paisagem desses ambientes. Pois, com o uso de novos procedimentos de investigação como as geotecnologias, pesquisadores formulam interpretações e determinam significados sobre as feições e as modificações que ocorrerem *in loco*, uma vez que, ao observar os aspectos e fenômenos no espaço vivido, os estudiosos registram as informações, obtém informações do ambiente, caracterizam os aspectos físicos e humanos das localidades investigadas, identificam as alterações geoambientais e analisam as correlações dos elementos naturais que compõem a paisagem e suas inter-relações com homem e como esse exerce atividades sobre a paisagem.

Neste trabalho optou-se pelo uso e dados de imagens em formato raster do TOPODATA, que são refinadas da resolução espacial original de 3 arco-segundos (~90m) para 1 arco-segundo (~30m) por krigagem (VALERIANO, 2008).

De acordo com Assad e Sano (1998): Existem duas classes de representações computacionais de mapas, que podem ser vetoriais e matriciais (raster), dados matriciais, ex. grade irregular TIN - *Triangulated Irregular Network* ou modelos digitais de terreno - MDT. Já as representações vetoriais podem ser de pontos, linhas e polígonos, têm em comum o fato de que os domínios espaciais são representados por conjuntos de traços,

deslocamentos ou vetores, adequadamente georreferenciados no espaço geográfico (RODRIGUES, 1990).

As informações vetoriais e matriciais podem ser extraídas de imagens de sensoriamento remoto (SR) e do geoprocessamento de cartas topográficas. O uso dessas informações facilitam os estudos direcionados a identificação e mensuração das feições do relevo, com isso, existe um ganho relevante por ser advinda de uma técnica rápida e acurada de coleta de dados de objetos em superfície no plano topográfico de análise.

Possibilita a aquisição de informações sobre as variações de altitude da superfície terrestre, sendo aplicável a diversos estudos relacionados à geomorfologia, análise de rede hidrográfica, delimitação de áreas inundáveis, perfis topográficos e delimitação automática e semiautomática de bacias hidrográficas.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Para o alcance pertinente dos objetivos propostos e elaboração final do referido artigo, são descritos a seguir a localização e breve caracterização da área.

3.1. Localização e caracterização da área

A pesquisa abrange a sub-bacia hidrográfica do Pericumã (Figura 1), inserida em ambiente de Amazônia, Mesorregião Norte Maranhense - Microrregião da Baixada Maranhense e Litoral Ocidental Maranhense (IBGE, 2013; VIEGAS *et al.*, 2013).

De acordo com Feitosa (1989), os fatores ambientais podem ser definidos como elementos que agregam conjuntos de agentes e processos modeladores da paisagem. Os elementos são as partes do todo. Assim, têm-se os agentes modeladores da paisagem como os elementos vinculados aos fatores ambientais e os fatores vinculados aos elementos estruturais da Terra.

Os fatores naturais, assim como a ação humana, modificam o ambiente em diferentes escalas espaciais e magnitudes. Vários são os agentes

naturais que atuam na transformação da paisagem, situando-se os rios dentre os principais agentes que atuam produzindo e transportando matéria, através da interação com outros agentes hidrológicos e dos fatores: geológico, climático e biótico atuantes em bacias hidrográficas.

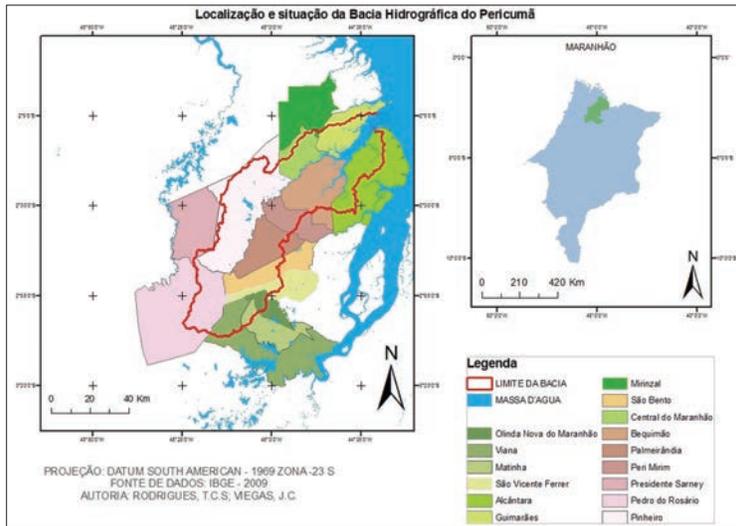


Figura 1 - Mapa da Bacia Hidrográfica do Pericumã e respectivos municípios drenados no Estado do Maranhão
Fonte: Viegas; Rodrigues e Pereira (2013)

Para Christofoletti (1980), os rios constituem os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas e dos continentes para o mar. O ambiente objeto de estudo, é uma das bacias secundárias do Estado do Maranhão. Dados publicados por Maranhão (2002), o local tem uma área total de 10.800 km², e possui 126 km de extensão desempenhando papel de grande importância econômica regional. Neste artigo fornecemos novas informações com base em geotecnologias e trabalhos de campo.

De acordo com Pinheiro (2000), o principal rio da Bacia hidrográfica do Pericumã é o rio de mesmo nome, esse corpo hídrico tem seu exutório na baía de Cumã, para esse autor o Pericumã ainda não tem uma nascente bem definida. E da falta de precisão dessas informações, trabalhos futuros pretendem identificar as nascentes da cabeceira da bacia hidrográfica, também ressaltamos a necessidade em diferenciar a Bacia Hidrográfica do

Pericumã¹ e a Bacia Hidrográfica do rio Pericumã² Essas diferenciações estão sendo trabalhadas no plano de trabalho sobre a Bacia hidrográfica do rio Pericumã, a qual é vinculada ao projeto intitulado OBSERVATÓRIO DA BAIXADA MARANHENSE: Monitoramento de indicadores socioambientais dos municípios da Baixada Maranhense.

3.1. Etapas

Para a realização e concretização do artigo, compreende-se a seguir a descrição das etapas e materiais utilizados adaptados (MONTEIRO, 2001), a saber:

- a. Revisão bibliográfica: Teoria Geral dos Sistemas³, Geossistema, Paisagem e Geotecnologias;
 - SUPORTE: Geologia;
 - ENVOLTÓRIO: Clima, Hidrologia;
 - FORMA: Geomorfologia;
 - COBERTURA: Pedologia, Flora e Fauna;
 - VARIÁVEIS NATURAIS E ANTRÓPICAS: Economia, cultura, lazer e percepção da paisagem;
 - MAPAS TEMÁTICOS E VETORIAIS (IBAMA, IBGE, EMBRAPA, INPE).
- b. Aquisição de imagens orbitais;
- c. Criação e organização da base de dados;
- d. Aquisição de material cartográfico;
- e. Definição da área de estudo e retângulo envolvente;
- f. Expedição a campo;
- g. Caracterização Geral da área de pesquisa;
- h. Mapas, cartas e informações das fragilidades e potencialidades do ambiente em estudo.

¹ Bacia hidrográfica secundária, pertencente à Bacia hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, informações retiradas do caderno das regiões hidrográficas do Brasil.

² Bacia hidrográfica do maior rio que está inserido na Bacia hidrográfica do Pericumã.

³ A pesquisa parte de informações, fruto das leituras, avaliações, reflexões realizadas e construídas sobre a Teoria Geral dos Sistemas e do Geossistema, ou seja, a entrada e saída de elementos e processos que podem modificar um ambiente, isto é, o espaço geográfico é um todo com processos e agentes dinâmicos e complexos.

3.2. Materias

- a. Folhas de Cartas Topográficas de 1976 na escala de 1: 100.000 disponibilizadas pela DSG/IBGE/ZEE-MA;
- b. Imagens TOPODATA com 30m de resolução espacial, para extração de dados geomorfométricos da área de estudo, com articulação compatível na escala 1:250.000 (IBGE), em <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>;
- c. Softwares e aplicativos computacionais para suporte, processamento e vetorização de imagens TOPODATA, em versões educativas do Global Mapper v13 32 bits e layouts em Sistema ArcGis 10, Software Mobile Mapping, além de melhoramento das fotografias e das imagens no Adobe Photoshop CS6;
- d. GPS modelo Mobile Mapper 6;
- e. Câmera Profissional CANON SL1-D100 com lentes fixas de 18-50mm e 55-250mm;

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Com base nos fundamentos estruturais da seleção das etapas e dos materias, chegou-se a descrições dos dados, os quais consistem nos procedimentos de laboratório e campo:

4.1. Preparação e criação do banco de imagens Essa fase preparatória foi utilizada para realizar o abastecimento das informações a serem levantadas e processadas;

4.2. Processamento das imagens O objetivo consistiu-se na conversão de imagens no formato de 32 para 16 bit não sinalizados, ajustados e reprojatadas com referencia espacial para SIRGAS 2000 - UTM Zona 23, equalização e na elaboração de mosaico das senas TOPODATA (02S45_ZN, 02S465ZN, 03S45_ZN e 03S465ZN), determinação da drenagem, curvas de nível, cotação de maior elevação das curvas de nível (pontos cotados), aplicação do interpolador - Krigagem, que consiste em método geoestatístico que verifica a relação espacial e temporal dos atributos, e leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas (VALERIANO, 2006). Para o processo de manipulação do

relevo este processo leva em consideração a cota de um ponto de interesse pela média ponderada de sua vizinhança e reagrupada por geoestatística, (FLORENZANO 2008 p. 77), por meio da Krigagem foi possível interpolar e determinar o limite topográfico (Figuras 02) e em seguida comparar o limite gerado, com as cartas da DSG na escala de um pra 100.000, criação do MDE e mapa síntese;

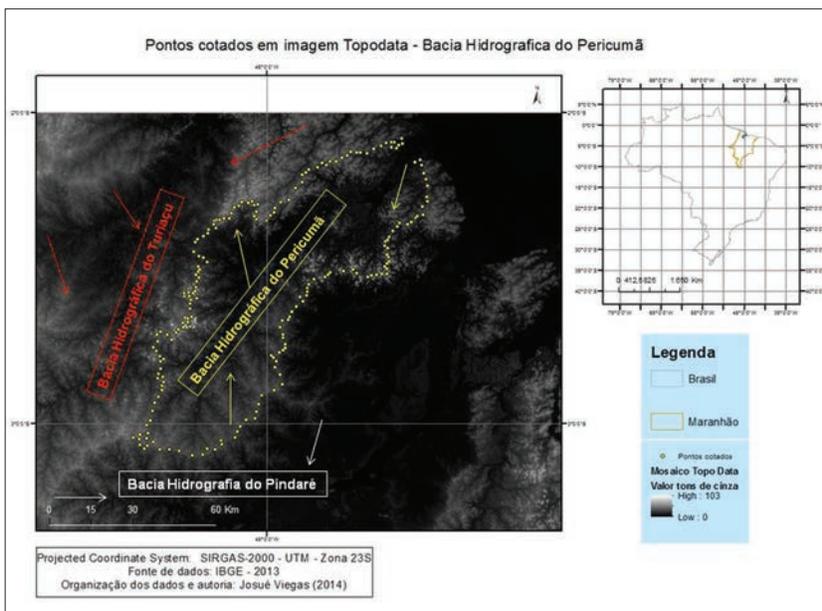


Figura 2 - Mosaico com imagem TOPODATA e pontos Cotados
Fonte: TOPODATA-INPE (2013), organizado por VIEGAS (2014)

4.3. Interpretação dos valores numéricos e visual dos dados processados

O Esse procedimento baseou-se em estudos já realizados em modelos numéricos de terreno, proposto em estudos realizados em nível nacional e internacional, publicados em artigos científicos, teses e projetos aplicados em planejamento ambiental de bacias hidrográficas;

4.4. Levantamento geotecnológico e socioambiental

Conversas informais com pesquisadores do INPE, professores Universitários e os moradores da área de abrangência da pesquisa, objetivando investigar as atividades socioeconômicas, na validação dos dados adquiridos em laboratório e

coleta de pontos de controle com GPS, além da percepção do relevo e sua influência na configuração da paisagem local.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. O divisor de água da bacia hidrográfica

Com a geração da rede de drenagem pelo procedimento de hierarquização proposto por STRAHLER, foi possível identificar rios de até 12^a, neste estudo optou-se pelo uso de rios de até 5^a ordem, pois facilita uma melhor interpretação visual da rede de drenagem e os limites com bacias vizinhas (Figuras 03), isto é, os limites topográficos de drenagem entre duas bacias, tornam-se mais aparente.

É determinado de maneira semiautomática às cotas de maior elevação, onde estas foram interpoladas, obtendo-se vetor de linha (divisor de água) e extração das curvas de nível em intervalos de 10 metros, geradas a parti da resolução de 30 metros das imagens TOPODATA (Figura 2), levou-se em conta, para tanto, as restrições do uso desta em ambientes de planície de inundação e o conhecimento prévio da topografia da área em estudo. Fazendo uma análise visual, verifica-se que o alto curso possui menor largura em relação ao médio curso da bacia; enquanto que a seção do baixo curso possui as características opostas, isto é, menor largura em relação ao alto curso e ao médio trecho.

O ponto mais extremo da bacia situa-se a sudoeste da capital do Estado do Maranhão, em linha reta em uma distancia de 132,70 km. Já a foz da área de estudo fica distante 52,50km em linha reta da capital São Luís, e a noroeste desta. Já do limite da foz até o ponto mais extremo na alta bacia, o percurso traçado em linha reta antes da coleta de pontos controle em campo, era em torno de 143,33 km com uma área aproximada de 4.993,02 km², após o tratamento em laboratório dos dados de campo (validação das informações).

A bacia hidrográfica do Pericumã apresenta-se com as seguintes informações (Figura 5): extensão de 152,71 km da foz ao ponto mais extremo da alta bacia, com uma área total de 5.085,73 km², equivalente a 508.573,30 hectares. Ressalta-se que essas informações foram mensuradas

em programa computacional e comparadas com dados oficiais (cartas DSG na escala de 1: 100.000), e, tais informações foram validadas em duas jornadas de campo com duração de 20 dias, nos meses de janeiro, fevereiro e abril de 2014.

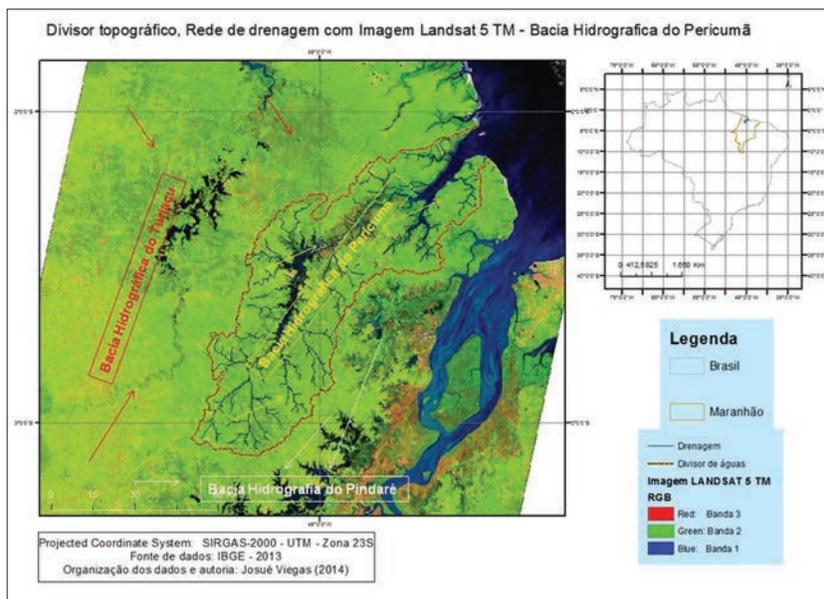


Figura 3 - Limite com rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Pericumã.
Fonte: LANDSAT-INPE (2006); IBGE (2013), organizado por VIEGAS (2014)

5.2. altimetria do relevo em estudo

Os resultados obtidos dos aspectos do relevo, notadamente em toda a área de estudo, há feições geomorfológicas com altimetria entre 0 (zero) e 53 metros, e predomínio de elevações entre 0 a 26m. Entretanto, observa-se uma concentração de cotas entre 53 a 160 metros ao sudoeste, oeste e noroeste da bacia, bem como elevações de 53 a 80 metros a leste, a explicação para essas elevações isoladas, com presenças de morros testemunhos residuais (Figura 4) (Fotografia 1), os quais estão intrinsecamente ligados aos processos de transgressão e regressão marinha, ocorrido no território maranhense. Devido a esse processo de modelagem, deu-se origem a uma vasta bacia com deposição sedimentar, resultante na formação de planícies fluvio-marinhas, fuviolacustre, e rios influenciados

com a entrada e saída de água marinha (Fotografia 2), desde o litoral do Maranhão (Fotografia 03) ao litoral do Estado do Pará.

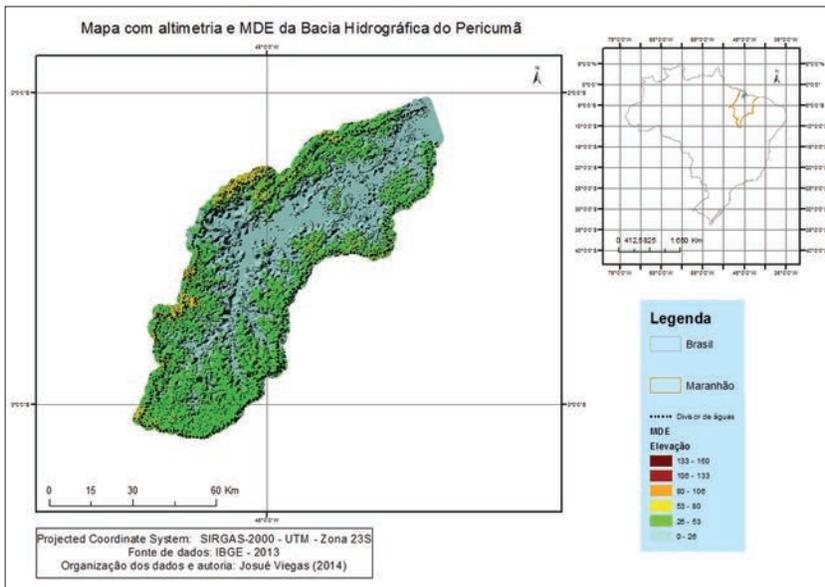


Figura 4 - Altimetria e MDE da Bacia Hidrográfica do Pericumã.

Fonte: TOPODATA-INPE (2008); IBGE (2013), organizado por VIEGAS (2014)



Fotografia 1 - Em segundo plano, morros testemunhos com altimetria de até 160 metros

Fonte: Dados da Pesquisa, organizado por VIEGAS e PEREIRA (2014)

Destaca-se, que para o trecho estudado as organizações humanas estão instaladas sobre as planícies entre 0 a 26 metros, onde uma significativa elevação do nível do mar ou construção de obras de engenharia sem um

adequado estudo pode ser responsável por significativa transformação e reorganização dessas áreas de ocupação.



Fotografia 2 - (esquerda) Praia arenosa no contato continente oceano. Fotografia 03 (direita) Falésias com 50 metros de altura, próximo ao antigo farol de Itacolomi
Fonte: Dados da Pesquisa, organizado por VIEGAS e PEREIRA (2014)

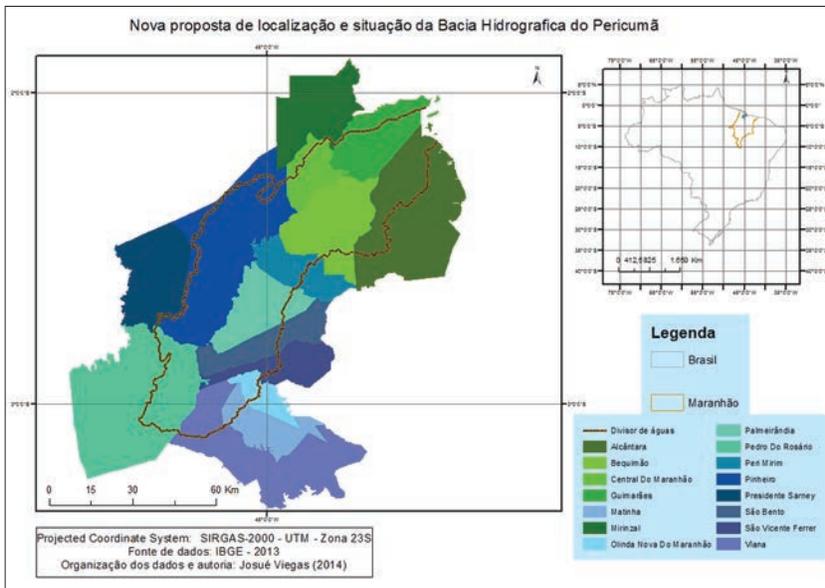


Figura 5 - Mapa com nova proposta do limite da Bacia Hidrográfica do Pericumã e municípios drenados

Fonte: Base de dados do IBGE (2013); TOPODATA - INPE (2013), organizado por VIEGAS (2014)

6. CONCLUSÃO

Os resultados alcançados mostram que a utilização de imagens TOPODATA e uso de geotecnologias para a geração do limite topográ-

fico do divisor de água, altimetria e MDE da área em estudo, conclui-se como procedimento de fácil aplicação e atende aos requisitos parciais da pesquisa em andamento, pois são compatíveis com a escala de trabalho utilizada.

Com o presente artigo, tornou-se possível o uso e a utilização de metodologias aplicadas à extração de dados geomorfológicos para o estudo do espaço geográfico em questão e a identificação das relações coexistentes do relevo da Bacia Hidrográfica do Pericumã com as formas de ocupação da paisagem e uma possível fragmentação desta.

A área estudada apresenta uma paisagem com relevo levemente ondulado e plano, com altimetria de até 160 metros em pontos isolados (Fotografia 1). Esses dados preliminares contradizem estudos anteriormente realizados na área, que relatam cotas altimétricas de no máximo 50 metros. Já os limites da bacia hidrográfica do Pericumã e a rede de drenagem dos corpos hídricos gerados semiautomaticamente, apresentam-se fieis á realidade de informações utilizadas e disponibilizadas pelo projeto TOPODATA. Para tanto a interpolação de pontos cotados mostra ser um método bastante eficaz para a delimitação de bacias hidrográficas, e a criação do MDE representa bem as características do relevo da área. Contudo para melhorar as informações obtidas, necessita-se de outras inferências em campo, no intuito de afinar a acurácia dos limites físicos e dos arranjos espaciais identificados em imagens e programas utilizados no estudo.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão de bolsa de Mestrado;

O apoio institucional do Programa de Pós Graduação em Geografia da UNESP - Campos de Presidente Prudente;

Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Núcleo de Estudos em Pesquisas Ambientais - NEPA e o Departamento de Geociências da UFMA - Campus de São Luís e Pinheiro (Professores: Antonio Cordeiro Feitosa e José Raimundo Campelo Franco);

Bem como o Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais da cidade de Pedro do Rosário (Lenôra Luar), e demais moradores representados por lideranças comunitárias dos municípios que fazem parte da região pesquisada.

BIBLIOGRAFIA

- AALDERS, H. J. G. L. (1996) - Quality Metrics for Gis. In: Advances in Gis research II INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL DATA HANDLING, 7, Delft. Proceedings. Delft: University, August 1996. p. 5B1-5B10.
- AB´SABER, A. N. (1960) - Contribuição à geomorfologia do Estado do Maranhão. Notícia Geomorfológica. Ano III n° 5. Campinas, SP.
- ASSAD, E. D. SANO, E. E. (1998) - Sistema de informações Geográficas: aplicações na agricultura. Serviço de Produção de Informação - SPI. 2ª ed. revisada e ampliada. Brasília.
- BANDEIRA, I. C. N. (2013) - Geodiversidade do Estado do Maranhão. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade - CPRM. 294 p.; 30 cm + 1 DVD-ROM. Teresina.
- BERTALANFFY, L. von. (2012) - Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações. Tradução de Francisco M. Guimarães. - 6 ed. - Petrópolis, RJ: Vozes.
- BERTRAND, C. BERTRAND, G. (2009) - Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Tradução: Messias Modesto dos Passos (Org.). Maringá: Ed. Massoni.
- BERTRAND, G.; BEROUTCHACHVILI, N. (2002) - Le géosystème ou système territorial naturel (1978). *Une géographie traversière: l'environnement à travers territoires et temporalités*. Paris: Éditions L'Arguments.
- BRASIL, Divisão Territorial Brasileira - 2013. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia - IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_dtb_int.shtm> Acessado em 20 de janeiro de 2014.
- CHRISTOFOLETTI, (1979) - A. Análise de sistemas em Geografia - Introdução. São Paulo, Hucitec: Ed. da Universidade de São Paulo.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980) - Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blucher.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1999) - Modelagem de Sistemas Ambientais. 1ª. ed. São Paulo, SP: Editora Edgard Blücher. LTDA.
- CHRISTOPHERSON, R. W. (2012) - Geossistema: uma introdução à geografia física. Tradução: Francisco Eliseu Aquino. et al. - 7ª. Ed. - Porto Alegre: Bookman.

- CHORLEY, R. J. (1962) - *Geomorphology and General Systems Theory*. In: *theoretical papers in the hydrologic and geomorphic sciences*. Washington. p. b1-b14.
- COSTA-NETO, J. P. BARBIERI, R. IBAÑEZ, M. do S.R. (2002) - *Limnologia de três ecossistemas aquáticos característicos da Baixada Maranhense*. Bol. Lab. Hidrobiologia. Volume, 14/15. 2001/2002. Universidade Federal do Maranhão. São Luís 2001/2002.
- FEITOSA, A. C. (2006) - *Relevo do Estado do Maranhão: Uma Nova Proposta de Classificação Topomorfológica*. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia Tropical e Subtropical: Processos, métodos e técnicas. Goiânia.
- FEITOSA, A. C.; TROVÃO, J. R. (2008) - *Atlas escolar do Maranhão: Espaço Geo - Histórico e Cultural*, João Pessoa: Grafset.
- FEITOSA, A. C. (1989) - *Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão*. Rio Claro: IOGCE/UNESP. Dissertação de Mestrado.
- FLORENZANO, T. G. (2007) - *Iniciação em sensoriamento Remoto*. São Paulo: Oficina de Textos.
- FORMAN, R. T. T. GODRON, M. (1986) - *Landscape ecology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- FRYIRS, K. A. BRIERLEY, G. J. (2012) - *Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape*. December, Wiley-Blackwell, p.360.
- GUERRA, A. J. T. (2011) - *Dicionário Geológico e Geomorfológico*. ed 9ª. Editora: Bertrand do Brasil - Rio de Janeiro.
- GRANELL-PÉREZ, M. del C. (2004) - *Trabalhando Geografia com as Cartas Topográficas*. 2ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 128p.il.
- INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS (2007) - *Maranhão em Dados 2005* - São Luís: IMESC.
- JENSEN, J. R. (2009) - *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. 2 ed. São José dos Campos: Parêntese, 604 p.
- LANG, S. BLACHKE, T. (2009) - *Análise da paisagem com SIG*. Tradução: Hermann Kux. - São Paulo: Oficina de Textos.
- LEFF, E. (2003) - *A complexidade ambiental*. São Paulo: Cortez.
- LEOPOLD, L. B; WOLMAN, M. G; MILLER, J. P. (1964) - *Fluvial processes in geomorphology*. San Francisco: W. H. Freeman and Company, p.215-281.
- MARANHÃO. GEPLAN-LABOGEO-UEMA. (2002) - *Atlas do Maranhão*. São Luis: Labogeo.
- MONTEIRO, C. A. (2001) - *Geossistema: a história de uma procura*. São Paulo. Contexto, 2001.

- PASSOS, M. M. dos. (1998) - Biogeografia e paisagem. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.
- PINHEIRO, C. U. B. (2003) - Estudo etnobiológicos: Baixada Maranhense. São Luís, 2000-2003. Relatório final - Universidade Federal do Maranhão / DEOLI.
- RHOADS B. L. (2006) - The Dynamic Basis of Geomorphology Reenvisioned: A process perspective on geomorphology. *Annals of the Association of American Geographers*. 96: 14-30.
- RODRIGUES, M. (1990) - Introdução ao Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 1. São Paulo. Curso In trodutório. São Paulo: EPUSP, 1990. P 1-26.
- STRAHLER, A. N. (1950) - Equilibrium theory of erosional slopes, approached by frequency distribution analysis: *Am. Jour. Sci.*, v. 248, p. 673-696, 800-814.
- STRAHLER, A. N. (1952) - Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, September, v.63, nº.9, p.923-938.
- SOTCHAVA, V. B. (1977) - O estudo de geossistemas. Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo: Ed. Lunar.
- TRICART, J. (1977) - Ecodinâmica. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Diretoria Técnica. Rio de Janeiro.
- VALERIANO, M. M. (2008) - TOPODATA: GUIA PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS GEOMORFOLÓGICOS LOCAIS. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos.
- VIEGAS, J. C. (2012) - Dinâmica da Paisagem do médio curso do Rio Pericumã, área de influência da Cidade de Pinheiro - Maranhão. Monografia apresentada ao curso de Graduação - Universidade Federal do Maranhão - São Luís.
- VIEGAS, J. C. RODRIGUES, T. C. S. PEREIRA; P. R. M. (2013) - Sazonalidade da dinâmica fluviolacustre e sua influência na paisagem da bacia do rio Pericumã, Maranhão - Brasil. In: Decimocuarto Encuentro de Geógrafos de América Latina, XIV EGAL. Lima - PERU.

ARTIGO 21

NAVEGAÇÃO INDOOR BASEADA NA REDE WIFI COMO SUPORTE A SERVIÇOS BASEADOS NA LOCALIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO NO CAMPUS DA UL

SIMÕES, Diogo¹ & CATALÃO, João²

¹ Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia - DEGGE; Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (Portugal); Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal; email: diogo.m.simoes@gmail.com

² Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia - DEGGE ; Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (Portugal); Instituto D. Luiz (Portugal); Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal; Tel: +351 217500833; email: jcatalogo@fc.ul.pt

RESUMO

Os serviços baseados na localização dos utilizadores têm tido uma grande evolução ao longo destes últimos anos. O novo desafio prende-se com a possibilidade desses serviços serem transportados de um ambiente *outdoor* para *indoor*. Variados algoritmos e técnicas de posicionamento foram desenvolvidos, através de diversas tecnologias para o cálculo de posição dos dispositivos. Alguns destes sistemas já se encontram instalados em centros de grande afluência, como os centros comerciais. Neste artigo vamos apresentar uma solução de um serviço baseado na localização em ambientes fechados, baseado na rede WiFi, para o caso do campus da Universidade de Lisboa. O trabalho desenvolvido pretende demonstrar o potencial de várias tecnologias combinadas, tendo como resultado uma aplicação móvel, desenvolvida na linguagem Android, desempenhando um serviço baseado na localização do utilizador num espaço *indoor*.

PALAVRAS-CHAVE

Serviços baseados na localização, Tecnologia WiFi, Android, Aplicações móveis, Técnicas de posicionamento *indoor*.

INDOOR LOCATION-BASED SERVICES: A CASE OF STUDY ON CAMPUS OF UL

ABSTRACT

Location-based services had a great evolution over the last few years. The new challenge lies in the possibility of these services being transported to a billboard for an indoor environment. Various algorithms and positioning techniques were developed, involving various technologies for calculating the position of the device. Some of these systems are already installed in places of heavy traffic, such as shopping centers. In this article we present a solution based on a location indoors service based on WiFi network, for the case of the University of Lisbon campus. The work aims to demonstrate the potential of several technologies combined resulting in a mobile application. This application will be developed in Android language, performing a process based on user indoor location.

KEYWORDS

Location-based services, WiFi network, Android, Mobile applications, Indoor positioning.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da cidade como elemento focal da informação para o negócio, governança e da organização social tem promovido a concentração de pessoas e bens na sua área de influência maximizando as relações entre espaço e informação. O crescimento das cidades, quer em número e tamanho, em todo o mundo é o testemunho da sua maturidade como processo dominante da organização social e económica. Em oposição ao determinismo tecnológico que previa uma dispersão da cidade no espaço, com o evoluir das tecnologias de comunicação potenciando o teletrabalho, a coevolução do espaço geográfico e eletrónico preconiza o desenvolvimento da cidade em simbiose com o crescimento das redes de telecomunicação e da aceleração das taxas de transmissão.

As cidades vão redefinindo a sua forma devido às relações comple-

xas entre capital, tecnologia e espaço [1]. Estas que beneficiaram de investimentos nos acessos físicos são agora beneficiadas com excelentes infraestruturas de TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) e são centros de conteúdos de Internet porque é na cidade que se foi acumulando o conhecimento. Neste contexto, as cidades evoluíram no sentido da concentração de serviços e pessoas com o crescimento da construção em altura como forma de suprir a dispersão no espaço favorecendo a concentração de espaços multivalências: comerciais, lazer e trabalho. Estima-se que na atualidade mais de 80% do nosso tempo é passado dentro de edifícios. Esta nova realidade representa uma oportunidade para novos negócios baseados na localização das pessoas. De facto, a concentração massiva de pessoas em espaços comuns, aliada a uma melhoria significativa das redes de comunicação, com cada vez maior largura de banda, possibilitam uma vasta gama de serviços entre os quais os serviços baseados na localização.

A localização fora de ambientes fechados, através do Sistema de Posicionamento Global, é utilizada hoje para as mais variadíssimas áreas, mais críticas como a aviação ou no auxílio de resgates, em áreas com um teor mais turístico, com um carácter mais desportivo ou mesmo até com um cariz social, como o exemplo das redes sociais. Contudo o sistema referido acima tem as suas limitações no que toca a ambientes fechados em que o sinal, que permitirá calcular a localização de um dispositivo, não chega nas melhores condições. Para combater esta limitação foram desenvolvidos diversos algoritmos baseados nas mais variadas tecnologias [2], como o Infravermelho, RFID (Radio-Frequency Identification), WLAN (Wireless Local Area Network), Bluetooth, UWB (Ultra Wide Band), entre outros.

Nos dias de hoje, a tecnologia WLAN é a mais usada por não requerer investimento em novas infraestruturas, mas sobretudo por estar disponível em dispositivos das últimas gerações da comunicação móvel. Estes dispositivos estão cada vez mais presentes no quotidiano das pessoas, sendo considerado em muitos casos imprescindível, devido às suas mais variadas utilizações.

No entanto, a tecnologia WLAN tem algumas limitações, sobretudo em

espaços fechados, devido à complexidade da construção dos edifícios, com todos os elementos presentes a representarem um obstáculo na propagação do sinal Wifi. Tudo isto, aleado a uma deficiente distribuição dos pontos de acesso, ao longo do edifício, pode revelar-se uma dificuldade na estimação da localização do dispositivo. Para combater algumas destas limitações, são usadas diversas técnicas matemáticas, como no caso do algoritmo de posicionamento *indoor* baseado na rede Wifi [3], que através de uma das técnicas de Trilateração, utilizando a força do sinal, para estimar a localização do dispositivo, envolve posteriormente o filtro de Kalman e o Método do Mínimo dos Quadrados que permite melhorar a precisão da localização do dispositivo móvel. Existem ainda outras técnicas de localização em ambientes fechados [2] [4] [5], como a Triangulação, por análise de todo o ambiente envolvente e por Proximidade. A técnica de análise de todo o ambiente envolvente é também conhecida por utilizar o processo de Fingerprinting [6], em que o dispositivo reconhece pontos específicos do ambiente em que se encontra e assim estima a sua localização. Em sistemas que usam esta técnica existe uma base de dados em que são guardados pontos de localização recolhidos a priori. Aquando do cálculo das coordenadas da localização do dispositivo, é estimado a mesma, com base nos pontos recolhidos anteriormente.

Este documento será dividido por tópicos e subtópicos. No primeiro tópico será apresentado e abordado o tema, sendo explicitados todos os detalhes do mesmo. No segundo tópico será apresentado todas componentes e características do sistema, sendo este dividido em componentes, correspondendo a subtópicos. Por último e com o título de Discussão e Conclusão serão discutidos resultados e as respetivas conclusões.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

A massificação do uso de dispositivos móveis e a sua evolução, no que toca à comunicação com dispositivos não móveis potenciou o desenvolvimento de novas formas de negócio baseadas na mobilidade, como os serviços baseados na localização (Location Based Services).

Como tal, e para dar resposta ao problema apresentado na secção

anterior, decidimos criar uma aplicação capaz de dar auxílio à navegação *indoor* e *outdoor* por parte de utilizadores, através dos seus dispositivos móveis. Esta cruzará várias tecnologias existentes, com o intuito de podermos analisar todo o processo, encontrando assim soluções mais eficientes no que toca à orientação e posicionamento dos utilizadores em ambientes fechados.

Como parte integrante deste grupo de utilizadores estarão certamente turistas que necessitem de auxílio na navegação dentro de um museu ou mesmo num aeroporto ou então, estudantes que necessitem de se deslocar dentro de um campus de uma universidade. Outra parte dos utilizadores que poderão usufruir da aplicação serão todos os clientes que desejem fazer compras num supermercado, ou num centro comercial, onde serão guiados até aos locais ou produtos desejados.

Todo este trabalho centrou-se no contexto da deslocação *indoor* e *outdoor* de um aluno que desconhece o campus ou mesmo um professor visitante, que pode necessitar o fornecimento de alguns pontos de interesse dentro do campus da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Este serviço pode consistir, também, no aviso de proximidade ou na comunicação de informação contextualizada (como eventos, menus de refeições, etc).

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Nos subtópicos abaixo será dado uma visão de todas as ferramentas e tecnologias que foram utilizadas no decorrer do trabalho efetuado.

3.1. Ferramentas Utilizadas

Para a elaboração de todo o sistema foi necessário a utilização de um conjunto de ferramentas tanto a nível de *Software*, como a nível de *Hardware*. Para enumerar as ferramentas utilizadas vamos dividir todo o Sistema em três grandes componentes, o Cliente - Aplicação móvel, o Servidor e a Base de Dados.

Primeiramente toda a componente do Cliente - Aplicação foi desenvolvida no ambiente da linguagem de programação Java para poder

correr em dispositivos com Sistema Operativo Android, sendo todo o seu código elaborado e compilado através do *Software Eclipse IDE for Java Developers*, com a versão *Helios Service Release 2*. Os dispositivos móveis usados para testar a aplicação foram o *tablet Samsung Galaxy Tab 10* e o *smartphone LG Google Nexus 5*.

Toda a componente do Servidor foi desenvolvida num ambiente da linguagem de programação Java SE 1.7, sendo elaborado e compilado o seu código através do *Software Eclipse IDE for Java Developers*, com a versão *Helios Service Release 2*.

Para a disponibilização dos mapas para a interface da aplicação foi utilizado o software *ArcGIS Server*, instalado numa máquina com IP público.

Por fim a componente da Base de Dados foi criada através do *Software PostgreSQL 9.2* com extensão *PostGIS 2.0*.

Tanto a componente referente à Base de Dados, como a componente do Servidor, tiveram como base de *Hardware* um computador incorporado com as seguintes características, um processador *Intel Core i3 2120 CPU 3.30 GHz*, uma memória RAM de 4 Gb e com o sistema operativo Windows 7 Professional 32-Bit.

3.2. Infraestrutura do espaço de estudo

À semelhança do que acontece com a maioria de todos os campus universitários, o edifício C8, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, está equipado com um conjunto de Pontos de Acesso (AP), espalhados por todo o edifício, de modo a cobrir a maior parte de todos os locais do edifício, como mostra a Figura 1.

Estes dispositivos, AP, permitem a interconexão entre dispositivos móveis, possibilitando o acesso à rede da Universidade e consequentemente à rede da Internet. A interconexão com os dispositivos móveis é efetuada com recurso à tecnologia WiFi, que permite que os dispositivos se conectem, entre si, sem o recurso a cabos. Para que todos os dispositivos móveis se possam conectar aos AP espalhados pelo edifício é necessário que captem as ondas eletromagnéticas emitidas por cada AP. Cada dispositivo móvel está, segundo intervalos de tempo predefinidos, a

medir a intensidade do sinal de todos os AP que recebe, avaliando assim o melhor ponto de acesso para se conectar.

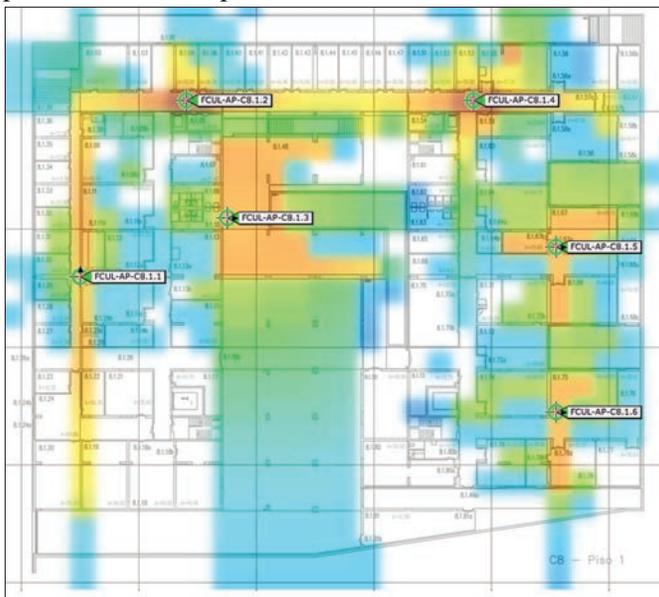


Figura 1 - Modelo de propagação do sinal WiFi no edifício do C8

Todos os AP são identificados com um identificador único, o *MAC Address*, que permite univocamente identificar a qual dos AP, qualquer dispositivo móvel está conectado. Para um utilizador comum este identificador não será relevante, no entanto, no contexto do sistema a criar vai ser de extrema importância. Esta informação torna-se crucial para o sistema uma vez que vai servir de identificador na Base de Dados, onde estão guardados todos os *MAC Address*, de cada AP. Cada entrada na Base de Dados relativa a cada um dos AP terá associado um par de coordenadas, Latitude e Longitude, que permitirá identificar o local da instalação do AP.

3.3. Arquitetura do Sistema

Como é mostrado na Figura 2, todo o Sistema é dividido em três componentes distintas, a componente do Cliente, do Servidor e da Base de Dados.

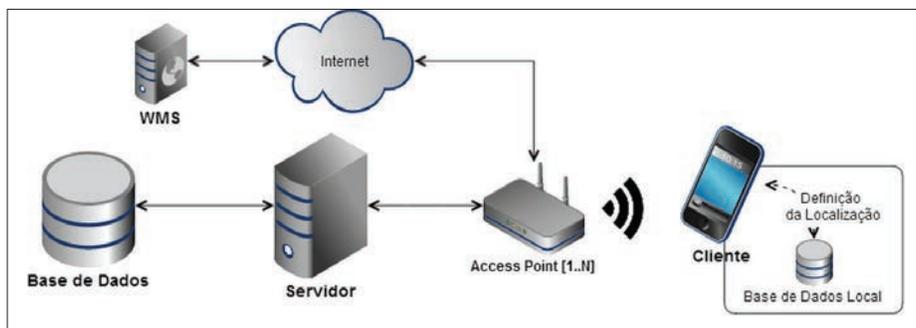


Figura 2 - Modelo de Arquitetura do Sistema

3.4. Componentes do Sistema

Neste subtópico serão explicadas cada componente do sistema.

3.4.1. Cliente Aplicação

A componente do Cliente é constituída por uma aplicação móvel, que permite aos utilizadores poderem usufruir de todo o Sistema de Navegação e por uma Base de Dados Local, disponibilizada através de uma biblioteca existente para o Android, chamada SQLite.

Esta biblioteca é responsável por todas as operações de escrita e leitura efetuadas na Base de Dados criada e presente no disco do dispositivo.

Como explicado, na secção anterior, todos os AP terão de estar armazenados numa base de dados com informação acerca do seu identificador, MAC Address e informação da sua localização. A tecnologia do SQLite vai permitir que toda essa informação possa ser armazenada no disco do dispositivo, para que assim possa ser evitada uma chamada à Base de Dados do Servidor. Todo este processo vai tornar mais eficiente a execução da aplicação.

A aplicação móvel tem como interface um mapa, do edifício, que é disponibilizado através do formato *Web Mapping Service* (WMS), presente no software *ArcGIS Server*. Toda esta interação será explicada no subtópico referente à componente do Servidor.

O cálculo da posição do utilizador será efetuada, também, na componente do Cliente. Este cálculo terá diferentes variáveis que foram

calculadas e definidas com base em experiências efetuadas ao longo do processo de desenvolvimento.

Para o cálculo da posição do utilizador foi necessário estabelecer uma relação entre a intensidade do sinal recebido no dispositivo e a distância do mesmo ao AP, a que está ligado.

Esta relação pode ser traduzida através de um modelo *Power Law* [7], enunciado na página 3, do artigo referenciado, através a equação seguinte:

$$\text{RSSI [dBm]} = -10n \log_{10} (d) + A \text{ [dBm]} \quad (1)$$

Onde, n é a variável que representa a perda de intensidade do sinal proveniente dos AP, A é a intensidade de sinal medido no dispositivo a 1 metro do AP, RSSI é o valor de intensidade medido no momento do cálculo e d é a distância estimada do dispositivo ao AP.

Com base na equação 1 a distância é calculada, resolvendo a equação em ordem a d , obtendo-se assim a distância a que o dispositivo está do AP.

Com a distância, entre o dispositivo e o AP, definida, através da equação 1, é necessário calcular as coordenadas exatas do utilizador. Para isso teremos de, às coordenadas do AP, somar a distância deste ao utilizador.



Figura 3 - Figura de uma dos ecrãs da aplicação, com as layers obtidas através de WMS

3.4.2. Servidor

Como em todos os sistemas do tipo Cliente - Servidor, a componente do Servidor reserva um papel muito importante para o bom funcionamento do sistema. Esta componente tem o papel de estabelecer comunicação com a componente do Cliente, a aplicação móvel, processar todos os pedidos vindos do mesmo e ainda estabelecer comunicação com a componente da Base de Dados.

Nesta parte do sistema está incluído um serviço que é prestado através do *Software ArcGIS Server*. Este serviço será responsável por disponibilizar, no formato de imagem de todos os mapas, tanto do exterior como do interior do edifício. Estes são disponibilizados através da especificação do formato WMS. O WMS é uma especificação de formato que fornece uma interface (HyperText Transfer Protocol) HTTP simples para solicitar imagens de mapas. Cada pedido WMS define uma *layer* geográfica e uma área de interesse para ser processado. Como resposta ao pedido é enviado uma ou mais imagens, no formato de JPEG, PNG, etc. Estas imagens vão ser interpretadas e exibidas por um navegador web ou então, como no caso, por uma aplicação Android. Podem ser solicitadas várias *layers*, sobrepondo-se assim umas às outras, aquando a exibição das mesmas.

3.4.3. Base de Dados

Para que o utilizador pudesse obter informação sobre as áreas e os espaços que o rodeavam, foi necessário criar uma Base de Dados com toda a informação dos pontos de interesse presentes no edifício do objeto de estudo.

Toda a informação presente na tabela da Base de Dados foi carregada através do programa *PostGIS 2.0 Shapefile and DBF Loader* que permite, através de um ficheiro do tipo *shapefile*, carregar dados para uma tabela previamente criada. A tabela será constituída pelos campos integrados no ficheiro *shapefile*.

A Base de Dados criada para armazenar os pontos de interesse, ao longo do edifício, é constituída apenas por uma tabela. Esta é constituída por campos que caracterizam os pontos de interesse, como por exemplo, as suas coordenadas e a descrição do local.

3.5. Funcionamento do Sistema

Aquando da iniciação da aplicação é criada uma ligação entre a componente do Cliente e o programa do Servidor para que possam ser transferidos dados entre estas duas componentes. O canal desta ligação permanece sempre aberto enquanto a aplicação estiver em execução.

Em simultâneo é criada uma tarefa de examinação de todos os Pontos de Acesso presentes no raio de cobertura do dispositivo, para que se possa ser identificado o AP a que o dispositivo está conectado. Após essa análise é identificado o AP, através da intensidade da força do sinal que é recolhido pelo dispositivo. Através das propriedades do AP selecionado, será recolhido o *MAC Address* do mesmo, que posteriormente será enviado para a Base de Dados Local. Esta transação será finalizada com a obtenção das coordenadas do AP correspondente ao *MAC Address* selecionado. Estas coordenadas e a distância calculada, através da intensidade do sinal que chega ao dispositivo, serão utilizadas para calcular a posição geográfica do utilizador.

Enquanto o ponto da localização do utilizador é mostrado no ecrã do dispositivo, está em curso uma tarefa que terá como objetivo obter todos os pontos de interesse perto da localização do utilizador.

A ligação criada com o Servidor, aquando da iniciação da aplicação, é agora utilizada para enviar as coordenadas da localização do utilizador. Estas ao chegarem à componente do Servidor são embebidas numa *query* SQL (*Structured Query Language*), previamente criada, para que esta possa ser interpretada pela Base de Dados que contém todos os Pontos de Interesse. De referir, que a Base de Dados criada e instalada no computador do Servidor está em constante funcionamento, o que permite à componente do Servidor criar ligações quando existir dados de Pontos de Interesse a serem recolhidos.

A Base de Dados ao processar todo o pedido efetuado, devolverá informação acerca dos Pontos de Interesse selecionados. Essa informação incluirá as coordenadas do ponto, bem como a descrição do mesmo. Os Pontos de Interesse irão estar dentro de um raio (em metros) definido na *query* efetuada pelo Servidor.

Após a receção da informação por parte do Servidor, este envia no-

vamente os resultados dos Pontos de Interesse, para a aplicação, que interpreta todos os dados e como mostra a Figura 4, exibe-os no ecrã sobre a forma de *ícons* no mapa.



Figura 4 - Figura com os ícons dos pontos de interesse, bem como a localização do dispositivo

Através da imagem acima ilustrada, podemos verificar que com o *ícon* a preto temos a localização do utilizador e com os *ícons* a vermelho os pontos de interesse.

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Com este modelo de arquitetura, podemos perceber que neste momento todas as alterações que possam existir na componente do Cliente, não irão afetar o funcionamento de todo o Sistema. Esta abstração foi possível com a base de dados instalada no dispositivo. Deste modo, a informação referente à localização dos AP do edifício, armazenada nessa base de dados é estática, ou seja não irá sofrer mudanças. Uma das razões para que a informação referente aos pontos de interesse não seja armazenada na base de dados do dispositivo é que todos estes pontos têm uma grande probabilidade de serem alterados. Isto poderá acontecer num contexto

em que os pontos de interesse sejam salas de aula em que ano após ano há uma remodelação das aulas lecionadas em cada sala.

5. CONCLUSÃO

Um dos grandes objetivos deste trabalho consistia na integração de diferentes tecnologias e ferramentas no desenho de uma solução eficiente para a navegação indoor. Como podemos verificar, no subtópico do Funcionamento do Sistema, conseguimos relacionar todas as tecnologias e obter assim um resultado satisfatório.

Na aplicação desenvolvida evidenciou-se o potencial da integração de sistemas de posicionamento baseados na rede WiFi, a consulta em mobilidade de serviços WMS e da interação dos dispositivos móveis com bases de dados espaciais para fornecimento de serviços baseados na localização em tempo real.

BIBLIOGRAFIA

- GRAHAM, Stephen & Marvin, Simon (2001) - “Splintering Urbanism”, Routledge, London.
- HIGHTOWER, Jeffrey & Borriello, Gaetano (2001) - “Location Sensing Techniques”, IEEE Computer, Junho 2001.
- ABOODI, Ahed & Tat-Chee Wan (2012) - “Evaluation of WiFi-based Indoor (WBI) Positioning Algorithm”, in Mobile, Ubiquitous, and Intelligent Computing (MUSIC), 2012 Third FTRA International Conference, Vancouver, Canadá, 26-28 June 2012, 260 264.
- BALLAZHI, Rilind - “Wireless Indoor Positioning Techniques”, in Communication Systems V, B. Stiller *et al.* (Eds.), Zürich, Switzerland, 54 68
- HUI, Liu & Houshang, Darabi & Banerjee, Pat & Jing, Liu (2007) - “Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems”, in Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on Volume 37, Issue 6, Nov. 2007, 1067 - 1080
- LANDU JIANG (2012) - “A WLAN Fingerprinting Based Indoor Localization Technique”, Lincoln, Nebraska, Julho, Dissertação apresentada à Universidade de Nebraska Lincoln
- OGUEJIOFOR O.S., Okorogu V.N., Adewale Abe, Osuesu B.O (2013) - “Outdoor Localization System Using RSSI Measurement of Wireless Sensor Network”, in International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Volume-2, Issue-2.

ARTIGO 22

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS SIG E SERVIÇOS EM *CLOUD* NA AVALIAÇÃO DO RISCO: APLICAÇÃO À VULNERABILIDADE ESTRUTURAL A PROCESSOS DE INUNDAÇÃO

*SANTOS, Pedro Pinto dos*¹, *BARROS, José Leandro*² & *TAVARES, Alexandre Oliveira*³

¹ Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra (Portugal); Colégio de São Jerónimo, 3001-401 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 855570; Fax: +351 239 855589; email: pedrosantos@ces.uc.pt

² Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra (Portugal); Colégio de São Jerónimo, 3001-401 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 855570; Fax: +351 239 855589; email: joseleandrobarros@gmail.com

³ Departamento de Ciências da Terra e Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra (Portugal); Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 860566; Fax: +351 239 860501; email: atavares@ci.uc.pt

RESUMO

Partindo de dois projetos de investigação científica que têm em comum a realização da avaliação da vulnerabilidade do território aos efeitos de inundação por *tsunami* e por inundação estuarina agravada por *storm surge*, o trabalho que se apresenta descreve a metodologia e mais-valias da utilização de tecnologias de informação geográfica nesse processo de avaliação. Concretamente, descreve-se o recurso a soluções de Sistemas de informação geográfica e Sistemas Globais de Navegação por Satélite (*Collector for ArcGIS*®) a partir de dispositivos móveis (*tablet* e *smartphone*) para efetuar levantamento de dados no campo, com apoio de bases de dados partilhadas a partir de serviços em *cloud* (*ArcGIS Online*). O trabalho realizado até ao momento demonstra o elevado valor destas ferramentas na aquisição, integração, manipulação e visualização de dados específicos para a avaliação da vulnerabilidade estrutural dos edifícios face aos processos de perigo, bem como o seu

potencial de integração no planeamento e nas operações de socorro e de emergência de proteção civil.

PALAVRAS-CHAVE

Serviço SIG em *cloud*, Trabalho de campo, Vulnerabilidade, *Tsunami*, Inundação.

USE OF GIS TECHNOLOGIES AND CLOUD SERVICES IN RISK ASSESSMENT: APPLICATION TO STRUCTURAL VULNERABILITY TO FLOODING PROCESSES

ABSTRACT

From the starting point of two scientific research projects, that have in common the realization of vulnerability assessments to the effects of flooding from tsunami and river flooding aggravated by storm surge, the presented paper describes the methodology and advantages of using geographic information technologies in the evaluation process. Specifically, we describe the use of solutions of Geographic Information Systems and Global Navigation Satellite Systems (Collector is ArcGIS®) from mobile devices (tablets and smartphones) to perform field data collection, with the support of databases shared through cloud services (ArcGIS Online).

The work conducted until the moment highlights the high value of these tools in the acquisition, integration, manipulation and visualization of specific data to the assessment of structural vulnerability of buildings, in the face of the mentioned hazardous processes, as well as its potential for integration in civil protection emergency planning and relief operations.

KEYWORDS

GIS cloud service, Field work, Vulnerability, Flooding, Tsunami.

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos domínios científicos apresenta, sob um ou outro prisma, uma dimensão espacial. Nas Ciências do Risco, como esfera do conhecimento marcada por elevada transdisciplinaridade e aplicabilidade ao território, esta dimensão está indelevelmente bem marcada (TAVARES, 2013).

Os avanços das últimas duas décadas na área das tecnologias de informação, ainda que, em alguns casos não inicialmente vocacionados para aplicações geográficas, cedo revelaram o seu potencial para tal utilização, pelas mais-valias em tempo, custo económico e eliminação de

erros - sobretudo aqueles associados à conversão de dados em formato analógico recolhidos em campo, para formato digital - que proporcionam (LONGLEY *et al.*, 2005). De entre os avanços mais recentes destaca-se o recurso a computação e armazenamento em *clouding* (XIAOQIANG & YUEJIN, 2010) e o desenvolvimento de novas aplicações para sistemas operativos, como *Android*®, que correm em dispositivos móveis. De acordo com Naghavi (2012), as principais vantagens dos serviços em *cloud* consistem na agilidade, acessibilidade aos recursos, partilha e disponibilização, confiabilidade, escalabilidade e facilidade de manutenção.

O acoplamento destas novas ferramentas com outras pré-existentes, como sejam os Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) e os Sistemas de informação geográfica (SIG), permite eficientes e poderosas arquiteturas de aquisição, integração, manipulação e visualização de dados geográficos (YANG *et al.*, 2011; GOODCHILD, 2012).

A disseminação de dispositivos móveis com acesso a georreferenciação fornecida por GNSS, como sejam os *smartphones* ou *tablets*, permite soluções de maior versatilidade e menor custo na aquisição e integração de informação geográfica em campo, quando comparadas com soluções baseadas em estações e recetores de GNSS - que recorrem por vezes a aplicações dispendiosas como *ArcPad*® - nas situações em que a elevada precisão planimétrica e altimétrica não são um requisito.

O trabalho que se apresenta constitui um exemplo de aplicação de tecnologias de informação geográfica (TIG), recorrendo a serviços em *cloud*, num processo de avaliação da vulnerabilidade estrutural em áreas costeiras, conduzido a partir de dois projetos de investigação científica na área dos riscos naturais. Os sistemas costeiros e estuarinos são ambientes dinâmicos por natureza (CARTER, 1988), mesmo na ausência de processos extremos, sobre os quais a presença e intervenção humana atuam a dois níveis: agravamento da perigosidade - retenção de sedimentos nas albuferas das barragens, alteração do balanço sedimentar, etc. (e.g. FREIRE *et al.*, 2007) - e da vulnerabilidade, dada a localização face aos processos de perigo (e.g. SANTOS & KOSHIMURA, 2013).

Após a enunciação dos objetivos e objetos de análise comuns e diferenciadores dos dois projetos de investigação, descreve-se a estrutura

das matrizes de campo e o recurso à *cloud* ESRI para a recolha de dados. Por fim, apresentam-se os resultados preliminares obtidos, realçando o papel das TIG no apoio ao trabalho de campo, conducente à concretização do objetivo de caracterização e diferenciação da vulnerabilidade do território. Na sequência dos trabalhos em desenvolvimento posiciona-se a agregação da informação produzida a um nível superior como seja a unidade territorial estatística - subsecção e secção estatística, e freguesia.

2. OBJETIVOS E OBJETOS DE ANÁLISE

O trabalho em desenvolvimento está enquadrado em dois projetos de investigação científica em curso: “TSURIMA - Gestão do risco de *tsunami* para o ordenamento do território e a proteção civil” (RISKAM, 2014), e “MOLINES - Modelação da inundação em estuários: da avaliação da perigosidade à gestão crítica” (LNEC, 2014), financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia. O projeto TSURIMA tem por objetivo proceder à modelação numérica da inundação por *tsunami*, avaliar a vulnerabilidade do território das áreas afetadas e propor estratégias de planeamento de emergência e de ordenamento do território adaptadas aos diferentes cenários de risco. O projeto MOLINES apresenta de um modo geral a mesma sequência metodológica porém, aplicada ao risco de inundação estuarina - componente mareal - agravada por processos de *storm surge*, i.e., sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica, e pelo efeito da drenagem urbana.

A área de estudo do projeto TSURIMA consiste nos concelhos de Albufeira, Figueira da Foz, Setúbal e Vila do Bispo. O projeto MOLINES tem por área de estudo o estuário do Tejo desde os concelhos de Vila Franca de Xira e Benavente, a montante, até aos concelhos de Oeiras e Almada, a jusante.

3. METODOLOGIA

A metodologia que serve de base ao presente artigo pode ser dividida em duas fases distintas: a primeira foi realizada essencialmente

em ambiente *desktop* e a segunda centrou-se na realização de trabalho de campo. O processo metodológico aqui apresentado foi aplicado nos projetos MOLINES e TSURIMA. Ambos os projetos pretendem avaliar o edificado potencialmente afetado por inundações. No caso do MOLINES pretende-se avaliar os processos de inundação em margens estuarinas, incluindo os processos de sobrelevação meteorológica conjugados com o efeito da maré, e a drenagem urbana. No que concerne ao TSURIMA pretende-se avaliar os edifícios potencialmente afetados por inundação devido a *tsunami*, tendo por base a modelação numérica do *tsunami* de 1 de Novembro de 1755.

Para tal foi necessário recolher e seleccionar com base na bibliografia e na opinião de peritos um conjunto de parâmetros intrínsecos ao edifício e à sua área envolvente que auxiliassem na avaliação da sua vulnerabilidade. Deste processo resultou a construção de matrizes de avaliação de campo para os dois projetos, atendendo às especificidades de cada um. Devido à diferença na escala de análise, a área envolvente considerada no projeto TSURIMA agrega-se à área de inundação e no projeto MOLINES à subsecção estatística. Concretamente, a matriz de avaliação de campo para os edifícios apresenta um total de 11 parâmetros no projeto MOLINES e um total de 13 parâmetros no projeto TSURIMA, relacionados com estrutura, função, ocupação e flutuação ocupacional do edifício e suas unidades de utilização, ou alojamentos (Tabela 1). A área envolvente é descrita segundo 5 parâmetros tanto na matriz do projeto MOLINES, como na matriz do projeto TSURIMA (Tabela 2). As diferenças advêm do facto de que existem parâmetros específicos para a inundação por *tsunami* que não têm relevância para a inundação estuarina, relacionados com a diferente hidrodinâmica de cada processo. Nestas matrizes descreve-se a ocupação do solo predominante na área envolvente - secção ou subsecção estatística -, os elementos sensíveis e de capacidade de suporte existentes (lares de terceira idade, centros de saúde, quartéis de bombeiros, etc.) e as características do *fabric* urbano, e de elementos de proteção natural e estrutural.

Tabela 1 - Parâmetros de avaliação dos edifícios, propostos nos projectos TSURIMA e MOLINES

	TSURIMA	MOLINES
Forma de desenvolvimento do edificado em planta	x	x
Altura emersa do edifício em relação à inundação/onda	x	x
Nº de pisos	x	x
Material de construção	x	x
Ano de construção	x	
Estado de conservação	x	x
Hidrodinâmica r/c	x	x
Existência de pisos subterrâneos	x	x
Tipo de fundação	x	
Forma de ocupação	x	x
Nº de unidades de utilização	x	x
Nº médio diário de pessoas presentes ou visitantes por unidade de utilização	x	x
Flutuação de ocupação	x	
Permanência à exposição		x

Tabela 2 - Parâmetros de avaliação da área envolvente, propostos nos projectos TSURIMA e MOLINES

	TSURIMA	MOLINES
Morfologia da área inundada	x	
Consolidação dos materiais geológicos	x	
Declive médio	x	
Distância à linha de costa	x	
Uso e ocupação do solo	x	x
Capacidade de suporte		x
Presença de objectos móveis entre a linha de costa e os edifícios		x
Presença de elementos de proteção intermédios entre a linha de costa e os edifícios em análise		x
Qualificação urbana e capacidade de fluxo		x

A matriz apresenta um conjunto de atributos intrínsecos a cada parâmetro e atribui a cada atributo um determinado valor que traduz a maior ou menor contribuição do mesmo para a vulnerabilidade do edifício analisado.

Após a definição da matriz foi necessária a criação de uma base de dados que serviu de ponto de partida para a criação de fichas de campo em formato SIG o que permitiu o levantamento *in loco* dos vários atributos da matriz. Esta base de dados foi realizada recorrendo ao *software ArcGIS®* versão 10.2, tendo sido criada uma *feature* associada à base de dados. Os serviços fornecidos por *cloud computing* constituem uma das principais inovações na área das TIG (NAGHAVI, 2012). Fazendo uso deste tipo de serviços, recorreu-se ao portal *ArcGIS Online* com o intuito de fazer o *upload* na nossa base de dados para a *cloud* da ESRI para que ela estivesse disponível *online* para posterior preenchimento e *upload* a partir do campo (Figura 1 e 2). Como se observa, neste momento o conteúdo do mapa consiste numa *geodatabase* com o nome “SeixalFW”, a qual tem uma *feature* de nome “Edifícios”, e uma imagem ou *basemap* fornecida por serviço WMS (neste caso, *World Imagery*).

Após a criação da base de dados e o seu *upload* na *cloud* foi possível passar à fase de elaboração do trabalho de campo. No terreno foi utilizado um *tablet Samsung®* com tecnologia *Android®* e com a aplicação *Collector for ArcGIS®* instalada no dispositivo móvel. Esta aplicação permite realizar o *download* da base de dados criada em ambiente *desktop*, de modo a se proceder ao preenchimento *in loco* dos diferentes parâmetros dos edifícios potencialmente afetados. Adicionalmente, a aplicação utilizada permite a associação de fotografias a cada elemento da base de dados, bem como a recolha de outras observações exteriores à mesma, com base na localização providenciada pelo Sistema Global de Navegação por Satélite, no caso, o *Global Positioning System* (GPS). Após a realização desta tarefa os dados recolhidos no terreno são guardados na *cloud* para posterior utilização no ambiente *desktop*.

Com o levantamento de campo finalizado e o tratamento da base de dados terminada, são realizados um conjunto de outputs que se traduzem na produção de cartografia diversa que apresenta os diversos parâmetros

da matriz recolhidos e que auxiliam na análise e avaliação do edificado potencialmente afetado.



Figura 1 - Resumo do mapa criado em ambiente *cloud* no *ArcGIS Online* para recolha de dados no campo

A disponibilização dos dados na *cloud* permite não só a atualização dos dados pelos vários intervenientes no trabalho de campo, como também a partilha para os diferentes *stakeholders*. Esta capacidade permite o desenvolvimento de um trabalho integrado e corporativo com os diferentes atores locais, permitindo a inserção de novos dados e atualização dos já existentes. Esta potencialidade de alojamento e partilha através da *cloud* permite o envolvimento de todas as partes no processo de análise e avaliação da vulnerabilidade e no desenvolvimento e adoção de medidas de mitigação do risco.

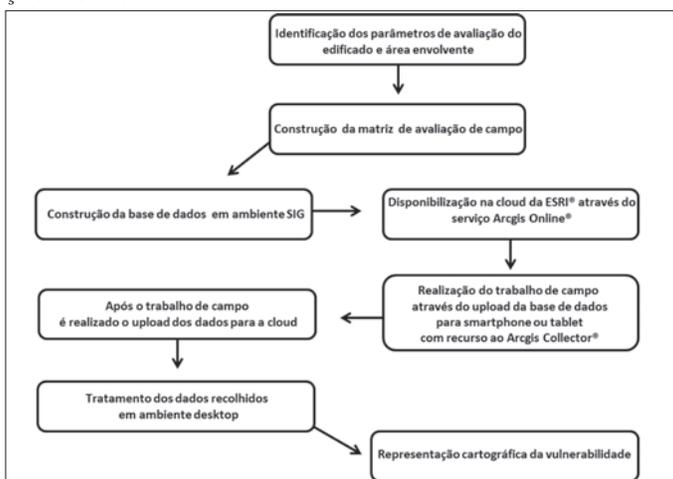


Figura 2 - Representação gráfica da metodologia aplicada na recolha de dados do trabalho de campo

4. RESULTADOS

A tipologia do parque habitacional consiste numa característica relevante no âmbito dos dois projetos de investigação indicados. Com efeito, os edifícios residenciais fazem parte dos elementos expostos mais frequente e severamente afetados diretamente por *tsunami* e inundação estuarina. Tratam-se igualmente de elementos vulneráveis em termos de valor económico por unidade de superfície (DE MOEL & AERTS, 2011). Ademais, os edifícios redirecionam o seu efeito para a dimensão das perdas pessoais (morte, ferimento, desalojamento e evacuação). As matrizes de avaliação de campo expressam essa relevância em ambos os projetos, com ligeiras diferenças ao nível dos campos e atributos. A Figura 3 ilustra um *output* preliminar produzido no âmbito do projeto MOLINES que combina a altura dos edifícios com a hidrodinâmica do piso térreo, em duas subsecções estatísticas da área do Núcleo Urbano Antigo do Seixal. Os edifícios com um único piso - não considerando os restantes parâmetros - são teoricamente os mais vulneráveis porquanto não permitem quer a evacuação e permanência de pessoas quer a mobilização do recheio das habitações para outros pisos dentro do mesmo edifício. O cruzamento dos diversos parâmetros irá permitir uma adequada caracterização da vulnerabilidade do edificado.



Figura 3 - Representação da altura do edificado e da hidrodinâmica do piso térreo a partir de dados recolhidos com a aplicação *Collector for ArcGIS®* instalada em dispositivo móvel (Projeto MOLINES)

Várias metodologias abordam a temática da vulnerabilidade de edifícios face a *tsunamis* (PAPATHOMA *et al.*, 2003; PAPATHOMA & DOMINEY-HOWES, 2003; DOMINEY-HOWES & PAPATHOMA, 2007; DALL’OSSO *et al.*, 2009; KAPLAN *et al.*, 2009; DALL’OSSO *et al.*, 2010; ANPC, 2010; OMIRA *et al.*, 2010; LEONE *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2011; ISMAIL *et al.*, 2012; BARROS *et al.*, 2013; EMÍDIO *et al.*, 2013), recorrendo a um conjunto de parâmetros intrínsecos aos edifícios, recolhidos com base em análise de imagens de satélite e avaliação *in loco* das características dos edifícios. Estas metodologias consideram um conjunto de parâmetros mais limitado em comparação com a metodologia preconizada pelo projeto TSURIMA, na qual se condensaram e acrescentaram parâmetros não considerados anteriormente, resultando num total de 13 parâmetros diretamente relacionados com o edificado. A Figura 3 dá a conhecer a expressão cartográfica de um desses parâmetros que é o “estado de conservação”. O presente levantamento foi efetuado na praia da Salema, Vila do Bispo, onde foram identificados um total de 44 edifícios potencialmente afetados.



Figura 3 - Representação do estado de conservação dos edifícios a partir de dados recolhidos com a aplicação *Collector for ArcGIS*® instalada em dispositivo móvel (Projeto TSURIMA)

A análise e avaliação *in loco* dos diferentes edifícios e dos parâmetros intrínsecos a cada um deles torna-se fundamental para o processamento da avaliação da vulnerabilidade estrutural dos edifícios face a *tsunamis*. No que concerne especificamente ao parâmetro apresentado na Figura 3 a sua análise foi realizada com base em quatro classes (não degradado; pouco degradado; degradado do ponto de vista estrutural; muito degradado ou em ruína). Segundo Dall’Osso *et al.*, (2009) a introdução deste parâmetro na análise é importante pois permite identificar os edifícios em pior estado de conservação, ou seja, mais suscetíveis a sofrer danos elevados face a *tsunamis*, nomeadamente se apresentarem graves deformações ou falhas estruturais importantes. No que respeita à área da praia da Salema pode concluir-se que 57% dos edifícios analisados são identificados como “não degradado”, 25% como “degradado do ponto de vista estrutural”, 14% como “pouco degradado” e 4% como “muito degradado ou em ruína”.

5. CONCLUSÕES

A utilização de tecnologias de informação geográfica descrita a partir do trabalho desenvolvido nos projetos TSURIMA e MOLINES permite concluir sobre as vantagens do recurso a serviços SIG em *cloud* no apoio ao trabalho de campo. A mais-valia destes serviços obtém-se pelo seu acoplamento a aplicações SIG, tais como o *Collector for ArcGIS®*, que correm em dispositivos móveis. Posteriormente, evidencia-se a facilidade de partilha de dados entre os diferentes utilizadores da organização e, subsequentemente, caso entendível, com a comunidade geográfica em geral através do serviço *ArcGIS Online*. Finalmente, realça-se a futura integração dos dados recolhidos com outras fontes de informação relacionadas com a caracterização da vulnerabilidade, em ambiente SIG. Neste aspeto, merece referência a integração com os dados censitários que, desde o XIV Recenseamento Geral da População, de 2001, são disponibilizados com associação à Base Geográfica de Referência da Informação (BGRI) ao nível da subsecção estatística, num total de 128 variáveis relativas à demografia, educação, edificado, condições dos alojamentos, composição

do agregado familiar, emprego e mobilidade.

O cruzamento dos dados recolhidos ao nível do edifício com os dados caracterizadores do território envolvente permite uma avaliação pormenorizada da vulnerabilidade aos processos de perigo. Neste sentido, as ferramentas utilizadas têm um potencial elevado de utilização no apoio às operações de socorro e de planeamento de emergência de proteção civil.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Factores de Competitividade - COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito dos projetos «TSURIMA - Gestão do risco de *tsunami* para o ordenamento do território e a proteção civil» (PTDC/CS-GEO/118992/2010), e «MOLINES - Modelação da inundação em estuários: da avaliação da perigosidade à gestão crítica» (PTDC/AAG-MAA/2811/2012).

BIBLIOGRAFIA

- ANPC (2010) - “Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve (ERSTA)”. Autoridade de Protecção Civil. 85 pp. Disponível online no endereço url: <http://www.prociv.pt/Pages/detalhe4.aspx?IDitem=58> (acedido em 1 fevereiro, 2014).
- CARTER, Richard W. G. (1988) - Coastal environments. Academic Press, Londres, 617 p.
- de MOEL, Hans & AERTS, Jeroen (2011) - “Effect of uncertainty in land use, damage models and inundation depth on flood damage estimates”. Natural Hazards, Vol. 58, 407-425. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11069-010-9675-6#page-1> (acedido em 3 fevereiro, 2014).
- BARROS, José Leandro *et al.* (2013) - “Metodologias de avaliação da vulnerabilidade ao risco de tsunami: aplicação ao sector costeiro Cova Gala - Leirosa; Figueira da Foz”. Pinto Correia, T.; Henriques, V.; Julião, R.P. (Eds.), IX Congresso da Geografia Portuguesa - Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência, p. 839-845, Evora, Portugal, 28-30 Novembro, 2013. ISBN:978-972-99436-6-9. Disponível online no endereço url: <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/tsurima/publications> (acedido em 1 fevereiro, 2014).

- DALL'OSSO, Filippo *et al.* (2009) - "Applying and validating the PTVA-3 Model at the Aeolian Islands, Italy: assessment of the vulnerability of buildings to tsunamis". *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 1547-1562, doi:10.5194/nhess-10-1547-2010. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/1547/2010/nhess-10-1547-2010.html> (acedido em 5 fevereiro, 2014).
- DALL'OSSO, Filippo *et al.* (2010) - "A novel approach (the CRATER method) for assessing tsunami vulnerability at the regional scale using ASTER imagery". *Italian Journal of Remote Sensing* 42(2): 55-74. Disponível online no endereço url: <http://www.aitjournal.com/articleView.aspx?ID=164> (acedido em 5 fevereiro, 2014).
- DOMINEY-HOWES, Dale & PAPATHOMA, Maria (2007) - "Validating a tsunami vulnerability assessment model (the PTVA model) using field data from the 2004 Indian Ocean tsunami". *Natural Hazards*, 40, 113-136. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-006-0007-9#> (acedido em 1 fevereiro, 2014).
- EMÍDIO, António *et al.* (2013) - "Aplicação da metodologia PTVA-3 na avaliação da vulnerabilidade do centro urbano da cidade de Setúbal em caso de tsunami". Pinto Correia, T.; Henriques, V.; Julião, R.P. (Eds.), IX Congresso da Geografia Portuguesa - Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência, p. 833-838, Evora, Portugal, 28-30 Novembro, 2013. ISBN:978-972-99436-6-9. Disponível online no endereço url: <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/tsurima/publications> (acedido em 3 fevereiro, 2014).
- FREIRE, Paula, TABORDA, Rui & SILVA, Ana M. (2007) - "Sedimentary Characterization of Tagus Estuarine Beaches (Portugal). A contribution to the sediment budget assessment". *Journal of Soils and Sediments*, Vol. 7, Nº 5, 296-302. Disponível online no endereço url: <http://dx.doi.org/10.1065/jss2007.08.243> (acedido em 5 fevereiro, 2014).
- GOODCHILD, Michael F. (2012) - "The future of Digital Earth". *Annals of GIS*, Vol. 18, Nº 2, 93-98. Disponível online no endereço url: <http://dx.doi.org/10.1080/19475683.2012.668561> (acedido em 28 janeiro, 2014).
- ISMAIL, Hadibah *et al.* (2012) - "A 3-tier tsunami vulnerability assessment technique for the north-west coast of Peninsular Malaysia". *Natural Hazards*, 63, 549-573. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-012-0166-9#> (acedido em 1 fevereiro, 2014).
- KAPLAN, Marcus *et al.* (2009) - "Vulnerability assessment and protective effects of coastal vegetation during the 2004 Tsunami in Sri Lanka". *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1479-1494, doi:10.5194/nhess-9-1479-2009. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1479/2009/nhess-9-1479-2009.html> (acedido em 5 fevereiro, 2014).
- NAGHAVI, Mohammad (2012) - "Cloud computing as an innovation in GIS & SDI: Methodologies, services, issues and deployment techniques". *Journal of*

- Geographic Information System, 4, 6, 597-607, Disponível online no endereço url: <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=26325#>. U7GHevldUa4 (acedido em 27 junho, 2014).
- LEONE, Frédéric *et al.* (2011) - “A spatial analysis of the December 26th, 2004 tsunami-induced damages: lessons learned for a better risk assessment integrating buildings vulnerability”. *Appl Geogr* 31(1):363-375. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622810000834> (acedido em 5 fevereiro, 2014).
- LNEC (2014) Página eletrónica do projeto MOLINES disponível online no endereço url: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/Molines (acedido em 4 março, 2014).
- LONGLEY, Paul A., *et al.* (2005) - “Geographic Information Systems and Science”. 2nd edition, John Wiley & Sons, LTD, West Sussex, 512 p.
- OMIRA, Rachid *et al.* (2010) - “Tsunami vulnerability assessment of Casablanca-Morocco using numerical modelling and GIS tools”. *Natural Hazards*, 54, 1, 75-95. Disponível online no endereço url: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-009-9454-4> (acedido em 2 fevereiro, 2014)
- PAPATHOMA, Maria, *et al.* (2003) - “Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio”. *Crete, Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 3, 377-389, doi:10.5194/nhess-3-377-2003. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/3/377/2003/nhess-3-377-2003.html> (acedido em 1 fevereiro, 2014).
- PAPATHOMA, Maria & DOMINEY-HOWES, Dale (2003) - “Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece”. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 3, 733-747, doi:10.5194/nhess-3-733-2003. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/3/733/2003/nhess-3-733-2003.html> (acedido em 1 fevereiro, 2014).
- RIBEIRO, João *et al.* (2011) - “High resolution tsunami modelling for the evaluation of potential risk areas in Setúbal (Portugal)”. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 2371-2380, doi:10.5194/nhess-11-2371-2011. Disponível online no endereço url: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/11/2371/2011/nhess-11-2371-2011.html> (acedido em 1 fevereiro, 2014).
- RISKAM (2014) Página eletrónica do projeto TSURIMA disponível online no endereço url: <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/tsurima/> (acedido em 5 março, 2014).
- SANTOS, Ângela & KOSHIMURA, Shunichi (2013) - “Tsunami hazards at Setúbal urban area considering the 1755 Lisbon Tsunami”. Pinto Correia, T.; Henriques, V.; Julião, R.P. (Eds.), IX Congresso da Geografia Portuguesa - Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência, p. 930-935, Évora, Portugal, 28-30 Novembro, 2013. ISBN:978-972-99436-6-9. Disponível online no endereço

url: <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/tsurima/publications> (acedido em 4 fevereiro, 2014)

- TAVARES, Alexandre Oliveira (2013) - “Referenciais e modelos de governação dos riscos”, in LOURENÇO, Luciano Fernandes & MATEUS, Manuel Alberto (coord.): Riscos naturais, antrópicos e mistos. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo, Coimbra, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra, 63-80. Disponível online no endereço url: http://www.uc.pt/fluc/depgeo/Publicacoes/livro_homenagem_FREbelo/063_080 (acedido em 24 janeiro, 2014).
- XIAOQIANG, Yang & YUEJIN, Deng (2010) - “Exploration of cloud computing technologies for geographic information services. In Proceedings of the 18th International Conference on Geoinformatics, Beijing, China. Disponível online no endereço url: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5567515> (acedido em 26 junho, 2014).
- YANG, Chaowei *et al.* (2011) - “Spatial cloud computing: how can the geospatial sciences use and help shape cloud computing?” International Journal of Digital Earth, Vol. 4, N.º 4, 305-329. Disponível online no endereço url: <http://dx.doi.org/10.1080/17538947.2011.587547> (acedido em 6 março, 2014).

SESSÃO 6

POSTERS

ARTIGO 23

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE E ESTATÍSTICA ESPACIAL - RETRATO DO SECTOR ESTRATÉGICO DO COMÉRCIO NA CIDADE DE LISBOA

DIAS, Pedro¹; ROCHA, Jorge²; TENEDÓRIO, José António³ & TOMÉ, Teresa⁴

^{1 e 3} e-GEO, FCSH-UNL, Avenida de Berna, 26-C, 1069- 061 Lisboa, Portugal. Tel: (+351) 21 790 83 00; pedro.dias@fcsh.unl.pt - ja.tenedorio@fcsh.unl.pt

² CEG, IGOT-UL, Alameda da Universidade, 1600-214 Lisboa, Portugal; Tel: (+351) 21 794 02 18; jorge.rocha@campus.ul.pt

⁴ DMEI, Câmara Municipal de Lisboa, Campo Grande, 25 - 7°C, 1749-099 Lisboa, Portugal. Tel: (+351) 217 988 357; ana.teresa.tome@cm-lisboa.pt

RESUMO

Neste artigo são apresentados métodos aplicados ao sector estratégico do co-mércio na cidade de Lisboa de forma a visualizar qual o retracto deste sector na cidade. Para tal são utilizadas ferramentas específicas de análise espacial e de estatística espacial.

No primeiro grupo são usadas as ferramentas “*Kernel Density*”, “*Minus*” e “*Plus*” e no segundo as ferramentas “*Kriging*” e “*Hot Spot Analysis*”. A informação utilizada é composta pelo recenseamento comercial dos “estabelecimentos de comércio de retalho” e dos “estabelecimentos de restauração e bebidas”, dos anos 1995, 2000 e 2009.

PALAVRAS-CHAVE

SIG, Análise espacial, Estatística espacial, Sectores estratégicos, Comércio.

PRACTICAL APPLICATION OF SPATIAL STATISTICS ANALYSIS TOOLS: THE COMMERCE STRATEGIC SECTOR STATUS OF THE CITY OF LISBON

ABSTRACT

In this paper are presented methods applied to trade strategic sector in Lisbon city in order to see which picture of this sector in the city. For this purpose are used specific tools of spatial and spatial statistics analysis. In the first group are used the tools “Kernel Density”, “Minus” and “Plus” and the second the tools “Kriging” and “Hot Spot Analysis”. The information used is composed by the trade census of “retailing establishments” and “restaurants and drinks establishments”, of the years 1995, 2000 and 2009.

KEYWORDS

GIS, Spatial analysis, Spatial statistics analysis, Strategic sectors, Trade.

1. INTRODUÇÃO

Neste artigo são apresentadas os métodos de análises espaciais e estatísticas espaciais aplicadas ao sector estratégico do comércio na cidade de Lisboa, de forma a visualizar qual o retrato deste sector na cidade. É de salientar que o sector divide-se em dois níveis, os estabelecimentos de comércio de retalho (retalho) e os estabelecimentos de restauração e bebidas (restauração). São usadas ferramentas e métodos de geoprocessamento das extensões *Spatial Analyst Tools* e *Spatial Statistics Tools do software ArcGIS10*.

2. ANÁLISES E FERRAMENTAS UTILIZADAS

2.1. Análise Espacial

A análise espacial consiste na modelação da informação geográfica, sendo constituída por um conjunto de técnicas que tem por finalidade explicar o relacionamento espacial presente num determinado fenómeno (CÂMARA *et al.*, nd). Antes do cálculo de variação de densidade, é calcula a de densidade, através da técnica de *kernel*. Esta técnica calcula

a magnitude por unidade de área (célula) usando a função de *kernel* (1), resultando numa superfície de informação “suave” e “contínua” (SILVERMAN, 1986).

$$\hat{\lambda}(\chi) = \frac{1}{n \cdot \lambda} \cdot \sum_{i=1}^n K_0 \left(\frac{\chi - \chi^i}{\lambda} \right) \quad (1)$$

onde K_0 é a função kernel e λ é a largura de banda, n é o número total de *features*.

Existem várias funções que podem ser utilizadas para ponderar os valores de densidade (GIBIN *et al.*, 2007). A mais usada é a função Epanechnikov (2) (SMITH *et al.*, 2007):

$$\frac{3}{4} \cdot (1 - t^2) \quad \text{para } t = \frac{d}{\lambda} \leq 1 \quad \quad \quad 0 \quad \text{para } t = \frac{d}{\lambda} > 1 \quad (2)$$

onde d é a distância entre a célula e a *feature* e λ é a largura da banda (raio de pesquisa).

2.2. Estatística Espacial

A estatística espacial reúne um conjunto de ferramentas capazes de descrever e modelar dados espaciais (SCOTT & GETIS, 2008). De certa forma, desenvolvem o que a mente e os olhos fazem, intuitivamente, para avaliar padrões espaciais, distribuições, tendências, processos e relações (SCOTT & JANIKAS, 2010; MITCHELL, 2005). A análise *Hot Spot* funciona num contexto de vizinhança e tem por base o cálculo estatístico G_i^* de *Getis-Ord*, que apresenta quais é que são os valores quentes (*hot spot*) ou frios (*cold spot*) através de um valor *z-score* (DIAS, 2013). Os cálculos são expressos da seguinte forma:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} X_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{\sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j} \right)^2}{n-1}}} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad \bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \quad (3)$$

onde X_j é o valor atributo da *feature* j , $w_{i,j}$ é o peso espacial entre a *feature* i e j , n é o número total de *features*.

O *kriging* é uma técnica de interpolação que envolve uma estrutura de correlação espacial do fenómeno, de forma a calcular a interpolação estimativa e a variação de erro (SKEL-LY, 1993; DIAS, 2013), sendo expressa da seguinte forma:

$$Z(\chi_0) = \sum_{i=0}^n \lambda_i Z(\chi_i) \quad (4)$$

onde λ_i é o peso *kriging* determinado utilizando a função semivariâncias, $Z(X_i)$ é o valor de uma *feature* de amostra X_i , e n é o número de *features* de amostragem.

3. METODOLOGIA

A informação baseia-se no o recenseamento comercial do retalho e restauração, dos anos 1995, 2000 e 2009. Nestes existe informação complementar, sendo esta o “número total de pessoal ao serviço” (TotP) e a “superfície de cliente” (SupC) / “superfície de exposição de venda” (SEV). A metodologia resume-se em três pontos: Variação de densidade do Retalho e da Restauração; *Hot Spot Analysis* do Retalho e Restauração do ano 2009; *Kriging*.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

No que diz respeito à variação da densidade da restauração (Figura 1) é de destacar um decréscimo muito alto no local da antiga Feira Popular de Lisboa (FPL); e acréscimos nos Centros Comerciais (C.C.) do Colombo e Vasco da Gama. Na variação da densidade da restauração SupC (Figura 2) é de notar o mesmo decréscimo na FPL e o acréscimo na maioria da cidade. Em relação à variação da densidade do retalho é de destacar o decréscimo geral na cidade, destacando a Baixa; acréscimos pontuais nos C.C. do Colombo e Vasco da Gama. No retalho SEV, para além do forte decréscimo, é de notar outras áreas de acréscimo, como o El Corte Inglês. Para a análise *Hot Spot* da restauração SupC (Figura 3) é de salientar a disposição de vários aglomerados de pontos “quentes” e “frios”. Relativamente à análise *Hot Spot* da restauração TotP (Figura

4) salienta-se a “expansão” da maioria das áreas com pontos “quentes” e “frios” analogamente ao anterior. Em relação à análise *Hot Spot* do retalho SEV, são apresentadas menos aglomerações de pontos “quentes” e “frios”. Para a análise *Hot Spot* do retalho TotP verifica-se uma alteração significativa dos pontos frios no centro histórico e uma contracção dos aglomerados dos pontos “quen-tes”. Através da análise *Kriging* (Figuras 5 e 6) é possível verificar as mesmas análises ex-traídas da análise *de Hot Spots*, com uma interpretação é mais “simples” dos resultados.

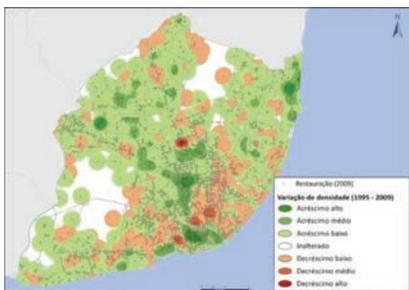


Figura 1 - Variação da Restauração (1995-2009)

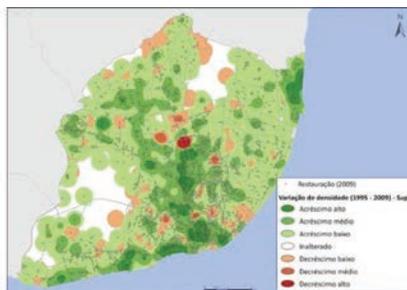


Figura 2 -Variação Restauração (1995-2009) SupC

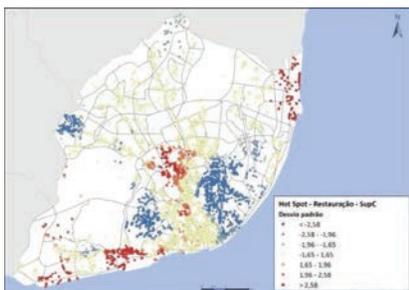


Figura 3 - Análise Hot Spot da Restauração TotP

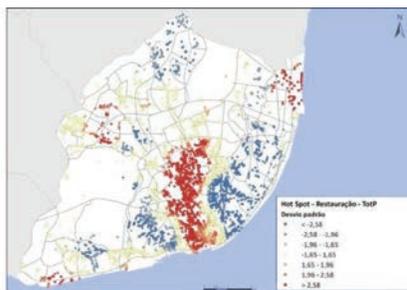


Figura 4 - Análise Hot Spot da Restauração SupC

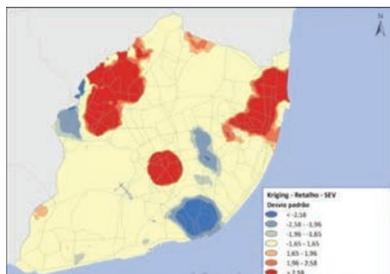


Figura 5 - Análise *Kriging* da Restauração SEV

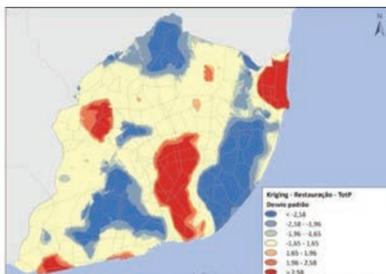


Figura 6 - Análise *Kriging* da Restauração TotP

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo este trabalho desenvolvido permitiu retractar qual ou quais realidades intrínsecas do sector estratégico do comércio, na cidade de Lisboa. Caso existisse mais informação complementar para os restantes sectores estratégicos, toda esta metodologia podia ser aplicada da mesma forma. O uso destas ferramentas permite obter este tipo de retrato, contudo a qualidade e quantidade de informação pré-existente é sempre um dos principais critérios para que seja possível esta análise. Caso não seja, o resultado final será incorrecto e não representar a realidade.

BIBLIOGRAFIA

- CÂMARA, Gilberto *et al.* (2004) - “Spatial Analysis and GIS: A Primer”. Disponível online no endereço url: [http://faculty.ksu.edu.sa/adosari/Documents/spatial_analysis_primer .pdf](http://faculty.ksu.edu.sa/adosari/Documents/spatial_analysis_primer.pdf) (acedido em 20 de Janeiro, 201);
- DIAS, Pedro (2013) - “Análise exploratória de dados espaciais de actores de sectores es-tratégicos na cidade de Lisboa”, Relatório de Estágio de Mestrado, Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa;
- GIBIN, Maurizio *et al.* (2007) - “Kernel Density Estimation and Percent Volume Contours in General Practice Catchment Area Analysis in Urban Areas”, *in* WINSTANLEY, Adam (ed.): Proceedings of the Geographical Information Science Research UK Conference 2007, County Kildare, Ireland. Disponível online no endereço url: [http://www.geos.ed.ac.uk/~gis/teac /proceedingsonline/GISRUK2007/PDF/5A3.pdf](http://www.geos.ed.ac.uk/~gis/teac/proceedingsonline/GISRUK2007/PDF/5A3.pdf) (acedido em 22 de Janeiro de 2014);
- MITCHELL, Andy (2005) - “The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial Measure-ments and Statistics”, ESRI Press, Environmental Systems Research Institute, Redlands, California;
- SCOTT, Lauren & GETIS, Art (2008) - “Spatial statistics” *in* KEMP, Karen (ed.): Encyclopedia of geographic informations, Sage, Thousand Oaks, CA, 436-440. Disponível online no endereço url: http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9783642036460-c1.pdf?SGWID=0-0-45-855715-p173918949 (acedido a 8 de Abril, 2014);
- SCOTT, Lauren & JANIKAS, Mark (2010) - “Spatial Statistics in ArcGIS”, *in* FISCHER, Manfred & GETIS, Arthur (eds.): Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications, Springer, Verlag Berlin Heidelberg, 27-41;
- SILVERMAN, Bernard (1986) - “Density Estimation for Statistics and Data Analysis”. In Monographs on Statistics and Applied Probability, London: Chapman

- and Hall. Disponível online no endereço url: <http://ned.ipac.caltech.edu/level5/March02/Silverman/paper.pdf> (acedido em 20 de Janeiro de 2014);
- SKELLY, William (1993) - “Spatial interpolation: getting a realistic estimate of general cir-culation model precipitation”, *in* BOLLE, Hans-Jürgen, FEDDES, Reinder Auke & KALMA, Jetse Daniel (eds.): Exchange Processes at the Land Surface for a Range of Space and Time Scales (Proc. IAHS/IAMAP/UNESCO Symp., Yokohama, July 1993) IAHS Publ. no. 212, IAHS Press, Wallingford, UK, 603-610;
- SMITH, Michael *et al.* (2007) - “Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools”, Troubador Publishing.

ARTIGO 24

O DESAFIO DA DIVULGAÇÃO DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS POR MEIO DE SIG WEB: O PARQUE NATURAL MUNICIPAL DO CURIÓ (MUNICÍPIO DE PARACAMBI - RJ, BRASIL)

COSTA, Vivian Castilho da¹ & PAIVA, Davyd Souza de²

Departamento de Geografia Física, Instituto de Geografia da; Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Brasil); Laboratório de Geoprocessamento - LAGEPRO (Brasil); Rua São Francisco Xavier, 523, sala 4002, bloco B, Maracanã; CEP: 20550-013, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Tel: +55(21) 23340788; email: ¹vivianuerj@gmail.com & ²davydsp@gmail.com

RESUMO

A divulgação de mapas interativos na internet é primordial, sendo o objetivo principal deste trabalho que, ao utilizar o SIG Web ou Web GIS denominado i3Geo, construiu o Atlas Digital Ecoturístico para o Parque Natural Municipal do Curió (PNMC), área protegida localizada no município de Paracambi-RJ. Assim, usuários da Web podem utilizar o Atlas para simples visualização, até complexas análises ambientais. Como metodologia, a aquisição e o tratamento (por SIG livre) da base de dados georreferenciadas foi primordial à construção de MapFiles, ajustes internos e uso de sistema de administração da plataforma i3Geo. Como resultados finais, foi criada uma home-page e realizados testes em ambiente cliente-servidor da SERAD-SR2-UERJ e da Prefeitura Municipal de Paracambi, a fim de simular a consulta ao Atlas na Web.

PALAVRAS-CHAVE

SIG Web, Geoprocessamento, i3GEO, Atlas digital, Ecoturismo.

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_24

THE CHALLENGE OF DISSEMINATING GEOGRAPHICAL DATA-BASE THROUGH WEB GIS: THE MUNICIPAL NATURAL PARK OF CURIÓ (COUNTY PARACAMBI - RJ, BRAZIL)

ABSTRACT

The dissemination of interactive maps on the Internet is prime, with the main objective of this work, that, by using the Web GIS called i3Geo, built a Digital Atlas of Ecotourism of the Municipal and Natural Park of Curió (PNMC), located in the municipality of Paracambi - RJ. Thus, Web users can use the maps of the Atlas for simple visualization to complex environmental analyzes. As methodology, the acquisition and processing (by using free GIS) georeferenced base data was primordial for building MapFiles, internal settings and using the administration system platform called i3Geo. As final results, home page was created and performed tests on client-server network installed in SERAD-SR2-UERJ and Prefecture of Paracambi City environment in order to simulate the query of Curió Atlas in Web.

KEYWORDS

Web GIS, Geoprocessing, i3Geo, Digital Atlas, Ecotourism.

1. INTRODUÇÃO

A emergência da questão ambiental, nos últimos anos, trouxe à tona a importância da preservação/conservação ambiental como peça fundamental para garantir a manutenção dos recursos naturais e dos serviços ambientais essenciais para a sociedade. A principal forma encontrada pelo Brasil para preservar áreas naturais foi a criação de Unidades de Conservação, que além de protegerem áreas naturais também se destinam à atividades recreativas e ecoturísticas. Mas como informar melhor a sociedade civil acerca do valor e da importância das áreas protegidas? Uma das formas é com mapas interativos na Web. Tais mapas temáticos servirão ao usuário leigo que deseja saber quais atrativos naturais tem em seu interior para a prática de ecoturismo, além de auxiliar os gestores da Unidade de Conservação no processo de gestão participativa e no manejo de seus recursos naturais.

É dentro deste contexto que se insere o presente trabalho, onde utilizou-se do aplicativo servidor de mapas i3Geo, SIG Web livre, criado pelo

Ministério do Meio Ambiente (MMA), utilizado para gerar o Atlas Digital Ecoturístico do Parque Natural Municipal do Curió (PNMC). O PNMC é uma Unidade de Conservação localizada no município de Paracambi, região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. Este SIG Web, por adotar padrões internacionais de interoperabilidade (OGC - *Open Geospatial Consortium* - <<http://www.opengeospatial.org/>>), foi escolhido no intuito de ser uma opção livre e sem os problemas de compra ou renovação de licenças de outros softwares proprietários, além de ser produzido por um órgão governamental, portanto, ideal para a sua utilização em Prefeituras.

2. SERVIDOR DE MAPAS NA WEB E A SUA IMPORTÂNCIA NA DISSEMINAÇÃO DOS DADOS ESPACIAIS E ACESSO A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Com o advento dos servidores de mapas e da internet, pode-se oferecer aos usuários de dados geográficos o acesso aos dados de forma interativa, dinâmica e gratuita (PARMA, 2007). Os servidores de mapas via internet podem representar a interface entre os usuários e os dados geográficos armazenados em um ou vários servidores de banco de dados, possibilitando a integração com o usuário e a disseminação dos dados geográficos.

No Brasil, os servidores de mapas surgem como importante ferramenta para suprir a demanda que existe atualmente para a disseminação de dados geográficos. A disseminação de dados geográficos brasileiros teve início com a sua instrumentalização através dos Decreto-Lei nº 12.527/2011, de 18 de novembro e Decreto-Lei nº 6.666/2008, de 27 de novembro.

Levando em consideração o fato das tecnologias livres serem isentas de royalties, os softwares livres surgem no contexto de servidores web como opções viáveis e em muitos casos até mais vantajosa que as aplicações comerciais. Exemplos de aplicações livres são representados pelos programas AlovMap, Spring Web, Geoserver, Mapserver e i3Geo, cada um deles com determinadas características e peculiaridades para atender a mesma demanda básica de usuários deste tipo de aplicação, que é disseminar dados geográficos na web. Ressalta-se que, as aplicações livres demandam conhecimento técnico muito maior se comparado as aplicações

comerciais, para disponibilizar os dados geográficos conforme planejado.

Os Web GIS ou SIG Web são mapas dinâmicos e interativos que possuem informações de um banco de dados integradas às informações de elementos gráficos em um único mapa. Permitem também adicionar ou subtrair temas na forma de camadas a serem visualizadas, executar operações de zoom, entre outras funcionalidades, que dependerá de qual software ou aplicativo for utilizado para desenvolver o mesmo. A principal diferença em relação à alternativa dos mapas dinâmicos somente para ver, reside no fato de não ser necessário no SIG Web o usuário instalar no desktop qualquer outro software ou aplicativo adicional especificamente, mesmo de SIG, para poder ter acesso aos mapas. Estes podem ser manipulados diretamente por banco de dados em ambiente cliente-servidor e ou na nuvem (*cloud*).

3. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia desenvolvida na construção do Atlas Digital Ecoturístico para o Parque Natural Municipal do Curió utilizou softwares livres, tanto de SIG como de SIG Web. Foram utilizados os seguintes softwares: o i3Geo (Interface Integrada para Internet de ferramentas de Geoprocessamento) na sua versão 4.6, desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil (disponível para *download* no Portal do Software Público Brasileiro - <<http://www.softwarepublico.org.br>>); o Quantum GIS (QGIS) na versão 1.8, que é um sistema de informações geográficas (SIG) *open source*, licenciado sobre GNU GPL (*General Public Licence*), sendo um projeto oficial da *open source geospatial foundation* (OSGEO, 2012); e o editor de texto livre chamado SciTE.

O i3Geo se destaca em relação a outros softwares correlatos devido a um conjunto de funcionalidades pouco comuns a softwares dessa categoria, nele o usuário final pode alterar a simbologia utilizada na representação dos dados geoespaciais, inserir seus próprios textos e elementos gráficos, algumas opções de análise geográficas são oferecidas, como a geração de buffers, consultas baseadas em tabelas de atributos, entre outras funcionalidades. Além disso, ele supre diversos requisitos

comumente necessários na implementação de uma IDE (Infraestrutura de Dados Espaciais), como o fornecimento de serviços nos padrões OGC ou download de arquivos (MORRETI, 2011).

O i3Geo possui como interface padrão para a representação espacial que for desejada veicular na Web, mas também possui conjunto de ferramentas que visam complementar a sua interação com outros aplicativos web que trabalham com informações georreferenciadas. Exemplo de ferramenta que foi utilizada no i3Geo para o presente trabalho é o Google Maps. Esta ferramenta possibilita a interação com os usuários e os planos de informação do banco de dados na interface do Google Maps disponibilizada pelo i3Geo. O banco de dados foi disponibilizado em 9 unidades temáticas, totalizando 33 temas (planos de informação) provenientes dos mapeamentos do plano de manejo do PNMC, destacando as trilhas e atrativos do Parque. O projeto seguiu 7 etapas metodológicas, sucintamente descritas na Figura 1.

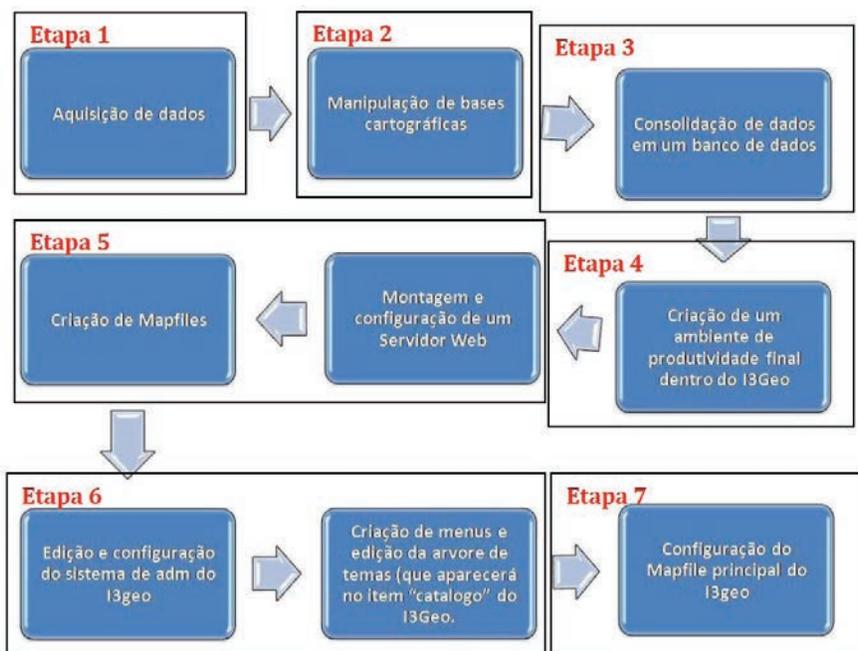


Figura 1 - Etapas metodológicas no i3Geo para confecção do Atlas do PNMC

Fonte: Davyd S. de Paiva (2014)

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DI SUCINTA DOS PRINCIPAIS RESULTADOS

Com a possibilidade de instalação do i3Geo no ambiente cliente-servidor da Prefeitura de Paracambi, conseguiu-se dessa forma ampliar o acesso aos dados geográficos do parque no site oficial da Prefeitura, em fase de renovação, construindo uma home-page para o PNMC. No link “Atlas” do site, o usuário é remetido ao Atlas Digital no ambiente i3Geo modificado.

O aplicativo i3Geo foi concebido para funcionar em computadores servidores, por isso o uso de testes em ambiente cliente-servidor proporcionado pela SERAD/SR-2/UERJ foi primordial para que o projeto pudesse desenvolver-se plenamente no ambiente cliente-servidor da Prefeitura de Paracambi.

Portanto, os arquivos do Atlas no i3Geo foram repassados para a gestão do parque (SEMADES - Prefeitura Municipal de Paracambi), como um legado positivo deste trabalho. Esses órgãos criaram um endereço de url de hospedagem dos mapas em <<http://www.i3Geo.paracambi.rj.gov.br>> (Figura 2). O acesso remoto externo ao servidor da prefeitura de Paracambi conseguiu obter uma ótima velocidade de acesso aos dados do Atlas do PNMC, com maior rapidez em relação aos testes do servidor da SERAD/SR-2/UERJ.

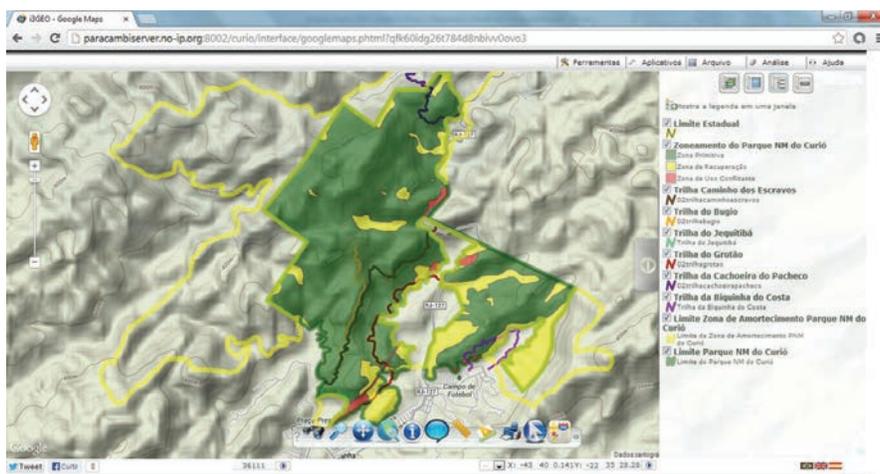


Figura 2 - Atlas do Parque Natural Municipal do Curió (PNMC), constando limites, Zona de Amortecimento, trilhas e mapa do Zonamento (de acordo com plano de manejo - SEMADES, 2010), no ambiente cliente-servidor disponível no site (acessível diretamente pela url <i3geo.paracambi.gov.rj.br>)

5. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Com a utilização do SIG Web i3Geo foi possível a criação de uma plataforma na internet capaz de divulgar os atrativos ecoturísticos do Parque Natural Municipal do Curió em Paracambi, não só com informações sobre suas trilhas, mas também com informações sobre seus aspectos físicos, contribuindo assim para o desenvolvimento do turismo (e do ecoturismo) no município e disseminando dados geográficos do parque para futuros estudos por pesquisadores e ou técnicos da SEMADES - Prefeitura Municipal de Paracambi. Por sua vez, o i3Geo em sua própria definição, liberdade de uso e funções, permitiu alcançar o pleno objetivo e desenvolvimento do trabalho junto ao apoio dos gestores do PNMC. A mesma liberdade que é o uso de um SIG Web livre é o uso de um GIS Livre como foi o QGIS que por ser de código aberto e possuir interface fácil e interativa, também dispõe atualmente de plugins que possibilitam grande interoperabilidade e ao mesmo tempo propicia interação com o i3Geo.

Outro resultado positivo apresentado neste trabalho foi a de possibilitar o uso de diferentes interfaces no i3Geo, como por exemplo o Google Maps, o que permite uma maior interação entre o usuário do Atlas do Curió que estão mais familiarizados com os dados sendo apresentados em uma visualização amigável e conhecida internacionalmente. Os testes cliente-servidor em ambiente de SIG Web com uma plataforma brasileira que é o i3Geo também possibilitou experienciar um trabalho inédito que ainda não existe entre os órgãos públicos brasileiros que é o de disponibilizar um banco de dados amplo e detalhado (em escalas de 1:10.000) sobre unidades de conservação, principalmente de âmbito municipal.

BIBLIOGRAFIA

- Decreto-Lei Federal nº 6.666/2008 de 27 de novembro. Diário Oficial da União. Presidência da República. Brasil. 27 de novembro de 2008.
- Decreto-Lei Federal nº 12.527/2011 de 18 de novembro. Diário Oficial da União (Edição Extra). Presidência da República. Brasil. 23 de agosto de 2011.
- MORETTI, Edmar (2011) - "Integração do software i3Geo com o gvSIG". In III Jornada Latinoamericana e do Caribe do gvSIG. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil.

Disponível online no endereço url: http://downloads.gvsig.org/download/events/jornadas-lac/3as-jornadas-lac/articles/Article-Integracao_i3Geo_gv-SIG.pdf (acessado em 15 setembro, 2013).

OSGEO (2012) - “Quantum GIS V.1.8.0 Wrocław”. In Open source geoespatial foundation, Vancouver Disponível online no endereço url: <http://qgis.org>. Acedido em 15 setembro, 2013.

PARMA, Gabriel Cremona (2007) - Mapas cadastrais na internet: Servidores de mapas. In XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. INPE, p. 1311-1319. Disponível online no endereço url: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2006/11.16.00.04/doc/1311-1319.pdf>. Acedido em 15 setembro, 2013.

SEMADES (2010) - Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Plano de Manejo do Parque Natural Municipal do Curió. Prefeitura Municipal de Paracambi, Rio de Janeiro. 510 p.

ARTIGO 25

A IMPORTÂNCIA DA MODERNIZAÇÃO CADASTRAL NA GESTÃO TERRITORIAL URBANA NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL - ESTADO DO PARANÁ - BRASIL

PELEGRINA, Marcos Aurélio¹; CANAL, Máicon Altir²; JULIÃO, Rui Pedro³

¹ Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (Brasil); Bolsista CAPES Processo n. BEX-9757/13-9; Tel: +55 (42) 3629-8100 ; email: marcospelegrina@gmail.com

² Prefeitura Municipal de Cascavel - Estado do Paraná - Brasil; Tel: +55 4533212382; email: maiconc@cascavel.pr.gov.br

³ e-GEO-FCSH/UNL (Portugal); Morada: Avenida de Berna, 26-C / 1069-061 Lisboa; Tel: +351217908300; email: rpj@fesh.unl.pt

RESUMO

Nos últimos anos o município de Cascavel, Estado do Paraná, Brasil, desenvolveu políticas públicas com vista à implementação do cadastro multifinalitário. Tendo também desenvolvido um Sistema de Informações territoriais via WEB, para a disponibilização de dados e informações cadastrais. O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados da implementação da consulta de viabilidade via WEB, presente na modernização cadastral no município de Cascavel.

PALAVRAS-CHAVE

Geotecnologias, Cadastro multifinalitário, Sistema de informações territoriais.

**PROPERTY CADASTRAL MODERNIZATION IN THE
URBAN LAND MANAGEMENT OF CASCAVEL
MUNICIPALITY (PARANÁ, BRAZIL)**

ABSTRACT

In the last years the city of Cascavel in Paraná Brazil, developed policies to implement the multipurpose cadastre. Having also developed a land information system for WEB, and registration information. The objective of this paper is to present the results of implementing the consult planning WEB present in cadastral updating in Cascavel.

KEYWORDS

Geotechnology, Multipurpose cadastre, Land information system.

1. INTRODUÇÃO

Anteriormente, a disponibilização da informação cadastral via WEB na Prefeitura Municipal de Cascavel, Estado do Paraná, Brasil. O sistema responsável pela gestão cadastral urbana do município era informatizado, qual permitia o cadastramento, atualização, e armazenamento dos dados de cada unidade cadastral de forma alfanumérica, assim como os dados para cobrança do IPTU (Imposto Predial Territorial Urbano). Nenhum tipo de sistema com suporte para base de dados geográficos era utilizado. Também verificava-se uma carência de profissionais especializados em geoprocessamento e de cadastro multifinalitário no corpo técnico da prefeitura. Esses fatos somados ao não emprego de um SIT (Sistema de Informações Territoriais), ocasionavam incoerência em alguns dados e inúmeras falhas na gestão territorial.

Pela falta de mão de obra qualificada e a escassez de recursos, foram contratados serviços técnicos especializados para a modernização do cadastro. As principais ações desenvolvidas foram: a) Conversão do sistema Geodésico de referência de SAD69 para SIRGAS2000; b) Preparação da base cartográfica para um SIT via WEB; c) Geocodificação dos imóveis; d) Migração das bases de dados disponíveis numa única base cadastral consolidada; e) Consultoria para auxílio na elaboração da planta de valores do município; f) Estudo e implementação do modelo de dados

para o cadastro de logradouros; g) Desenvolvimento de sistemas computacionais para migração de dados existente para o novo modelo que deveria ser desenvolvido; h) Curso de capacitação em Cadastro e geotecnologias aplicadas a gestão territorial para os técnicos da prefeitura; i) Implantação de SIT via WEB de consulta de viabilidade de edificação, parcelamento do solo e estabelecimento; j) Implantação de sistemas de dados geoespaciais; k) Desenvolvimento de interfaces de utilização do cadastro técnico municipal.

A modernização cadastral executada teve como objetivo o desenvolvimento de um SIT via WEB, possibilitando uma base de dados geográficos sobre o território urbano, a fim de, auxiliar a administração municipal no avanço da qualidade na prestação de serviços e na promoção da justiça tributária.

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados da implementação da consulta de viabilidade via WEB, presente na modernização cadastral no município de Cascavel.

2. IMPLANTAÇÃO DE CONSULTAS VIABILIDADE VIA WEB

O Cadastro Multifinalitário além de melhorar gestão pública e beneficiar os cidadãos independentemente do âmbito de sua competência, também disponibiliza para os usuários da informação cadastral os seguintes produtos: a) base cartográfica cadastral digital; b) informações cadastrais referentes as parcelas territoriais; c) informações da valorização imobiliária de cada parcela; d) informações sobre o planejamento urbano relacionados as parcelas territoriais; e) fornece o zoneamento urbano de cada parcela; f) fornece informações relativas a quaisquer regulamentos governamentais locais; g) fornece informações relativas às parcelas, estradas e ambiente, dentro e em torno de cada parcela; (MAJID, 2000).

Uma das principais funções do cadastro multifinalitário é publicitar os direitos e restrições sobre determinada parcela territorial. No ambiente urbano os direitos e restrições estão presentes na legislação urbana referente ao uso e ocupação do território que é dividida entre o código de obras e edificações, que visa normatizar toda e qualquer construção,

reforma e ampliação de edifícios efetuada a qualquer título no território do município. A lei de zoneamento e uso do solo, que visa disciplinar a vocação e a finalidade de cada zona ou área do território urbano, objetivando o desenvolvimento harmonioso da comunidade, assegurando a sua qualidade de vida.

No município de Cascavel a modernização cadastral permitiu a publicação de um aplicativo interativo de consulta de viabilidade através do Geoportal Cascavel, link: (<http://geoportal.cascavel.pr.gov.br:10080/geo-view/faces/sistema/geo.xhtml>). O sistema possibilita ao usuário solicitar informações sobre as permissões de uso de qualquer parcela na área urbana do município por Tipo de Consulta: Edificação, Parcelamento do Solo ou Estabelecimento.

3. RESULTADOS

O número total de visitantes na página foi de 106.436, esses acessos referem-se ao período de 02/07/2013 (data do lançamento da consulta de viabilidade) à 30/04/2014 data fechamento da pesquisa, (Figura 1).

Neste período o numero total de consultas de viabilidade foi de 58.532, correspondendo a 54,99% do número total de consultas no SIT via WEB. Sendo: Edificação: 36.437 consultas; Parcelamento: 3.723 consultas; Estabelecimento: 18.372 consultas. O número de atendimento no balcão da SEPLAN (Secretaria de Planejamento e Urbanismo) no mesmo período foi de 17.448. No período anterior de julho de 2012 à Abril de 2013 o número foi de 34.098. Ou seja, uma redução no atendimento balcão de 51%.

Anteriormente à disponibilização da consulta via WEB, alguns técnicos municipais responsáveis pelo planejamento urbano dedicavam boa parte do seu tempo ao atendimento ao público, devido à grande procura de informações cadastrais. Após o lançamento da consulta de viabilidade, esses servidores voltaram para suas atividades normais, (LEITE,2013).



Figura 1 - Números de Consultas de Viabilidade de Parcelas e Número de Atendimentos de Usuários.

Fonte: Prefeitura Municipal de Cascavel, 2014. Organizado pelos Autores

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A modernização cadastral e o SIT via WEB (Geoportal Cascavel), publicando informações cadastrais territoriais com dados com a devida qualidade posicional (garantia da precisão e exatidão cartográfica), temática (garantia da qualidade das informações cadastrais), temporal (atualização contínua) e facilidade de acesso. Incentivando uma migração de usuários dessas informações (engenheiros, arquitetos, agentes imobiliários e tantos outros) do balcão da SEPLAN para a Internet. Também houve um aumento significativo no número total de consultas.

O aplicativo que disponibiliza informações cadastrais via WEB denominado de Geoportal, atualmente, é utilizado para diferentes fins, desde empresas do setor imobiliário ao poder judiciário até cursos de arquitetura e urbanismo que se valem do aplicativo para atividades acadêmicas

de Ensino e Pesquisa. É evidente que a implementação do cadastro multifinalitário via WEB, trouxe grandes vantagens para toda sociedade, como segurança jurídica nas transações imobiliárias, maior eficiência no planeamento e na gestão territorial, planeamento e gestão ambiental, no sistema viário, na regularização fundiária, entre outros. Apesar do número significativo de acessos, percebe-se que os usuários ainda são os técnicos e os agentes imobiliários. A disponibilização da consulta de viabilidade via WEB, pautada nas discussões referentes ao Cadastro Multifinalitário, surge como uma tentativa de constituir-se enquanto ferramenta de acesso à informação acerca dos diferentes processos e agentes vinculados à produção do espaço urbano no município. Toda esta dinâmica de produção do espaço urbano em Cascavel traz importantes problemáticas no que diz respeito ao planeamento e gestão territorial. Para que os instrumentos se materializem numa cidade melhor, mecanismos efetivos, que apoiam a fiscalização como a consulta de viabilidade, devem ser criados permitindo que os diferentes segmentos da sociedade civil se apropriem e efetivem a sua participação na produção do espaço urbano e na gestão da cidade.

Recomenda-se, no entanto que, novos estudos para aprofundamento da pesquisa em relação disponibilização das informações cadastrais e seus impactos na produção e na gestão do espaço urbano.

BIBLIOGRAFIA

- FIG - Federação Internacional dos Geômetras, PCGIAP-WorkingGroup3 "Cadastre" FIG-Commission 7 "Cadastre and Land Management". Modelo Cadastral 2003. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.cadastraltemplate.org/>, acessado em 08.10.2006.
- JULIÃO, R. P. (2001) - Tecnologias de informação geográfica e ciência regional - contributos metodológicos para a definição de modelos de apoio à decisão em desenvolvimento regional. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.
- LEITE, T.L. (2013) - Avaliação da Reestruturação Cadastral e Implantação de Geotecnologias no Cadastro Técnico Municipal do Município de Cascavel-PR. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel-PR.
- MAJID, S. A. (2000) - A Multi-Purpose Cadastre Prototype on the Web. A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Geomatics Science. University of Melbourne. Melbourne.

ARTIGO 26

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CADASTRO MULTIFINALITÁRIO RURAL NO BRASIL

PELEGRINA, Marcos Aurélio¹ & JULIÃO, Rui Pedro²

¹ Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (Brasil) Bolsista CAPES Processo n. BEX-9757/13-9; Departamento de Geografia, Setor de Ciências Agrárias e Ambientais - SEAA/G Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 - Vila Carli | CEP 85040-080 | Guarapuava - Paraná (Brasil); Tel: +55 (42) 3629-8100 ; email: marcospelegrina@gmail.com

² e-GEO-FCSH/UNL (Portugal); Morada: Avenida de Berna, 26-C / 1069-061 Lisboa Tel: +351 21 790 83 00; email: rpj@fcsh.unl.pt

RESUMO

No Brasil, existem basicamente dois tipos de cadastros rural e urbano. O cadastro das propriedades rurais é de responsabilidade do INCRA (Instituto Nacional de Colonização de Reforma Agrária). A publicação da Lei n ° 10267 2001 melhorou muito o registro de propriedades rurais. Esta lei levou à identificação sistemática das propriedades rurais, permitindo o desenvolvimento do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR), e o georreferenciamento gradual das propriedades através da publicação de normas técnicas. Este artigo objetiva contextualizar políticas públicas no Brasil, com objetivo desenvolvimento do cadastro multifinalitário na área rural e demonstrar a sua importância no que tange o planejamento e o desenvolvimento territorial.

PALAVRAS-CHAVE

Cadastro multifinalitário, Sistema de informações territoriais, Gestão territorial.

PUBLIC POLICIES TOWARDS THE DEVELOPMENT OF RURAL MULTIFUNCTIONAL PROPERTY CADASTRE IN BRASIL

ABSTRACT

In Brazil, there are basically two types of cadastres—rural and urban. The cadastre of rural properties is the responsibility of INCRA (National Institute for Colonization of Agrarian Reform). The 2001 publication of Law No. 10267 greatly improved the registration of rural properties. This law led to the systematic identification of rural properties, allowing the development of the National Registry of Rural Properties (CNIR) and gradually enabling the geo-referencing of property to their technical standards. This paper aims to contextualize public policies in Brazil, with the objective development of multipurpose cadastre in rural areas and demonstrate its importance concerning planning and land development.

KEYWORDS

Multipurpose cadastre, Land information system, Land management.

1. INTRODUÇÃO

O cadastro multifinalitário pode ser definido como um sistema de informações territoriais (SIT), baseado na parcela territorial que é parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único. O cadastro deve ser constituído com a descrição geométrica das parcelas, em conjunto com outros registros que descrevem a natureza dos interesses da parcela, tais como: direitos, restrições e responsabilidades, bem como as condições desta propriedade ou o controle destes interesses. O cadastro multifinalitário pode ser estabelecido para finalidades fiscais (p. ex., avaliação e tributação), legais (p. ex., transferências e certidões), administrativas (p. ex., planejamento e controle do uso da terra), bem como disponibilizar informações para o desenvolvimento sustentável e a proteção ambiental, tendo como base o cadastro territorial (FIG,2006).

Um Sistema de Informações Territoriais (SIT), dever ter por base o cadastro territorial multifinalitário, composto pelo:

- cadastro físico, com a delimitação geométrica das parcelas do território;
- cadastro jurídico, onde são registrados os aspectos legais da ocupação

do território com os devidos proprietários das parcelas territoriais;

- cadastro econômico, com os aspectos econômicos da ocupação do solo e onde descritos os valores venais dos imóveis, utilizados para tributação imobiliária.

O Cadastro está presente nas estruturas administrativas dos Estados, independente do seu modo de produção ou regime político. O conceito de território considerado na perspectiva do cadastro é onde o governo exerce sua autoridade com objetivo de racionalizar sua completa utilização (LOCH; ERBA, 2007). O desenvolvimento territorial esta atrelado ao desenvolvimento políticas públicas para implementação do cadastro multifinalitário por parte do Estado.

Em face dessas considerações iniciais, este artigo objetiva contextualizar políticas públicas no Brasil, com objetivo desenvolvimento do cadastro multifinalitário na área rural e demonstrar a sua importância no que tange o planejamento e o desenvolvimento territorial.

2. A EVOLUÇÃO DO CADASTRO

A declaração sobre o futuro do Cadastro denominada de Cadastro 2014 elaborada pela Federação Internacional de Geômetras - FIG - (acrônimo francês de Federação Internacional de Agrimensores), é um importante documento norteador das políticas públicas para implementação do cadastro multifinalitário. Esta declaração, elaborada pelo GT 01 (Grupo de Trabalho) da comissão 7 da FIG, composto por 40 membros e envolvendo 26 Países, originou um documento sobre o futuro do cadastro, estabelecendo metas a serem cumpridas no decorrer dos anos seguintes, ou seja, até o ano de 2014. A missão deste GT foi denominada “Visão do Cadastro 2014”, a partir de estudos dos sistemas cadastrais existentes e das respostas recebidas dos questionários aplicados anualmente aos membros do GT. O primeiro questionário foi enviado em fevereiro 1995 a setenta delegados e sócios da comissão. As perguntas versavam sobre os seguintes temas (KAUFMANN, J. et al, 1998):

1. caracterização do cadastro existente;

2. aspectos do cadastro territorial multifinalitário;
3. aspectos da privatização do cadastro;
4. tributação;
5. conflitos existentes nos sistemas cadastrais;
6. reformas cadastrais.

Foram estabelecidas seis diretrizes para o que foi denominado Cadastro 2014:

I. O cadastro deverá detalhar a situação legal do uso do solo, incluindo os direitos públicos e restrições.

II. A separação entre mapas (representação gráfica) e dados alfanuméricos deixará de existir.

III. Os mapas cadastrais (cartas topográficas, croquis, plantas de quadras, etc.) deixarão de existir, sendo substituídos por modelos de dados cadastrais que irão gerar os mapas automaticamente em qualquer contexto que for necessário: relatórios gerenciais, análises estatísticas, material para impressão, etc.

IV. A utilização de meios analógicos (caneta, papel, etc.) deixará de existir no âmbito do Cadastro, dando espaço a metodologias baseadas em recursos totalmente digitais (PDA, computadores, etc.).

V. O Cadastro contará com uma grande participação da iniciativa privada, que passará a gerir as bases cadastrais. As instituições privadas e públicas irão trabalhar integradas, esta última em posição de órgão supervisor e normatizador.

VI. Garantia de retorno de investimento. Com a participação da iniciativa privada provendo os meios para garantir a gestão territorial com segurança técnica (medições) e jurídica, um modelo lucrativo deverá ser concebido.

Resumidamente, o documento Cadastro 2014 aponta para uma tendência de evolução. Estas transformações permitirão, no futuro, que ele seja o espelho de todo o território. Não haverá separação entre os dados cartográficos e a base alfanumérica, proporcionando uma maior garantia

jurídica e permitindo um controle maior da administração sobre uso e ocupação do solo.

Na Figura 1 apresenta-se um esquema que expõe a evolução da concepção do cadastro, proposto por Erba, 2007. A primeira etapa mostra que a evolução baseada na recuperação da receita tributária. Nesta fase, o cadastro deverá promover a equidade tributária. Para tanto, deverá lastrear-se num sistema de gestão cadastral com base em Cartografia cadastral adequada, integração entre o cadastro econômico e físico.

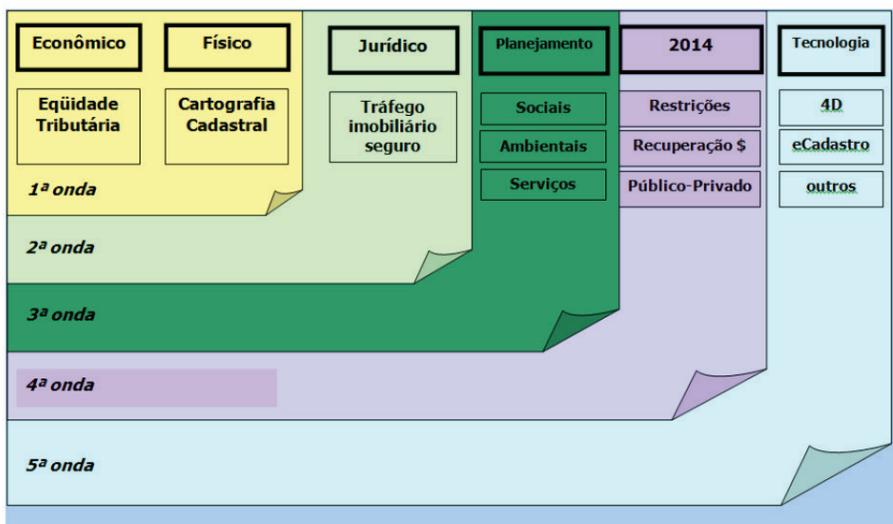


Figura 1 - Evolução do Cadastro

Fonte: Erba, 2007

Já a segunda etapa representa a integração do cadastro com o registro de imóveis (cadastro jurídico), promovendo uma garantia jurídica nas transações imobiliárias e melhor ordenamento territorial. A etapa seguinte representa a integração do cadastro com o planejamento e o ordenamento territorial, incluindo, em suas bases, o controle urbanístico, ambiental, de serviços públicos e das ações sociais.

A quarta etapa é a concretização das ações contidas na declaração da FIG Cadastro 2014.

A quinta e última fase momento em que o cadastro será beneficiado

pelas tecnologias existentes, permitindo visualizar seus dados em 4D, ou seja, agregando a variável tempo às três dimensões existentes da cartografia. Além de permitir o acompanhamento da variação das informações ao longo do tempo, possibilitará sua disponibilização através de aplicativos da WEB.

Alguns ditames contidos no documento produzido pela FIG, bem como a diretrizes e declarações sobre o futuro do cadastro mundial são fundamentais para a evolução do pensamento cadastral no Brasil.

3. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CADASTRAL MULTIFINALITÁRIO NO BRASIL

O Brasil possui basicamente dois tipos de cadastro: um relativo à área rural e outro, à área urbana. O cadastro dos imóveis rurais é de competência do Instituto de Colonização de Reforma Agrária (INCRA), que obteve um grande avanço ao se consolidar com a promulgação da Lei nº10.267/2001, que trata de alterações na Lei dos Registros Públicos. O cadastro urbano é de competência dos municípios, sendo de abrangência local. Mas não existe um órgão público e oficial com responsabilidade legal sobre as medições cadastrais.

Na área rural o cadastro esta dividido da seguinte forma: o cadastro geométrico é de responsabilidade do Instituto de Colonização de Reforma Agrária (INCRA); o Cadastro Jurídico é de responsabilidade dos cartórios de registro de imóveis; o cadastro fiscal é de responsabilidade da Receita Federal órgão público federal responsável pela tributação; e o cadastro ambiental é de responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

O cadastro dos imóveis rurais obteve um grande avanço através do marco legal da alteração da Lei dos Registros Públicos e a publicações de normas técnicas para execução do levantamento cadastral. Essa mudança jurídica alterou a sistemática relacionada à identificação dos imóveis rurais, permitindo o desenvolvimento do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) e obrigando gradativamente ao georrefereciamento dos imóveis

de acordo com as normas técnicas definidas pelo INCRA. Tal metodologia obriga apresentação de planta e memorial descritivo do imóvel com a precisão posicional dos vértices definidores dos limites do imóvel rural (0,50m). Também preconiza a troca de informações entre o INCRA responsável pelo cadastro geométrico e o registro imobiliário responsável pelo cadastro jurídico e a receita federal responsável pela tributação.

A grande inovação tecnológica aconteceu em 2013 com a implementação do SIGEF (Sistema de Gestão Fundiária), que é um portal na Internet que permite o acesso público de todas as informações territoriais rurais certificadas pelo INCRA. Através deste sistema os profissionais de cadastro habilitados pelo CREA (Conselho Federal de Engenharia, Agronomia e Geociências) e pelo INCRA, inserem seus trabalhos de levantamento cadastral. O sistema funciona através de certificação digital conforme os padrões da Infraestrutura de Chaves Públicas (ICP-Brasil).

As informações cadastrais são recebidas através de uma padronização de dados e sua validação é automatizada, verificando todas as inconsistências de dados conforme as normas técnicas. Não havendo nenhuma irregularidade é gerado um termo de responsabilidade pelas informações inseridas no sistema, em seguida é emitido o certificado do imóvel. Depois desse processo o sistema permite a impressão da planta do memorial descritivo e da certificação, que serão utilizados pelo profissional para retificação do imóvel no registro de imóvel. Existe a possibilidade de inclusão de novas informações do registro de imóveis (matrícula e proprietário) via internet, permitindo a efetiva sincronização entre os dados do cadastro geométrico e o cadastro jurídico.

O registrador responsável pelo cadastro jurídico compete verificar veracidade das informações territoriais presentes na certificação do imóvel, informando seu parecer positivo ou negativo no próprio SIGEF. Havendo alguma falha por parte do profissional de cadastro este será notificado pelo INCRA e devera responder sobre o seu levantamento cadastral.

Na Figura 2, apresenta os imóveis certificados pelo INCRA publicados pelo SIGEF. O acesso foi efetuado através do ARCGIS, em 3 de fevereiro de 2014, via geoserviço WMS (Web Map Service) no seguinte endereço eletrônico: <http://acervofundiario.incra.gov.br/i3geo/ogc.php?tema=d/>

ms4w/tmp/ms_tmp/hdhazW Otwt/hdhazWotwt.map&.

Segundo o site Mundogeo (2014), já foram certificados pelo sistema SIGEF 75,4 mil imóveis rurais em todo o País em universo de 5.204.130 imóveis. A área total de imóveis certificados é de 151,1 milhões de hectares no universo de 354.865.534 hectares (IBGE,2006). O mesmo site informa que INCRA firmou acordos de cooperação com vários órgãos públicos para acesso às bases de dados de imóveis rurais. Dentre os parceiros estão Banco do Brasil, Receita Federal, Tribunal de Contas da União, Banco Central, Polícia Federal, ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, do Trabalho e Emprego, Ministério Público Federal, além de 2.630 municípios.



Figura 2 - Imóveis certificados pelo INCRA
Fonte: INCRA (2014)

O cadastro fiscal é gerenciado pela Receita Federal que é responsável pela gestão do Imposto Territorial Rural (ITR) que é um imposto federal que é arrecadado através de uma declaração do contribuinte eletronicamente. Ao contrário do imposto territorial nas áreas urbanas em que é de responsabilidade dos municípios o cálculo e seu lançamento. Já no ITR cabe ao proprietário rural lançar o valor de sua propriedade. As informações cadastrais declaradas são: o valor da terra e o grau de produtividade

das mesmas. Com essas informações territoriais é calculado o valor do imposto devido. Sem fiscalização o proprietário declara um valor muito abaixo do mercado. O imposto continua sendo federal, de competência da União, pois a cobrança e todo o processo continuam sendo feito pela própria Receita Federal, uma vez que a responsabilidade do município se restringe unicamente à fiscalização dos valores declarados.

No ano de 2005 após reivindicação das entidades que representam os municípios foram publicas a Lei nº 11.250, de 27 de dezembro de 2005 e o Decreto nº 6.433, de 15 de abril de 2008. Ambos permitem os municípios assumirem a fiscalização e cobrança do ITR, por meio de convênio com a Receita Federal. Caberá ao município a atualização dos dados que definem o VTN (Valor da Terra Nua) - principal fator da base do cálculo do imposto.

O Cadastro Ambiental Rural foi implementado com a Lei nº 12.651/2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, revoga o Código Florestal (Lei 4.771/1965), no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, que é registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

O Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR foi criado em através do Decreto nº 7.830/2012, tem como objetivos fazer toda gestão dos dados do CAR dos entes federativos; monitorar a manutenção, a recomposição, a regeneração, a compensação e a supressão da vegetação nativa nos imóveis rurais; promover o planejamento ambiental e econômico do uso do solo e a conservação ambiental no território nacional. Também é responsável por disponibilizar informações de natureza pública sobre a regularização ambiental dos imóveis rurais na Internet. O cadastro é realizado de forma declaratória de responsabilidade do proprietário do imóvel. As informações cadastrais declaradas são as seguintes: Identificação do proprietário/posseiro, dados do imóvel, Geolocalização do imóvel, perímetro do imóvel rural, áreas de interesse social e de utilidade pública, áreas com remanescentes de vegetação nativa, APP (área de preservação ambiental) e área

de Reserva Legal, áreas de uso restrito, áreas consolidadas.

O Cadastro Ambiental Rural (CAR), ainda não elaborou uma norma técnica para delimitação das áreas de proteção ambiental, assegurando assim que a base geométrica dos limites definidores, sejam os mesmos da Lei nº 10.267/01, para efetiva confrontações de dados geoespaciais.

4. CONCLUSÕES

Existem várias formas de desenvolvimento de políticas públicas para implementação do cadastro multifinalitário. Entre elas podemos citar o levantamento cadastral de forma massiva (de todo universo cadastral), como adotado pelo governo de Portugal. Ou através da adoção de marcos jurídicos e normas técnicas como adotado na área rural no Brasil.

Podemos concluir que as políticas públicas implementadas na área rural no Brasil foram eficientes do ponto de vista financeiro na sua execução. Os números apresentados referem-se ao levantamento cadastral de propriedades rurais ligadas ao agronegócio, que necessitam do cadastro para dar de garantia jurídica aos seus financiamentos bancários. Como o levantamento é realizado pelo proprietário o País economizou milhões de reais na elaboração desses cadastros. Além dessa economia para o Estado, o modelo adotado gerou empregos e movimentou economia local, já que a norma obriga que o levantamento deva ser feito por profissional habilitado com registro no INCRA. Outro ponto relevante é que as normas técnicas e o SIGEF, exigem que os levantamentos cadastrais possuam qualidade posicional e temática dos seus dados.

O acesso a informações cadastrais rurais mesmo parcialmente como atualmente pelo SIGEF, já permite que o Estado e a sociedade se beneficiem do cadastro multifinalitário. A recente integração das informações do INCRA com os bancos como citado nesse artigo, promove uma maior segurança jurídica no financiamento da produção agrícola no País. A integração com o registro de imóveis promoveu uma maior segurança jurídica ao mercado imobiliário rural, atraindo maiores investimentos para esse setor da economia. Na cobrança de impostos territoriais foram criadas novas formas fiscalização que no futuro promoverá uma maior

ARTIGO 27

ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL, ESPAÇOS LIVRES E ÁREAS VERDES DA ÁREA URBANA DE PONTA GROSSA- PR UTILIZANDO IMAGEM DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO

QUEIROZ, Dulcina¹ & CARVALHO, Silvia Méri²

¹ Doutoranda do programa de pós- graduação em Gestão do território da Universidade Estadual de Ponta Grossa. (Brasil) Laboratório de Estudos Socioambientais-LAESA (Avenida Carlos Cavalcanti, 4748, CIPP -sala 114, Campus Uvaranas, Ponta Grossa-PR, Brasil. CEP:84030-900) email: dulcinah@gmail.com

² Docente Doutora do programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Ponta Grossa(Brasil) email: silviameri@brturbo.com.br

RESUMO

Foi analisada a distribuição da cobertura vegetal, espaços livres e áreas verdes para o ano de 2004 na área urbana de Ponta Grossa. Foram realizadas quantificações dos espaços livres e áreas verdes por bairro , a partir de produtos gerados pelas geotecnologias. Verificou-se que a cobertura vegetal ocupava 49% do total da área urbana. Os espaços livres ocupavam 2,5% de área composto por 230 espaços dos quais: 132 campos de esportes, 63 praças, 4 parques, 6 cemitérios e 8 clubes de lazer. As áreas verdes ocupavam 2% distribuídos em 102 espaços. Embora os resultados numéricos para cada categoria sejam indicadores positivos, a distribuição compromete a sua eficácia.

PALAVRAS-CHAVE

Geotecnologias, Mapeamento, Área urbana.

LAND COVER ANALYSIS IN PONTA GROSSA (PR, BRAZIL) USING HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY

ABSTRACT

The thesis classifies Ponta Grossa's vegetation, open spaces and green areas. Analysis its distribution along 2004. In this context, it quantifies open spaces and green areas per borough by means of geotechnologies. In turn, vegetal coverage had 49%. Finally, open space had an area of 2,5% composed by 230 spaces, they are: 132 sport fields, 63 public squares, 4 parks, 6 cemeteries and 8 clubs.. In summary, in spite of the fact the numeric results for each category can be classified as satisfactory, their distribution can not and might impairing their effectiveness.

KEYWORDS

Geotechnology, Mapping, Urban area.

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização tem se intensificado nos últimos anos principalmente nos países em vias de desenvolvimento, (ALMEIDA, 1999), onde se enquadra grande parte dos países da América Latina, incluindo o Brasil.

Dentro deste contexto a maioria das cidades brasileiras, incluindo Ponta Grossa tem passado por um período de intensa urbanização (SAHR, 2001) que levou à diminuição do verde urbano e redução dos aspectos relacionados com o meio natural e por isso, pretende-se analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal, espaços livres e áreas verdes na área urbana de Ponta Grossa- Paraná recorrendo a uma imagem de satélite de alta resolução.

2. METODOLOGIA

2.1. Recorte Espacial

O recorte espacial incide sobre o espaço urbano da cidade de Ponta Grossa, localizada nas coordenadas 25°09' S e 50°16'W, no 2º Planalto Paranaense da região dos Campos Gerais, estado do Paraná, região Sul

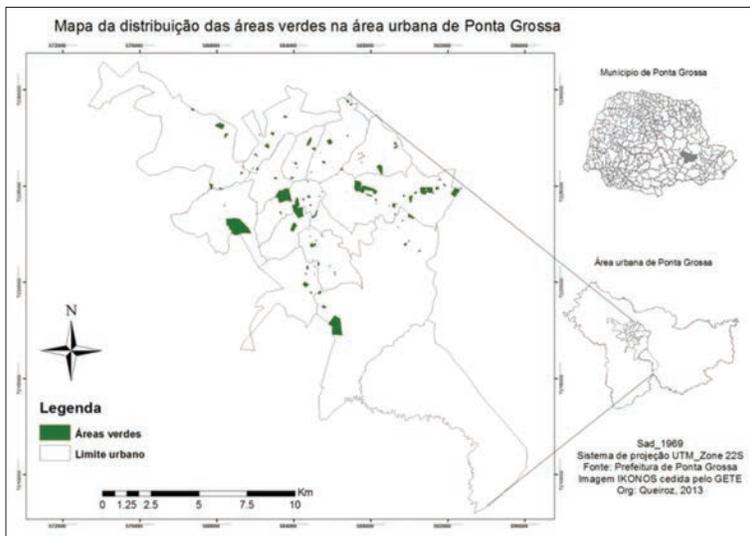


Figura 3 - Mapa da distribuição das áreas verdes na área urbana de Ponta Grossa

4. CONCLUSÕES

O recurso à imagem de satélite de alta resolução, permitiu mediante a configuração espacial de cada variável:

- Analisar visualmente de forma rápida e mais conclusiva a distribuição no espaço urbano das variáveis em análise e calcular com precisão a área que cada variável em análise ocupa no espaço urbano.
- Concluir que apesar dos valores parecerem positivos quanto ao seu número, a distribuição dos espaços livres e áreas verdes aparece fragmentada e concentrada nos bairros mais centrais, dificultando as populações periféricas de usufruírem desses espaços.
- Inferir que o processo de urbanização e de expansão urbana não contemplou eficazmente a criação de novas áreas verdes.
- Apenas 3,5 dos 50,4% de cobertura vegetal são sob a forma de áreas verdes.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, J R; Marques, Telma; Moraes, Frederico; Bernado, José (1999).
Planejamento ambiental. 2a edição, Thex Editora, Rio de Janeiro.

- BUCCHERI FILHO, Alexandre. Theobaldo (2006) ; NUCCI, João Carlos. (2006).
Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no Bairro Alto da XV -
Curitiba/PR, n. 18. Rev. Departamento de Geografia. 2006. p. 48-59.
- SAHR, Cecília (2001) Estrutura interna e dinâmica social na cidade de Ponta
Grossa. In: DITZEL, C. de H. M.; SAHR, C. L. L. Espaço e Cultura: Ponta
Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2001. P. 13- 36.

ARTIGO 28

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO INTERPOLADOR NA CRIAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT) - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE LAJEDINHO, BAHIA, BRASIL

*FARIAS, Renan Xavier¹; LIMOEIRO, Milena de Araújo²; REIS, Daniel Nadier Cavalcanti³;
SILVA, Mirele Viegas da⁴ & NASCIMENTO Santiago Henrique Anjos Soares⁵*

Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia da Universidade Federal da Bahia
Escola Politécnica, R. Aristides Novis, 02 - 6º andar - Federação - CEP: 40210-630, Salvador, Brasil
Tel: +55713283-9821; Fax: +557132839821;

¹ e-mail: rxfarias@hotmail.com; ² e-mail: milenaalimoeiro@gmail.com; ³ e-mail: danielnadier@hotmail.com;

⁴ e-mail: mirelevgs@gmail.com; ⁵ e-mail: santiago_anjos@hotmail.com

RESUMO

Esse trabalho descreve o resultado das análises de eficácia dos interpoladores Krigagem, Função de Base Radial e Curvatura Mínima na geração de um modelo digital de terreno pela superfície GRID (Grade Regular). Para comparar a qualidade de cada interpolador foi utilizado como parâmetro o valor do coeficiente de variação da coordenada Z do modelo gerado. Foi analisada também a apresentação visual de cada modelo.

PALAVRAS-CHAVE

MDT, Krigagem, Função de base radial, Curvatura mínima.

ANALYSIS OF INTERPOLATOR INFLUENCE IN DIGITAL TERRAIN MODELLING (DTM) GENERATION - A CASE STUDY IN LAJEDINHO DISTRICT (BAHIA, BRAZIL)

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_28

ABSTRACT

This paper describes the results of effectiveness analysis of using the radial basis function, kriging and minimum curvature interpolators to obtain a Digital Terrain Model (DTM). In order to compare the quality of using each interpolator was used as parameters the value of coefficient of variation from each model. The visual presentation of each model also was analyzed.

KEYWORDS

DTM, TIN, Kriging, Radial basis function, Minimum curvature.

O MDT consiste basicamente na representação computacional do comportamento do relevo de uma superfície topográfica. Na construção de um MDT são usados como parâmetros as coordenadas X, Y e Z de pontos sobre o terreno. O método mais adequado para construção de um MDT depende de como ocorreu à distribuição geométrica de pontos durante a coleta de dados e também do comportamento do relevo do terreno. Os métodos de construção de um MDT mais comuns são os conhecidos como superfícies matriciais ou GRID (Grade Regular) e superfícies TIN (Grade Irregular). As superfícies matriciais ou GRID consiste na coleta dos dados amostrais (X,Y) com a distribuição espacial dos pontos obtidos em uma direção “constante”. Já nas superfícies TIN, a coleta dos pontos amostrais dar-se com espaçamento e distribuição desordenada, apenas em virtude da característica do terreno.

Foram analisados três dos mais populares métodos interpoladores utilizados na construção de um MDT: Krigagem, Função de Base Radial e Curvatura Mínima. Esses foram escolhidos por serem interpoladores comumente utilizados em trabalhos cujos resultados foram satisfatórios. Como, por exemplo, Berveglieri *et al.* (2011), que utilizou krigagem em MDT's, para comparar casos de isotropia e anisotropia; Silva (2012), que aplicou a Função de Base Radial para análise da Cota de Inundação e Recorrência para a Enseada do Itapocorói e Praia do Morro dos Conventos; e Medina & Medina (2007), que representou uma Superfície Topográfica com o interpolador Curvatura Mínima, citando suas vantagens e desvantagens.

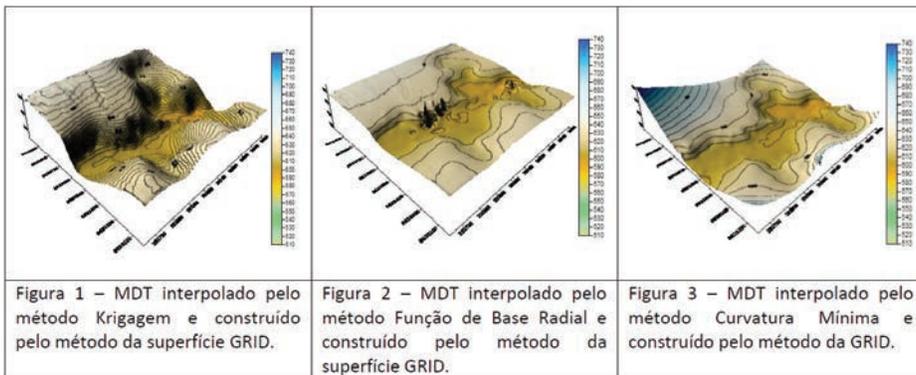
A técnica da krigagem consiste em estimar valores médios e também uma medida de variabilidade dessa estimativa. Seus pesos são calculados

com base na distância entre a amostra e o ponto estimado; na continuidade espacial e no arranjo geométrico do conjunto. (BETTINI, 2007). A função de base radial consiste em calcular o valor interpolado com total dependência da distância euclidiana entre os pontos. Método aplicado quando o objetivo é produzir mapas com superfícies suavizadas. E no método de curvatura mínima admite-se que dois pontos adjacentes de um levantamento que eles estejam contidos num mesmo arco, sendo este arco localizado em um plano, no qual se conhece a inclinação e o ângulo de orientação (MEDINA & QUINTAS, 2008).

A área de estudo é o município de Lajedinho - Bahia, onde ocorreu uma catástrofe ambiental no dia 08 de Dezembro de 2013, quando uma chuva de cerca de 120mm atingiu a localidade por, aproximadamente, 3 horas. Como consequência, o rio Saracura, que corta a cidade, transbordou e inundou grande parte da área urbana do município. Dezenas de casas foram arrastadas pelo rio, cerca de 200 famílias ficaram desabrigadas e 17 pessoas morreram. Dois dias após a tragédia a prefeitura da cidade decretou estado de calamidade pública.

O levantamento planialtimétrico foi realizado com a utilização de receptores GNSS de dupla frequência através do método Stop and Go. As coordenadas dos pontos foram determinadas no sistema SIRGAS2000. As altitudes geométricas (h) foram convertidas em altitudes ortométricas (H) com uso do MAPGEO 2010, IBGE. Para a realização do levantamento foram estabelecidos pontos em secções aproximadamente transversais ao rio e que se afastavam entre si em aproximadamente 50 metros. Foram coletados um total de 430 pontos, que cobriram uma área de cerca de 458428m². A incerteza posicional de 95% dos pontos levantados foi de ± 2 mm para as coordenadas planimétricas (N, E) e de ± 4 mm para as coordenadas altimétricas (H).

Os modelos foram construídos com o auxílio do software Surfer 8, onde foram inseridos os dados das coordenadas tridimensionais dos pontos levantados. São apresentados abaixo os três modelos construídos pelos interpoladores Krigagem (Figura 1), Função de Base Radial (Figura 2) e Curvatura Mínima (Figura 3).



A análise de precisão do modelo gerados foi baseada no valor do coeficiente de variação da coordenada Z, uma medida de dispersão relativa comumente utilizada para avaliar a precisão de experimentos. O coeficiente de variação (cv), é obtido pela razão entre o desvio-padrão (σ) e a média (μ). Segundo Gomes (2000), nos experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10%, diz que o coeficiente de variação é baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão. Os modelos gerados com a utilização dos interpoladores Krigagem, Função de Base Radial e Curvatura Mínima apresentaram, respectivamente, coeficiente de variação no valor de 2,394%, 2,534% e 4,173%. O conhecimento do real comportamento do terreno também é muito importante para a realização de críticas sobre a qualidade do resultado final do modelo. Então, vale ressaltar, que a superfície topográfica da área de estudo apresenta relevo bastante acidentado. Portanto, o interpolador Função de Base Radial não forneceu uma representação visual muito coerente da área, uma vez que suavizou bastante uma área que não possui esse comportamento. O interpolador Curvatura Mínima também gerou um modelo com certa suavização no terreno. Já o interpolador Krigagem, visualmente, foi o mais adequado para a representação da área de estudo, pois foi o que gerou um modelo mais coerente com a conhecida realidade terreno.

Conclui-se que o experimento apresenta alta precisão para o uso de todos os interpoladores testados, pois o coeficiente de variação permaneceu abaixo de 10% para todos os interpoladores testados, em conformidade com os estudos de Gomes (2000). No entanto, como quanto menor for

o valor desse coeficiente, melhor é a precisão do experimento, o interpolador Krigagem foi eleito como o mais adequado, por apresentar o menor valor de coeficiente de variação, 2,394%. E ainda, pela análise visual, esse foi o interpolador que mais se aproximou qualitativamente da superfície topográfica real, demonstrando claramente os locais onde acontece elevação, declividade e suavização do terreno analisado.

BIBLIOGRAFIA

- BERVEGLIERI, Adilson *et al.* - "Aplicação do Interpolador Krigagem em Modelos Digitais de Terrenos, Comparando-se os Casos de Isotropia e Anisotropia". Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, Brasil, 2011, INPE p.7222. Disponível online no endereço url: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0693.pdf> (Acedido em 09 Março, 2014).
- BETTINI, Cláudio (2007) - Conceitos básicos de geoestatística. In: MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. (Ed.). Geomática: modelos e aplicações ambientais. Brasília: Embrapa. cap. 4, p. 193-234.
- MEDINA, Alex & MEDINA, Simone (2007) - "A Representação da Superfície Topográfica Através de Modelos Digitais de Terreno". Graphica, Curitiba, Paraná. Disponível online no endereço url: http://www.degraf.ufpr.br/artigos_graphica/AREPRESENTACAODASUPERFICIET OPOGRAFICA.pdf (Acedido em 09 Março, 2014).
- MEDINA, Alex & QUINTAS, Márcia - " O método de interpolação de curvatura mínima". II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, PE, 2008. Disponível online no endereço url: http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizad o/cart_sig/172.pdf (Acedido em 09 Março, 2014).
- MILLER & LAFLAMME apud DRUZINA, Aline. Dissertação de Mestrado, 2007. Disponível online no endereço url: http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/Dissert_AlineDruzina.pdf (Acedido em 09 Março, 2014).
- SILVA, Guilherme - "Cota de Inundação e Recorrência para a Enseada do Itapocorói e Praia do Morro dos Conventos, Santa Catarina". 2012. Disponível online no endereço url: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/56330/000860662.pdf?sequence=1> (Acedido em 25 Março, 2014)

ARTIGO 29

UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MÉTODO GNSS DE PPP E OS MÉTODOS GEODÉSICOS CONVENCIONAIS

*ARNAUT, Adriana Andrade*¹; *SANTOS, Antonio José Prado Martins*²

*& SANTOS, Christian Pereira Lopes dos*³

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Catu (Brasil) Rua Barão de Camaçari, 118, Centro, 48110-000, Catu, Bahia, Brasil Tel: +55 71 36417901;

¹ e-mail: adriana.arnaut@catu.ifbaiano.edu.br; ² e-mail: antonio.prado@catu.ifbaiano.edu.br; ³ e-mail: christian.santos@catu.ifbaiano.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta comparativos de resultados de coordenadas obtidas por dois métodos de posicionamento GNSS: Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) e estático pós-processado. Os resultados mostram que, a depender da finalidade do levantamento, tanto pontos obtidos pelo método GNSS do PPP com receptores geodésicos (L1/L2), como os obtidos pelo método estático pós-processado em redes topográficas locais com receptores topográficos (L1), podem ser usados na obtenção de pontos de controle para levantamento topográfico convencional.

PALAVRAS-CHAVE

Rede topográfica, GNSS, Posicionamento, PPP.

A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN GNSS METHOD GNSS OF PPP AND CONVENTIONAL GEODESIC METHODS

ABSTRACT

This article presents the results of the comparison between the coordinates yielded by two GNSS positioning methods: Precise Point Positioning (*PPP*) and static post process. The results show that, depending on the purpose of the surveying, the points yielded by GNSS of PPP methods with geodesic receivers (L1/L2) and the points yielded by the static post process in topographic local network with topographic receivers (L1), can be used in order to yield points of control for a conventional topographic surveying.

KEYWORDS

Topographic Network, GNSS, Positioning, PPP.

1. INTRODUÇÃO

Uma rede ou um conjunto de pontos referenciados geograficamente em um mesmo sistema de referência é de fundamental importância para o desenvolvimento de atividades em diversos campos de trabalho e finalidades, nas áreas de construção civil, meio ambiente, geoprocessamento, mapeamento, levantamento topográfico, dentre outros. Este conjunto de pontos pode ser obtido através de métodos e técnicas de levantamentos que, ao longo do tempo, passaram por diversas evoluções. Desde que foram disponibilizados para uso civil, os sistemas de posicionamento e navegação por satélites vêm contribuindo muito nos levantamentos geodésicos e topográficos, possibilitando de forma mais rápida e precisa a obtenção de coordenadas geodésicas de pontos na superfície terrestre.

O presente trabalho foi motivado pelos resultados de levantamentos em atividades de aulas do curso Técnico em Agrimensura, *Campus* Catu, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), ao estudar a obtenção de pontos por método de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) e posicionamento estático pós-processado por meio da tecnologia de Sistema de Navegação Global por Satélites (GNSS). Este trabalho tem como objetivo mostrar uma comparação entre coordenadas obtidas pelos métodos de posicionamento em estudo, verificando qual destes apresenta melhor resultado para uso em levantamentos topográficos planimétricos.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

O PPP é um método de posicionamento GNSS que requer fundamentalmente o uso de efemérides e correções dos relógios dos satélites, ambos com alta precisão (MONICO, 2007, 314). Para tanto, o ponto deve ser rastreado por um receptor GPS de simples ou dupla frequência durante algumas horas. Já no posicionamento relativo estático, os receptores GPS/GNSS utilizados devem rastrear, simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo de 20 minutos até várias horas. Pode-se trabalhar com as observáveis de pseudodistância ou fase da onda portadora, a depender do comprimento da linha base, pois conforme o IBGE (2008, 10, *apud* MONICO 2000) “levantamentos realizados em linhas de base com comprimento inferior a 10 km, cujos receptores estejam estacionados em locais onde não haja ocorrência de obstrução e sob condições ionosféricas favoráveis, 20 minutos são suficientes para se conseguir solução das ambiguidades com receptores de simples frequência”.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Os levantamentos GNSS do *Campus* foram realizados conforme especificações técnicas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). No rastreamento dos pontos visando o processamento através do método PPP, cada ponto foi ocupado por um receptor geodésico (L1/L2), da marca Magellan e modelo PROMARK 500, durante um tempo de rastreamento de 3 horas. Os dados foram processados utilizando o serviço PPP do IBGE através do sítio <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.html>. Quanto ao rastreamento dos pontos pelo método estático pós-processado para implantação da rede geodésica, utilizou-se um receptor geodésico PROMARK 500, instalado em um ponto base identificado como GDS-M-0002, implantado pela Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), e, ao mesmo tempo, outros dois pontos da rede foram ocupados por receptores GPS topográficos (L1), da marca Magellan e modelo PROMARK 3. O rastreamento em cada ponto durou em média 30 minutos pelo fato do comprimento da linha base ser menor que 10 km. Buscou-se a permuta dos receptores, ocupando todos os pontos de forma que em cada ponto fossem rastreados os mesmos satélites du-

rante o mesmo período de tempo, configurando assim a rede geodésica conforme a Figura 1. Quanto ao processamento e ajustamento dos dados obtidos para a finalidade da rede, utilizou-se o *software GNSS Solutions*.

Para avaliar a qualidade dos pontos PPP e da rede geodésica, buscou-se comparar os resultados de ângulos e distâncias obtidos pelas coordenadas, a partir de formulações da geometria euclidiana e do problema inverso de Puissant, com observações de ângulos e distâncias obtidos por métodos convencionais da topografia.

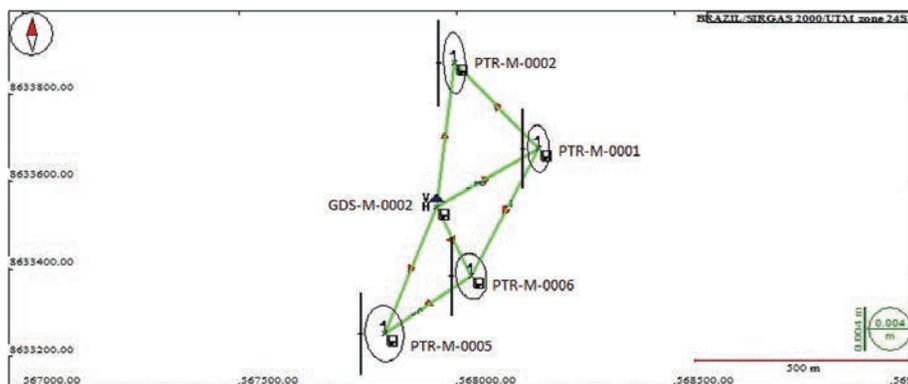


Figura 1 - Rede geodésica do IF Baiano *Campus* Catu
Vista obtida do *software GNSS Solutions*

O método utilizado para obtenção dos ângulos na topografia convencional foi o das direções em posição direta (PD) e posição inversa (PI), por meio de uma Estação Total da marca Ruide modelo RTS821. Para comparar estas observações angulares e lineares medidas pelos equipamentos topográficos com as obtidas pelos métodos GNSS, as coordenadas planas UTM (Universal Transversa de Mercator) no sistema geodésico SIRGAS 2000 foram transformadas para coordenadas topográficas locais utilizando o *software DataGeosis Office*, versão Demo.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as coordenadas planas UTM e as coordenadas planas topográficas locais (PTL) obtidas a partir dos métodos GNSS.

Tabela 1 - Coordenadas planas UTM e PTL

MARCO	ESTÁTICO PÓS-PROCESSADO		PPP		DIFERENÇAS	
	E (m)	N (m)	E(m)	N(m)	DE(m)	DN(m)
PTR-M-0002	567994,114	8633870,556	567994,220	8633870,564	0,110	0,010
PTR-M-0001	568186,908	8633676,520	568186,991	8633676,542	0,080	0,020
PTR-M-0006	568032,399	8633383,509	568032,489	8633383,520	0,090	0,010
PTR-M-0005	567834,257	8633253,120	567834,300	8633253,118	0,040	0,002
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	DX (m)	DY (m)
PTR-M-0002	150000,000	250000,000	150000,000	250000,000	0,000	0,000
PTR-M-0001	150193,343	249806,319	150193,320	249806,332	0,020	0,010
PTR-M-0006	150039,442	249512,801	150039,427	249512,803	0,020	0,002
PTR-M-0005	149841,507	249381,884	149841,444	249381,873	0,060	0,010
Observações: SGR - SIRGAS 2000; Meridiano Central - 39° W; Fuso UTM - 24; No PTR-M-0002, as diferenças nas coordenadas foram nulas uma vez que foi considerado o plano topográfico tangente a este ponto.						

Observa-se nas coordenadas PTL uma maior variação em X na ordem de 0,060 m enquanto que em Y a maior diferença foi de 0,010 m.

A Tabela 2 apresenta os ângulos e distâncias obtidos matematicamente em função das coordenadas planas UTM e os ângulos e distâncias obtidos pela Estação Total em campo.

Tabela 2 - Valores de ângulos e distâncias

MÉTODO	OBSERVAÇÃO	M-0006/M-0001/M-0002	M-0005/M-0006/M-0001
Estático Pós-processado	Ângulo	107°22'50"	151°09'02"
	Distância	273,667m	331,419m
PPP	Ângulo	107°23'03"	151°08'41"
	Distância	273,642m	331,425m
Estação Total	Ângulo	107°22'47"	151°08'52"
	Distância	273,628m	331,374m

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Comparando os dados na Tabela 2 referentes aos três métodos, pode-se observar que os valores obtidos pelo método de posicionamento GNSS estático pós-processado em rede, aproximaram-se dos resultados

obtidos pela Estação Total, principalmente nas observações angulares. Cabe ressaltar que, pela finalidade do equipamento, para os resultados apresentados levando em consideração o método de posicionamento e as características utilizadas, os receptores GPS de uma frequência apresentaram resultados aceitáveis para fins de levantamentos topográficos. Nas distâncias, por exemplo, observa-se que ambos os métodos de posicionamento obtiveram variação máxima na ordem de 0,050 m o que confirma o uso em diversos tipos de trabalhos topográficos.

6. CONCLUSÃO

É de fundamental importância o georreferenciamento de pontos para uso como base/referência nos levantamentos topográficos. A precisão destes pontos deve atender as normas vigentes no País, bem como à finalidade do trabalho que será executado. Pôde-se observar neste trabalho que as coordenadas PTL de bases curtas obtidos com o método estático pós-processado em rede com receptor GPS de uma frequência atendem consideravelmente aos levantamentos topográficos convencionais e que o mesmo pôde ser observado com as coordenadas PTL obtidas em função do método GNSS do PPP, porém com resultados um pouco menos favoráveis no quesito ângulos. Assim, a depender da finalidade do levantamento, tanto a obtenção de pontos por método GNSS do PPP quanto o uso do método estático pós-processado em redes obtidas com receptores topográficos, pode ser usado para pontos de controle planimétricos na topográfica convencional.

BIBLIOGRAFIA

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE (2008) - Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos - GPS. Disponível online no endereço url: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/recom_gps_internet.pdf (acedido em 13 Janeiro, 2014).
- MONICO, João Francisco Galera (2007) - Posicionamento pelo GNSS - Descrição, fundamentos e aplicações. Editora UNESP, 2ª ed., São Paulo, 480 p.

ARTIGO 30

DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARÚ, MARANHÃO

*CUTRIM JÚNIOR, Valdir*¹; *PEREIRA, Paulo Roberto Mendes*²;

*FEITOSA, Antonio Cordeiro*³; *VIEGAS, Josué*⁴

^{1,2} Estudante de Geografia do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão; Pesquisador Auxiliar do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais - NEPA; Integrante do Grupo de Pesquisas dos Sistemas Ambientais Maranhenses do CNPq; Av. dos Portugueses, nº 1966. CCH, B2. sala 4 NEPA, CEP: 65080-805 - Cidade Universitária, São Luís - MA, Brasil; Telefone: + 55 (98) 88017807;

¹ email: valdir.cutrim@gmail.com; ² p.roberto18@hotmail.com

³ Professor Doutor Adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão; Pesquisador do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais - NEPA; Coordenador do Grupo de Pesquisas dos Sistemas Ambientais Maranhenses do CNPq; Telefone: + 55 (98) 3272-8306; email: acfeitos@gmail.com

⁴ Estudante de Pós-graduação da Universidade Estadual Paulista - FTC/UNESP de Prudente; Pesquisador Auxiliar do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais - NEPA; Integrante do Grupo de Pesquisas dos Sistemas Ambientais Maranhenses; Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen, 305. CEP 19060-900. Presidente Prudente - São Paulo, Brasil. Telefone: + 55 (18) 981283193; email: josueviegasgeo@hotmail.com

RESUMO

Nos anos de 1960, a Amazônia brasileira vive um acentuado processo de exploração. No Maranhão, a exploração da Amazônia começa com a construção das BR 316 (1958), BR 010 (1959), BR 222 (1968) e Ferrovia Carajás (1982) que impulsionaram atração de lavradores, madeireiros, indústrias e a formação de novos municípios. O município de São João do Carú, Maranhão é resultado desse processo, com uma área de 6,155 Km², 27,13% está em terra indígena Awá e 17,38% no REBIO Gurupi; o desflorestamento e introdução da pecuária foram as principais mudanças nos últimos 30. Para detecção das mudanças utilizaram-se imagens Landsat 5 TM de 1984 e 2008, uniformização radiométrica nas séries multitemporais,

NDVI, composição NDVI-Band2-Band5, segmentação, realce e classificação. Os resultados mostraram que a vegetação arbórea em 1984 (60%), apresentou um redução de 22,3%; a vegetação herbácea (23%), cresceram 27,5%; a classe de área de cultivo, (12%) teve redução de 1,47%. Os resultados apontam o avanço do desmatamento em Terras Indígenas e na reserva Biológica do Gurupi no município, o avanço das práticas agrícolas e a exploração da madeira ilegal está ocasionando conflitos com indígenas e perda do REBIO Gurupi.

PALAVRAS-CHAVE

Terras indígenas, REBIO Gurupi, São João do Carú, Amazônia, Cobertura da terra.

LAND USE & LAND COVER DYNAMICS IN SÃO JOÃO DO CARÚ DISTRICT (MARANHÃO, BRAZIL)

ABSTRACT

Since years 1960, the Brazilian Amazon live a severe process of exploration. In Maranhão, exploration of the Amazon begins with the construction of the BR 316 (1958), BR 010 (1959), BR 222 (1968) and Carajás Railway (1982) that boosted the attraction of farmers, loggers, industries and the formation of new counties . The municipality of São João do Carú, Maranhão, is the result of this process, with an area of 6,155 km², 27.13% are Awa indigenous land and 17.38% in REBIO Gurupi; deforestation and introduction of livestock were the major changes in the last three decades. To detect the changes we used Landsat 5 TM images from 1984 and 2008, radiometric uniformity in the time series, NDVI, NDVI composition-Band2-Band5, segmentation, enhancement and classification . The results showed that the woody vegetation in 1984 (60%) presented a reduction of 22.3%; herbageous vegetation (23%), increased 27.5%; class area of cultivation (12%) had a reduction of 1.47%. The results indicate the advance of deforestation in indigenous territories and Gurupi Biological Reserve in the municipality, the advancement of agricultural practices and illegal logging is causing conflicts with indigenous and loss REBIO Gurupi.

KEYWORDS

Indigenous lands, REBIO Gurupi, São João do Carú, Amazon, Land cover.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica do cobertura da terra é uma abordagem comumente feita em estudos remotos sendo de grande relevância em levantamentos de condições ambientais e estudos de impactos. É uma etapa fundamental para a gestão ambiental, pois consiste no ponto de partida para delimitação e

gestão de áreas de conservação. Em regiões como a Amazônia brasileira esses estudos têm sido desenvolvidos em grande escala, em função da grande extensão e do difícil acesso em muitas áreas, além disso, o rápido processo de exploração do bioma, principalmente a partir dos anos 1960, detecta uma tendência de desflorestamento num ambiente pouco conhecido. Objetivando representar o grau de mudança na região devido o advento da exploração econômica na Amazônia nos últimos 50 anos, diferentes programas de detecção e controle do desflorestamento foram desenvolvidos destacando-se: o DETER - Detecção de Desmatamento em Tempo Real; o DEGRAD - que consiste em um sistema destinado a mapear áreas em processo de desmatamento com imagens LANDSAT e CBERS; o PRODES - que mede as taxas anuais de cortes rasos para os períodos de agosto do ano anterior a julho do ano corrente considerando desmatamento como áreas superiores a 6,25 hectares; e o projeto RADAM que é pioneiro no mapeamento das formas de uso do solo na Amazônia desde os anos de 1970. Esses projetos foram e são cruciais, pois reúnem informações fundamentais para análise da dinâmica local possibilitando a modelagem de ambiente até o momento pouco conhecidos. Tais práticas impulsionam o desenvolvimento de novos métodos de análise da dinâmica ambiental. Neste caso, o estado do Maranhão apresenta características privilegiadas com a presença de biomas Costeiros, Cerrado e a Amazônia, caracteriza-se como uma área de transição, apresentando uma complexa diversidade de ambientes que necessitam atenção para sua proteção. Cerca de 3% do Maranhão encontra-se na floresta Amazônica onde se estima acentuada a perda da florestal original principalmente a partir dos anos 1980, restando apenas os territórios indígenas e a Reserva Biológica do Gurupi - REBIO como as únicas áreas que ainda mantêm a cobertura original, tornando o estado como uma área crítica. O processo de desflorestamento ocorrido principalmente nos últimos 30 anos, vem tornando a Amazônia maranhense cada vez mais fragmentada, em face da importância do município de São João do Carú no contexto Amazônico do Maranhão, é de suma importância a análise da dinâmica cobertura da terra em nível municipal, pois possibilita identificar e quantificar os tipos de cobertura e os momentos históricos que dada mudança ocorreu

aplicando e testando materiais e técnicas de sensoriamento, contribuindo para o desenvolvimento de estratégia de conservação ambiental prevenção de impactos.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

No município de São João do Carú, Maranhão (Figura 1), o processo de mudança da cobertura da terra se acelerou a partir da construção das BR 316 (1958), BR 010 (1959), BR 222 (1968) e da Ferrovia Carajás (1982) que contribuíram para impulsionar a ocupação das áreas em torno de terras indígenas e áreas de preservação ambiental (LIMA, 1998) atraindo lavradores, madeireiros, indústrias entre outros grandes empreendimentos, que contribuíram para supressão da vegetação nativa e crescimento dos conflitos socioambientais entre índios da região e os ocupantes recém-chegados.

As terras da comunidade indígena Awa-guajá são uma das mais afetadas com o desflorestamento no Maranhão, esse processo segundo Palmeira (2011) ocorreu partir de 1958 com a construção da rodovia Belém-Brasília e culminou com a estrada de ferro Carajás (1982) constituindo-se um longo e rápido processo de desflorestamento da vegetação primária do oeste do estado do Maranhão.

Mais de 80% dessa riqueza do Maranhão foi perdida nos últimos 40 anos (MARTINS & OLIVEIRA, 2011). O esgotamento da atividade madeireira na região de imperatriz deslocou o abate de árvores para as áreas de reservas. A demanda por carvão para a indústria de ferro-gusa levou à derrubada indiscriminada de qualquer espécie de árvore, não apenas aquelas de madeira nobre. A criação de gado exigiu a expansão das pastagens e mais derrubada. Além disso, graves problemas sociais vieram a afligir os moradores como: superexploração, escravidão, grosseiras irregularidades fundiárias.

Devido ao longo processo de desflorestamento da Amazônia maranhense, as terras indígenas passam a constituir as poucas áreas em que ainda se encontra floresta Amazônica preservada. Porém, o Maranhão “é o estado da Amazônia Legal que possui o menor grau de ocupação

do espaço com áreas protegidas, apresenta alto grau de desmatamento e fragmentação florestal e um dos menores índices de desenvolvimento humano” (MARTINS & OLIVEIRA, 2011).

No municípios de São João do Carú, no qual incide a Terra Indígena Awá e a reserva Biológica do Grupi (REBIO do Gurupi) possui uma importância estratégica para a proteção da floresta Amazônica no Maranhão, pois este município interliga a terra indígena Awá com terra indígena Carú que também constitui uma das poucas área floresta primária no Maranhão ambos cada vez mais fragmentadas.

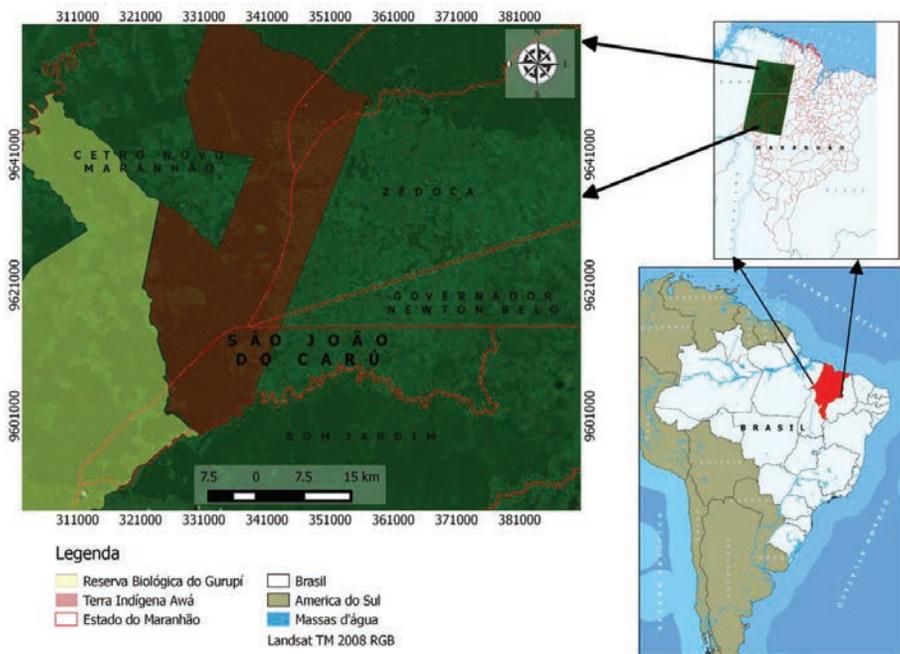


Figura 1 - localização de São João do Carú no estado do Maranhão, Brasil
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Ministério do Meio Ambiente; Fundação Nacional do Índio/Landsat 5 TM 2008

3. METODOLOGIA

3.1. Procedimentos

Para a modelagem e análise dos dados utilizou-se os programas Spring 5.2.5 e Qgis 2.0.1, os procedimentos de modelagem foram:

- Aquisição das imagens Landsat 5 TM de 1984 e 2008 no catálogo de imagens do INPE;
- Coregistro das imagens Landsat com base na Geocover Ottorretificada no programa Spring;
- Uniformização radiométrica das bandas 4 e 3 de 2008 com as bandas 4 e 3 de 1984;
- Recorte das imagens utilizando o limite municipal de São João do Carú em formato vetorial da base de dados do IBGE 2010;
- Calculo do NDVI no programa Spring com Ganho 20 e OffSet 125;
- Segmentação 8X10 no Spring utilizando as imagens NDVI, Banda 2 e Banda 5;
- Aplicação do contraste linear na imagem de 2008 e realce raiz quadrada na imagem de 1984 utilizando o Spring para melhor identificação e classificação das imagens;
- Quantificação das classes no Qgis 2.0.1;
- Construção do Layout no Qgis 2.0.1;

No procedimento de uniformização radiométrica das bandas 3 e 4, as imagens Landast 5 TM de 2008, foram definidas como a imagem de referência (R) para a uniformização dos valores das bandas 3 e 4 da imagem de 1984, imagem ajustada (S). Com base na análise estatística de imagem no programa Spring 5.2.5 obteve-se a média e a variância das imagens de ambas as datas, em seguida, com os resultados obtidos na análise estatística definiu-se o ganho e offset para uniformização (retificação) radiométrica:

BANDA 3		
Imagens	Média	Variância
R	53.8022	106.481
S	18.0846	29.8566

Ganho: 1.8884

Offset: 19.6513

BANDA 4		
Imagens	Média	Variância
R	64.9429	116.54
S	69.2374	252.154

Ganho: 0.6798

Offset: 17.8728

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Uniformização Radiométrica

A uniformização radiométrica ou Normalização Radiométrica é um

procedimento utilizado quando se utiliza imagens multitemporais afim de corrigir os efeitos atmosféricos causados por aerossóis heterogêneos, o objetivo é compatibilizar os níveis de cinza das imagens para reduzir as distorções dos valores dos pixels entre as imagens, sendo assim utiliza-se a análise estatística no programa Spring para se obter os valores de média e variância das bandas 3 e 4 de 2008 como referência para ajustar as bandas correspondentes na imagem de 1984. "Este método consiste em igualar as médias e variâncias de duas imagens, através de uma transformação linear. Para isto, são calculados os parâmetros (ganho e offset) da função que quando aplicada à imagem de ajuste, a imagem resultante tenha a mesma média e variância da imagem de referência" (LEONARDI, SOUSA & FONSECA, 2003), Conhecido como Método de Uniformização das Medidas e Variância - UMV. A formulada de uniformização radiométrica é dada pelos seguintes cálculos¹:

Calculo do *offset*

$$ganho = \mu R - \sqrt{\frac{\sigma_R^2}{\sigma_S^2}} \cdot \mu S$$

Calculo do Ganho

$$S' = S \cdot ganho + offset$$

σ_R^2 : variância da imagem de referência;

σ_S^2 : variância da imagem de ajuste;

μR : média da imagem de referência;

μS : média da imagem de ajuste.

S' : imagem uniformizada

S : imagem de ajuste

4.2. Cobertura da Terra

"A expressão uso e cobertura da terra é um conceito híbrido, formado por dois termos: "Cobertura da Terra", referente aos atributos físicos da superfície terrestre, enquanto, o "Uso da Terra" diz respeito aos motivos pelos quais o homem maneja a cobertura do solo" (ALVES, 2004). Deste modo, para o sensoriamento remoto a cobertura da terra está relacionada à resposta espectral dos elementos da superfície terrestre que interagiram

¹ SANTOS, Alexandre Rosa dos, PELUZIO, Telma Machado de Oliveira & SAITO, Nathália Suemi. SPRING 5.1.2 Passo a Passo: Aplicações Práticas. Alegre - ES, 2010.

com fontes próprias ou exógenas de energia eletromagnética que é refletida nos mais diferentes comprimentos de onda cada um representando uma característica biofísica da terra. É importante ressaltar que também é utilizado a expressão "Uso e Cobertura do Solo", no qual é sinônimo de "Uso e Cobertura da Terra", pois terra está relacionado a terra arável que é também chamada de solo agricultável, terra vegetal ou simplesmente solo, corresponde ao horizonte A"(GUERRA & GUERRA, 2008). Ao considerar cobertura da terra para Di Gregório (2005): "Considera-se cobertura da terra em seu mais puro *strito* senso, deve-se ser definida para a descrição da vegetação e coberturas artificiais. Conseqüentemente, as áreas onde a superfície consiste em rocha ou solo nu que são a própria terra em vez de cobertura do solo. Comumente, isso é discutível se as superfícies da água são realmente cobertura da terra. Portanto, na prática, a comunidade científica usualmente inclui estas cobertura dentro dos temas das camadas de cobertura da terra" (Tradução Livre do Autor).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise remota permite identificar feições em áreas onde o acesso é restrito, em que se exige autorização legal dos órgãos responsáveis para o desenvolvimento de trabalhos de campo. A disponibilização de imagens de satélite por instituições como: o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e United States Geological Survey - USGS possibilitam a divulgação e o acesso a informações a comunidade em geral a respeito do espaço geográfico brasileiro que ainda é pouco conhecido. A aplicação de técnicas de análise *a priori* é um procedimento que exige um certo grau de conhecimento teórico do pesquisador sobre as características físicas da área de interesse para aplicação da melhor técnica de realce das feições que provavelmente ocorrem na área.

Os procedimento "contraste linear" aplicado nas imagens de 2008, o "realce da raiz quadrada" nas imagens de 1984 e o "realce linear" nas imagens NDVI dos respectivos anos, ajudou na detecção de feições urbanas, nos quais, esses procedimentos foram uma importante etapa para segmentação e classificação *a priori* no programa Spring. A composição NDVI, Banda 2 e Banda 5 na Landsat 5 TM de 2008 revelaram resultados satisfatórios, no entanto, as imagens de 1984 mostram uma diferenciação significativa com a classificação de 2008 não sendo possível distinguir a

classe "área urbana" nas imagens de 1984 (Figura 2 e 03).

Os resultados da classificação segmentada apontam que houve uma expressiva mudança entre os anos de 1984 e 2008, onde detectou-se um crescimento de 27,5% da vegetação herbácea no município de São João do Carú, tornando-se a classe predominante em 2008, em detrimento de um redução de 22,3% de vegetação arbórea, assim como, uma significativa redução de 1,47% da área de cultivo (Tabelas 01 e 02).

A análise aponta também que as áreas protegidas estavam sendo explorada de maneira ilegal, pois parte da vegetação primária do Rebio Gurupi e da Terra indígena Awa tiveram uma perda de 28,8% e 21,7% respectivamente. Esta perda está atrelada a exploração ilegal da madeira, desenvolvimento de plantações e a forte uso do solo como pasto, da qual boa parte da cobertura herbácea é utilizada para este fim (Tabela 03 e 04).

Tabela 1 - Medidas das classes do município de São João do Carú em 1984

Classes de Uso e Cobertura da Terra identificadas	Área em Km ² de cada classe no município	Percentual da área do município ocupado por cada classe
Vegetação arbórea	376,0	60,0%
Vegetação herbácea	140,23	23,0%
Área de Cultivo	73,0	12,0%
Nuvens	11,0	2,5%
Sombra	6,0	1,0%
Solo Exposto	3,0	0,53%
Corpos Hídricos	1,0	0,14%
Total	610,23	100

Tabela 2 - Medidas das classes do município de São João do Carú em 2008

Classes de Uso e Cobertura da Terra identificadas	Área em Km ² de cada classe no município	Percentual da área do município ocupado por cada classe
Vegetação herbácea	308,1	50,4%
Vegetação arbórea	235,3	39,0%
Área de Cultivo	63,1	10,0%
Solo Exposto	3,08	0,4%
Corpos Hídricos	0,42	0,06
Área Urbana	0,23	0,04%
Total	610,23	100

Tabela 3 - Medidas das classes nas áreas protegidas de São João do Carú em 1984

Classes de Uso e Cobertura da Terra identificadas	Área em Km ² de cada classe na TI AWA	Percentual da área da TI AWA ocupada por cada classe	Área em Km ² de cada classe no REBIO Gurupi	Percentual da área do no REBIO Gurupi ocupado por cada classe
Área de Cultivo	0,06	0,04%	-	-
Área Urbana	-	-	-	-
Corpos Hídricos	0,03	0,02%	0,06	0,05%
Nuvem	-	-	-	-
Solo Exposto	-	-	0,03	0,01%
Sombra	-	-	-	-
Vegetação arbórea	165,8	99,9%	106,6	96,8%
Vegetação herbácea	0,03	0,02%	3,4	3,1%
Total	165,92	100%	110,09	100%

Tabela 4 - Medidas das classes nas áreas protegidas de São João do Carú em 2008

Classes de Uso e Cobertura da Terra identificadas	Área em Km ² de cada classe na TI AWA	Percentual da área da TI AWA ocupada por cada classe	Área em Km ² de cada classe no REBIO Gurupi	Percentual da área do no REBIO Gurupi ocupado por cada classe
Área de Cultivo	4,0	2,4%	15,0	12,9%
Área Urbana	-	-	0,06	0,03
Corpos Hídricos	0,05	0,03%	0,08	0,5%
Nuvem	-	-	-	-
Solo Exposto	0,13	0,08%	1,0	0,6%
Sombra	-	-	-	-
Vegetação arbórea	129,17	78,3%	77	70,9%
Vegetação herbácea	32,0	19,17%	17,0	15,0%
Total	165,92		110,09	100%

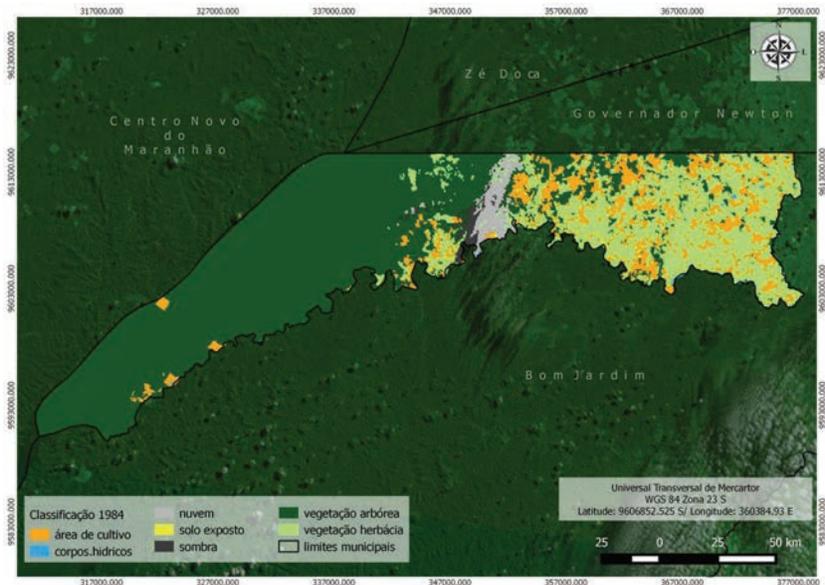


Figura 2 - Cobertura da Terra no Município de São João do Carú em 1984
Fonte: Landsat TM 1984, elaboração da pesquisa

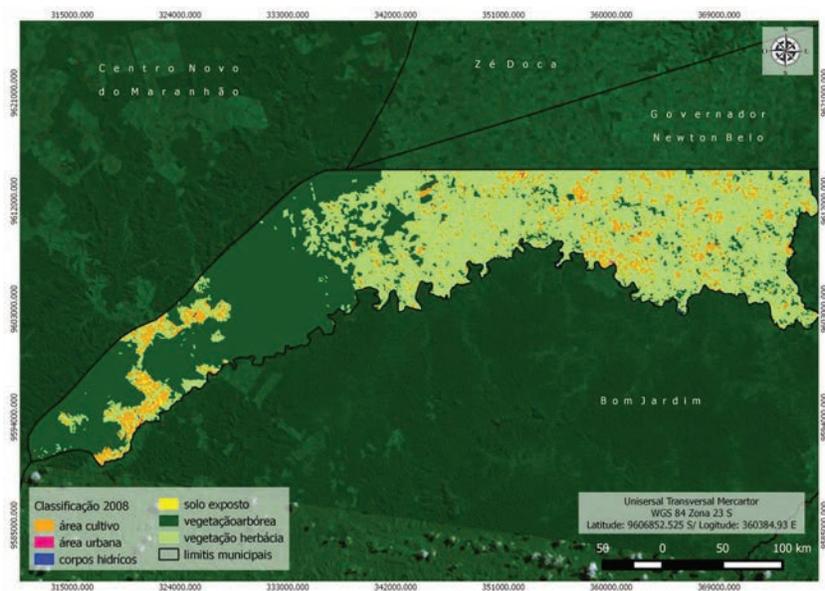


Figura 3 - Cobertura da Terra no Município de São João do Carú em 2008
Fonte: Landsat TM 2008, elaboração da pesquisa

6. CONCLUSÃO

A comparação feita no Município de São João do Carú entre os anos de 1984 a 2008 revela em pequena escala uma tendência da conversão da vegetação arbórea primária em outros usos e cobertura terra como áreas de cultivo e pastagens, no qual a baixa resolução da imagem Landsat 5 TM não é capaz de definir com tantos detalhes.

A prática destas atividades no município caracterizam-se como pouco sustentáveis, pois as técnicas de manejo do solo utilizadas pelos agricultores são arcaicas e os solos da região são pouco produtivos para exploração agrícola de longo prazo servindo apenas para o uso limitado de pastagens onde boa parte da vegetação herbácea é usada.

Ressalta-se que todas as terras disponíveis a exploração no município já foram ocupadas tendo boa parte de sua capacidade agrícola exaurida, tal situação favorece a invasão da terra Indígena Awa e a Reserva Biológica do Gurupi devida a pouca fiscalização destas áreas pelos órgãos responsáveis.

A análise desenvolvida neste trabalho serve como um indicador do grau de deteriorização das áreas protegidas por lei em São João do Carú. As técnicas de sensoriamento remoto aplicadas em imagens de baixa resolução foram capazes de indentificar diferentes classes de uso e ocupação da terra, portanto necessita-se de um estudo *posteriore* para o aprofundado da realidade socioambiental do município, com a espacialização detalhada dos tipos de uso agrícola, localização de pastagens e povoamentos para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de proteção das áreas protegidas no município.

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, Humberto Prates da Fonseca (2004) - Análise dos Fatores Associados às Mudanças na Cobertura da Terra no Vale do Ribeira Através da Integração de Dados Censitários de Sensoriamento Remoto. Editor dos Textos NEPO. UNICAMP. Campinas.
- DI GREGRÓRIO, Antonio, & JANSEN, Louisa, J.M. (2005) - Land Cover Classification Syster: Classification Concepts and User Manual. FAO, Viale delle Terme

di Caracalla. Rome.

GUERRA, Antonio Teixeira, & GUERRA, Antonio José Teixeira (2008) - Novo Dicionário Geológico Geomorfológico. Editora Bertrand. 6º Ed. Rio de Janeiro.

LEONARDI, Sílvia Shizue, & SOUZA, Sonia Mara de. FONSECA, Leila Maria Garcia (2003) - Comparação do Desempenho de Algoritmos de Normalização Radiométrica de Imagens de Satélite. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil.

LIMA, Felix Alberto (1998) - Guajá: a Odisseia dos Últimos Nômades. EDUFMA. São Luís.

MARTINS, Marlúcia Bonifácio, & OLIVEIRA, Tadeu Gomes de (2011) - Amazônia Brasileira Diversidade e Conservação. Museo Paraense Emilio Goeldi. Belém.

SESSÃO 7

PLENÁRIO

ARTIGO 31

OS SIG NO ENSINO E NA INVESTIGAÇÃO EM CABO VERDE

NASCIMENTO, Judite Medina

Reitora da Universidade de Cabo Verde;
Praça António Lerenó, C.P. 379, Cidade da Praia, República de Cabo Verde
Tel: +238 2619904; email: judite.nascimento@adm.univ.edu.cv
Os SIG no ensino e na investigação em Cabo Verde

RESUMO

A comunicação tem como objetivo apresentar um retrato da situação das Ciências e Sistemas de informação geográfica em Cabo Verde. Foi feita uma análise das ofertas formativas nesse domínio e da utilização dos SIG na Universidade de Cabo Verde. Também se realizou uma resenha dos principais produtos cartográficos realizados com recurso aos SIG, em alguns trabalhos de pesquisa para fins académicos. Nas considerações gerais avançamos com algumas ideias sobre os grandes desafios da UniCV no que concerne o desenvolvimento dos SIG na nossa Universidade. A metodologia de recolha de dados é a pesquisa documental.

PALAVRAS-CHAVE

SIG, Geoprocessamento, Ensino, Investigação, Detecção remota.

GIS IN TEACHING AND RESEARCH IN CAPE VERDE

ABSTRACT

This Communication aims to present a picture of the situation of Sciences and Geographic Information Systems (GIS) in Cape Verde. We made an analysis of the courses offered in this area and the use of GIS at the University of Cape Verde. We also conducted a review of the main thematic maps using the GIS in some research papers for academic purposes. In general considerations we move forward with some thoughts on the great challenges of UniCV regarding the development of GIS in our University. The methodology for data collection is a desk research.

KEYWORDS

GIS, Geoprocessing, Teaching, Research, Remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

A massificação das técnicas de Geoprocessamento é uma realidade a nível mundial e com tendência para a intensificação progressiva pois cedo se compreendeu a importância da sistematização, sobreposição e cruzamento da informação territorial, para uma melhor compreensão dos fenómenos e desenho de estudos de base para o apoio à decisão e para o traçado de políticas sustentáveis.

A presente comunicação tem como objetivo fazer um breve resumo da história dos SIG em Cabo Verde, sobretudo no que tange ao Ensino e à Investigação.

A metodologia utilizada foi a pesquisa documental, que nos permitiu ter acesso a algumas teses, dissertações e documentos importantes para a fundamentação das nossas afirmações.

Foram abordados 3 pontos: no ponto 1 fez-se uma breve resenha dos principais projetos pioneiros desenvolvidos em Cabo Verde com recurso às ferramentas SIG. No ponto 2 abordou-se a introdução dos SIG na Universidade de Cabo Verde, tanto a nível da graduação como da Pós-graduação. No ponto 3 resumiu-se alguns dos trabalhos de pesquisa realizados no quadro de programas académicos, por autores cabo-verdianos, mostrando a diversidade de abordagens e domínios de utilização dos SIG.

2. OS SIG EM CABO VERDE : INICIATIVAS E PROJETOS PIONEIROS EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

O projeto piloto de SIG em Cabo Verde foi desenvolvido pelo INIDA (Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário) em parceria com o CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique). Nesse âmbito, em 1992 o INIDA criou o primeiro laboratório de SIG em Cabo Verde. No quadro dos projetos do laboratório elaborou-se a primeira série de mapas que constituiu o primeiro Atlas dos recursos naturais da ilha de Santiago, produzido com recurso aos SIG. Resultaram do projeto vários mapas temáticos da ilha, como são os casos de mapas referentes a uso de solos, geologia, geomorfologia, hidrologia, modelos digitais de terrenos, espécies endémicas, solos, distribuição de precipitação, para além de casos de estudo de algumas bacias hidrográficas. Na sequência se elaborou também a carta agro-ecológica e do uso dos solos de algumas ilhas de Cabo Verde.

A partir de 1998 o INGRH, que apostou na formação de alguns dos seus técnicos no domínio das ferramentas GIS, desenvolveu vários projetos que resultaram na criação de um Atlas *GIS* com mapas de base com os contornos de todas as ilhas, Municípios e bacias de Cabo Verde, utilizando o *Arcinfo*. Através de projetos o INGRH conseguiu melhorar o seu acervo de *softwares* e conseguiu construir uma base de dados alfanuméricos, conhecida como BDINGRH, que permite georreferenciar e cartografar cada ponto de água (furos, poços, nascentes, reservatórios, fontenários e diques de captação) com recurso a qualquer software SIG. Essa base de dados está articulada com a base de dados do INE (Instituto Nacional de Estatísticas) através de um código comum que permite completar a caracterização dos pontos de água com outras informações.

Entre 1999 e 2000, a UNICEF e o projeto Natura 2000 também tentaram construir uns SIG para as ilhas de Santiago e, no caso deste segundo, para as ilhas com vocação turística (Sal, Maio e Boa Vista).

Em 2004, a Direção Geral do Ambiente (DGA), com a parceria de várias instituições nacionais, criou o Projeto SIA (Sistema de Informação Ambiental) que constitui a maior base de meta-dados sobre o ambiente

em Cabo Verde. Através deste projeto a DGA estabeleceu parcerias com universidades de vários países com o intuito de aumentar a aplicação SIG nas diferentes instituições públicas de Cabo Verde. O projeto permitiu a disponibilização e o acesso à grande quantidade de informação ambiental fiável e atualizada, tanto ao público como aos decisores e utilizadores, pois centralizou numa só plataforma as informações sobre o ambiente no país.

O antigo Ministério das Infraestruturas e Transportes, através da Direção Geral das Infraestruturas (DGI) começou em 2007, a implementação de um SIG Infraestruturas (conhecido como o SIGIF) com o financiamento da União Europeia. Este projeto permitiu ao MIT a sistematização da informação sobre as infraestruturas do país e ajudou a tornar mais eficaz, a gestão das mesmas. Para além disso, facilitou o acesso à informação aos outros intervenientes dos setor o que viabilizou um melhor acompanhamento e avaliação do impacto dos programas de infraestruturização em curso no país.

O INE de Cabo Verde, com o apoio do IBGE do Brasil, preparou todo o processo para o Recenseamento Geral da População e Habitação de 2010 com base em um SIG e o processo de aplicação dos questionários foi feito com recurso ao PDA o que permitiu o lançamento em tempo real dos dados diretamente no sistema e uma maior rapidez na disponibilização dos dados. No continente africano o INE de Cabo Verde foi pioneiro na construção de um SIG e na georreferenciação de toda a informação de base para os Censos e outros inquéritos que desenvolve e tem sido muito solicitado a partilhar essa experiência com outros países do continente.

O antigo Ministério da Descentralização, Habitação e Ordenamento do Território (MDHOT) através da Direção Geral do Ordenamento do Território, Habitação e Desenvolvimento Urbano (DGOTH-DU) e da Unidade de Cartografia e Cadastro Predial (UCCP) apostou fortemente na formação dos seus técnicos no domínio das ferramentas SIG e criou o Sistema de Informação Territorial (conhecido como SIT-CV) que constitui uma base de sistemas georreferenciados de informação. Esta base integra o planeamento e o ordenamento do território, o cadastro predial e toda a restante informação territorial de base para os setores do turis-

mo, infraestruturas públicas e privadas. O atual Ministério do Ambiente, Habitação e Ordenamento do Território (MAHOT) tem continuado e reforçado a mesma dinâmica na utilização dos SIG. Para além desse projeto, o MAHOT, com o patrocínio, consultoria e /ou parceria de várias instituições nacionais e internacionais (ANAC, Esri-Portugal, Município, Gesplan ANMCV, Geodata Air, *Millennium Challenge corporation*, *O Governo das Canárias e a Agência Espanhola de Cooperação Internacional e outras*) tem desenvolvido e /ou coordenado vários projetos que utilizam os SIG como ferramenta de base: Cadastro Predial; Produção de Cartografia e elaboração de Ortofotos para Cabo Verde e todos os Instrumentos de gestão territorial (DNOT, EROT, PDM, PDU, PD). Neste momento todos os Municípios já têm os seus Planos de Desenvolvimento Municipal (PDM) e já elaboraram vários Planos de Desenvolvimento Urbano (PDU) e Planos de Detalhe (PD). Cabo Verde já dispõe da sua Diretiva Nacional de Ordenamento do Território (DNOT) e de vários Esquemas Regionais de Ordenamento do Território (EROT). Todos estes instrumentos foram elaborados com recurso às ferramentas SIG.

O Ministério do Desenvolvimento Rural (MDR), através da Direção Geral de Agricultura, Silvicultura e Pecuária (DGASP), também tem apostado nos SIG para a cartografia e gestão de áreas florestais, embora ainda de forma muito incipiente.

O Ministério da Educação e Desporto também elaborou a carta escolar com recurso aos SIG.

O NOSI é outro grande utilizador das ferramentas SIG em Cabo Verde.

As diferentes instituições continuam a investir nos softwares e equipamentos de suporte para o desenvolvimento dos SIG em Cabo Verde e cada vez mais estão a apostar na capacitação dos seus técnicos mas também no emprego de novos técnicos com perfil adequado para a utilização dessa ferramenta. Um questionário aplicado às instituições cabo-verdianas em 2010, pela UCCP-MAHOT, mostrou que não uma uniformização e nem harmonização do investimento que está a ser feito. As iniciativas são individuais (ver Quadro 1).

Quadro I - Lista de pacotes informáticos utilizados pelas instituições utilizadoras das ferramentas SIG em Cabo Verde

Lista de programa de SIG	Instituição
ATLAS GIS/AUTO DESK MAPA 2005/ ARCGIS	IIPC
ARC/ INFO /CARTOMAP/ MAPAINFO	Câmara Municipal de São Domingos
ARC/INFO (UNIX)	Câmara Municipal de São Lourenço Dos Órgãos
ARCVIEW / ARCGIS (Unix e Window)	UNECV/ INGRH
AUTO CAD / ARCGIS	Maiorias das Câmaras Municipais
ARCGIS/ ARC/ INFO 9,2	Câmara Municipal de São Salvador do Mundo
/ILWIS/ ERDAS/IMAGNE	INIDA
IDRISI/ILWIS/CLIMBASE/SUIVE/ MICROSOFT/ SUIVE	Instituto de Nacional Meteorologia e Geofísica
MAPA GESTUR /AUTODESK/GETM-PRO	Câmara Municipal de Santa Cruz
SPSS; STATA/ WINDOW 95 e 98 /WINDOW NT/ ARCGIS	Millennium Challenge Account
ARCGIS, AUTOCAD GVSIG	Associação dos Municípios de Santiago
MICROSOFT (WORD, EXCEL, POWER POINT, ACCESS)	Câmara Municipal de São Miguel
LOTUS NOTE/ PRIMAVERA/ GEODIC ARCGIS	SDTIBM DGASP
ANTI - VIRUS / (Unix e Windows) AUTO CAD / ARCGIS	Todas as Instituições Públicas Agência de Aviação Civil - AAC

Fonte: UCCP-MAHOT (2010)

Como se pode verificar pelo quadro, a variedade de *softwares* é grande, de instituição para instituição. Embora os dados sejam já relativamente desatualizados a situação não mudou muito, o que houve foi a atualização do *software* por algumas instituições. A UniCV neste momento, com o patrocínio da ESRI-PT está a utilizar a última versão do ArcGis, no quadro do programa de Pós-graduação e Mestrado AgIM. Tivemos informações de que a Câmara Municipal da Praia, o INE e a UCCP- MAHOT, também estão a atualizar os *softwares*.

3. OS SIG NO ENSINO NA UNIVERSIDADE DE CABO VERDE

3.1. Cursos de Graduação

Com a criação do primeiro curso de Bacharelato em Ensino da Geografia na antiga Escola de Formação de Professores de Cabo Verde, realizaram-se os primeiros programas de mobilidade de docentes a partir de Portugal, sobretudo das Universidades de Coimbra e Lisboa. Começou-se assim a estreitar relações de cooperação entre investigadores cabo-verdianos e Portugueses em domínios ligados à cartografia. Apesar de ainda não se ter introduzido os SIG no currículo do curso, a disciplina de Introdução à cartografia ocupava um lugar de destaque. Outra disciplina importante era a *Introdução aos estudos geográficos*, que tinha um capítulo dedicado à representação da informação geográfica e elaboração de cartografia manual.

Produziu-se nesse âmbito alguma cartografia onde se associava procedimentos manuais e automatizados e timidamente se introduzia o geoprocessamento de dados. Elaborou-se alguma cartografia temática com recurso ao ArcView, que se publicou em artigos e livros. A cartografia geológica de Cabo Verde também foi elaborada no quadro de projetos que envolviam quadros cabo-verdianos do antigo Instituto Superior de Educação, da atual Universidade de Cabo Verde e do INIDA em cooperação com investigadores do IICT de Portugal e das Universidades de Coimbra e Lisboa. Raramente se encontra cartografia avulsa recente em Cabo Verde. A que existe foi produzida com fins específicos e enquadrava-se sobretudo em projetos académicos (teses, dissertações e trabalhos de conclusão de licenciatura).

Com base na cartografia existente nos arquivos e bibliotecas em Cabo Verde e em Portugal, recorrendo-se a trabalhos de campo exaustivos realizados pelos investigadores dos dois países, se estudou vários fenómenos ligados à hidrologia, vulcanologia, sismologia, geologia, geomorfologia e outros. A montagem das cartas, a sobreposição das variáveis e o cruzamento das informações era feito manualmente com recurso ao *scanner* e ao papel transparente.

Os SIG só foram introduzidos no Plano de estudos do Instituto Superior de Educação (ISE) em 2005 com a reformulação do Plano de Estudos da licenciatura em Geografia - Ramo Ensino e Ramo Técnico. No Ramo técnico se introduziu a disciplina de Introdução aos SIG. Com a Integração

do ISE na Universidade de Cabo Verde e conseqüente revisão curricular, substituiu-se o antigo curso pelo curso de Licenciatura em Geografia-Ordenamento do Território em que se passou a lecionar, para a além dos SIG (Sistemas de informação geográfica), também a Detecção Remota e os TIG (Tecnologias de Informação Geográfica). A Universidade de Santiago também tem uma Licenciatura em Geografia e um Curso Superior Profissionalizante de Topografia e Sistemas de informação geográfica e que também lecionam a disciplina de SIG.

3.2 Cursos de Pós-Graduação

O maior impacto dos SIG no ensino na Universidade de Cabo Verde se produz ao nível da Pós-graduação pois a Uni-CV tem 2 Programas de Pós Graduação especificamente nesse domínio e mais 2 que têm os SIG, geoprocessamento e/ou deteção remota como uma das disciplinas fundamentais:

- **Programa de Pós-graduação e Mestrado em Ciência e Sistemas de informação geográfica (C&SIG).** Este programa enquadra-se no Projeto de cooperação institucional em ensino pós-graduado em Ciência e Sistemas de informação geográfica (Projeto SUGIK - *Sustainable Geographic Information Knowledge Transfer for Postgraduate Education*) financiado pelo 9º Fundo Europeu de Desenvolvimento (FED) da Comissão Europeia, no âmbito do Programa EDULINK - Programa de Cooperação ACP-UE para o Ensino Superior. A 4ª Edição deste curso está a contar com o patrocínio da Fundação Calouste Gulbenkian. A Uni-CV e o ISEGI-UNL assinaram um protocolo em 2007 que previa a realização de 3 edições do curso, com o mesmo financiamento. O programa contou desde o início com a parceria e apoio da ESRI-Portugal, que contribuiu sempre com as licenças do *software* e manuais. O programa já vai na sua 4ª edição. Os candidatos mais frequentes do curso têm sido profissionais das áreas da Geografia, Ordenamento do Território, Urbanismo, Estatística e Gestão de informação, Arquitetura e Engenharia. Um dos objetivos do projeto era a transferência de *Know-How* do ISEUNL com vista a criação de condições institucionais, administrativas e académicas necessárias à transferência e adaptação do modelo académico e pedagógico do atual programa de mestrado em C&SIG do ISEGIUNL para a Uni-CV. Este objetivo foi atingido pois nesta 4ª Edição, 2 dos módulos são geridos totalmente por docentes cabo-verdianos e os restantes, embora tenham regentes do ISEGI, têm igualmente assistentes de Cabo Verde, que concluíram a 1ª ou a 2ª edição do Mestrado;

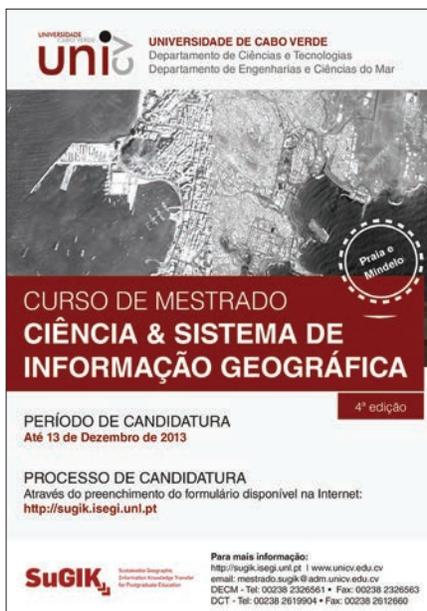


Figura 1 - Brochura do Programa de Pós-graduação e Mestrado em C&SIG

- **O programa de Mestrado em Ordenamento e Desenho do território - Programa desenvolvido com a URGs do Brasil-** Foi realizada uma única edição- o programa tinha uma forte componente SIG, como se pode ver pelo quadro ..., que representa o Plano dos Módulos do curso.

Quadro II - Módulos do Programa de Mestrado em Ordenamento e Desenho do território

Geoprocessamento Aplicado ao Planeamento Urbano e Ambiental
Análise do Ambiente Natural - Geotecnia
Análise do Ambiente Natural - Hidrologia
Modelagem de Sistemas de Tráfego e Transporte
Análise Integrada Urbana
Redes Sociais e Território
Análise da Morfologia Urbana - Percepção Ambiental
Integração de Dados em SIG - Estudos de Caso
Planeamento Estratégico
Análise da Morfologia Urbana - Sintaxe Espacial

- **Programa de Pós-graduação e Mestrado em Gestão de Informação Agrícola e Agricultura de Precisão na Universidade de Cabo Verde (Uni-CV).** Este curso é desenvolvido no âmbito do Projeto AgIM e con-

ta com a colaboração do Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa (ISEGI-NOVA) e com o apoio da ESRI-Portugal. O projeto tem as mesmas características do projeto SUGIK e prevê a realização de duas edições e é realizado na Universidade de Cabo Verde e na UCM-Moçambique. À semelhança do SUGIK também visa o estabelecimento de requisitos para a continuidade e sustentabilidade do curso para além do período de implementação, promovendo a capacidade institucional, académica e tecnológica das duas instituições parceiras para oferecer educação de qualidade no campo da Gestão de Informação Agrícola e Agricultura de Precisão. Trata-se de um projeto de cooperação institucional em ensino pós-graduado em Gestão de Informação Agrícola e Agricultura de Precisão, financiado pelo 10º Fundo Europeu de Desenvolvimento (FED) da Comissão Europeia, no âmbito do Programa EDULINK - Programa de Cooperação ACP-EU para o Ensino Superior. A sessão de abertura oficial da primeira edição está prevista para 15 de Setembro de 2014.

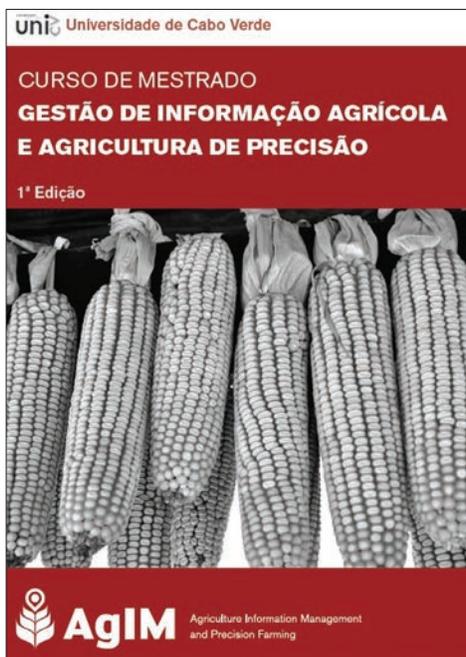


Figura 2 - Brochura do Programa de Pós-graduação e Mestrado AgIM

- Programa de Pós-Graduação e Mestrado em Ordenamento do território - A primeira edição deste mestrado está a decorrer na UniCV e tem uma forte componente de SIG e deteção remota.

4. TIPOLOGIAS DE APLICAÇÕES DE SIG NA INVESTIGAÇÃO PARA FINS ACADÉMICOS SOBRE CABO VERDE

Na primeira década de 2000 deram-se os primeiros passos na introdução dos SIG, muito timidamente, em algumas instituições como o INIDA (Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário), o INGRH (Instituto Nacional de Gestão de Recursos Hídricos) e atualmente também do INE (Instituto Nacional de Estatística), o MAHOT (Ministério do Ambiente, Habitação e Ordenamento do Território) e o MIEM (Ministério das Infraestruturas e Economia Marítima) e algumas Câmaras Municipais, com destaque para as Câmaras Municipais da Praia e de São Vicente.

Nos últimos 10 anos em Cabo Verde tem-se verificado uma grande dinâmica no sistema de ordenamento do território e desenvolvimento urbano com a publicação de várias leis e elaboração de todos os Instrumentos de Gestão Urbanística e Territorial (DNOT, PDM, EROT, PDU e PD). Essa dinâmica suscitou um interesse crescente do antigo Instituto Superior de Educação na introdução de conteúdos de SIG na disciplina de cartografia no Plano de Estudos da licenciatura em Geografia do Ramo Técnico. A Universidade de Cabo Verde herdou os cursos e na revisão curricular de 2005 introduziu as disciplinas SIG, TIG e Deteção Remota.

A investigação no domínio dos SIG em Cabo Verde está muito ligada à formação académica de técnicos cabo-verdianos, dentro e fora do país. A seguir faz-se uma resenha de algumas dessas pesquisas, mostrando a diversidade de abordagens e domínios de aplicação, pondo a tónica nos produtos cartográficos resultantes.

O trabalho de investigação mais antigo a que conseguimos aceder, em que se utilizou uma das ferramentas SIG para o tratamento da informação é a dissertação de Mestrado de António Luís Évora Ferreira Querido no domínio da Pedologia e conservação de solos. A dissertação, intitulada *Watershed System Analysis For Evaluating The Efficiency Of Soil And Water Conservation Works: A Case Study In Ribeira Seca, Santiago Island, Cape Verde*. Trata-se de uma pesquisa desenvolvida no International Institute for Aerospace Survey and Earth Science - Netherlands em Abril de 1999. No quadro da sua pesquisa, o autor elaborou para a Ribeira Seca em

Santiago de Cabo Verde, com recurso à ferramenta SIG, uma carta de solos, uma carta do potencial de uso dos solos, uma carta geológica, uma carta representativa das principais técnicas de conservação de solos e água na Ribeira Seca, construídas entre 1960 e 1999 e um conjunto de 4 cartas que representam mudanças temporais na cobertura vegetal na Ribeira Seca, representando a situação em 3 anos (1992, 1993 e 1994).

Cláudia Fernandes, no domínio da Biologia, desenvolveu em 2008 uma pesquisa no quadro da sua dissertação de mestrado, defendida no Departamento de Biologia animal - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, sob o título *Flora Exótica de Cabo Verde: Avaliação e Impactos nos Ecossistemas Naturais, Utilizando Sistemas de informação geográfica*. A autora fez uma avaliação da extensão da problemática da flora exótica e invasora no arquipélago de Cabo Verde tentando compreender os seus impactos nas comunidades vegetais naturais fundamentando a tomada de decisões no âmbito da conservação da biodiversidade. A avaliação e identificação das áreas de risco foi feita utilizando os Sistemas de informação geográfica. Os principais produtos cartográficos foram uma série de cartas que representam a escala de probabilidade de ocorrência de cada uma das espécies estudadas, na ilha de Santiago de Cabo Verde. Outro produto foi uma série de cartas que representam todas as variáveis determinantes do fenómeno estudado (altitude, localização de centros urbanos, exposição NE das encostas, Infraestruturas, Geomorfologia, localização das grandes bacias hidrográficas entre outras).

Em 2009, Conceição Sanches Vaz Moreno, no quadro do estágio profissional, requisito para a obtenção do Grau de Mestre em C&SI no ISEGI-UNL, realizou uma pesquisa sobre *Aplicação de SIG no Processamento do Inventário Florestal Nacional - Cabo Verde*. Neste trabalho a autora propôs uma metodologia de processamento do Inventário Florestal Nacional utilizando as potencialidades dos Sistemas de informação geográfica (SIG). Conceição Moreno utilizou o *ArcGis 9.1*, para produção cartográfica, geoprocessamento e análise espacial e o *Field-Map 8.1*, para a classificação de ortofotos num esquema de classificação hierárquica, em cinco níveis, adaptado a Cabo Verde. Os principais resultados cartográficos da pesquisa foram uma Carta de classificação do uso dos solos para a ilha

de Santo Antão e uma carta das áreas florestadas.

No quadro da primeira edição do programa de Pós-graduação e Mestrado em C&SIG na Uni-CV, o Professor do ISEGI, J. Negreiros publicou com dois estudantes do programa, J. Pina, e A. Correia, um artigo intitulado *Criminal Management in Praia, Cape Verde*, resultado de uma pesquisa cujos dados foram tratados com recurso aos SIG. Os autores geraram superfícies contínuas considerando os locais georreferenciados de crimes e os postos policiais existentes. Utilizando mapas temáticos gerados pelo interpolador inverso do quadrado da distância (*Inverse Distance Weighted*, IDW), fizeram uma simulação cuja pretensão era que pudesse servir de modelo para a gestão policial, nomeadamente na localização de futuras esquadras. Os principais produtos cartográficos foram uma carta da distribuição espacial dos crimes por bairros na cidade da Praia, uma carta dos locais onde frequentemente se praticam crimes, uma carta que evidencia a distância entre os postos policiais e os bairros em sua vizinhança, uma carta que representa a superfície de crime gerado pelo interpolador IDW e uma carta que representa a superfície diferenciada por média de crime.

FURTADO Amândio e NEGREIROS, João publicaram um artigo intitulado *Modelação espacial da temperatura na ilha de Santiago, Cabo Verde, com o GeoStatistical Analyst*, em que, recorrendo às ferramentas SIG, estimaram a distribuição espacial da temperatura média da ilha de Santiago, Cabo Verde, a partir das médias anuais recolhidas nos 70 postos existentes na ilha. Para atingirem os seus objetivos utilizaram o método de interpolação espacial Krigagem, tendência polinomial, global e local (*Kriging*), Voronoi e inverso da distância (*Inverse Distance Weighted*). Os principais produtos cartográficos foram: um mapa de elevação da ilha de Santiago; uma série de mapas representativos da variação da temperatura na Suíça, estimados pelo inverso da distância (IDW) e pela superfície de tendência polinomial do 1º e 5º grau; um mapa de Voronoi com a análise de tendência global da variação de temperatura na ilha de Santiago, em Cabo Verde; dois mapas de estimação da temperatura média anual da ilha de Santiago pelo método global e local polinomial de 2º grau; dois mapas de estimação da variação da temperatura utilizando os métodos

do inverso da distância (IDW) e *Kriging*.

Em 2010, Rosa Lopes Rocha apresentou a sua dissertação de Mestrado à Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro subordinada ao título *Aplicação dos Sistemas de informação geográfica em estudos de caracterização biofísica da ilha de Santo Antão em Cabo Verde*. Os produtos cartográficos da pesquisa efetuada foram: uma carta de Identificação das Unidades Climáticas e da Paisagem na ilha de Santo Antão; uma carta Geológica da Ilha de Santo Antão; uma carta representativa da estrutura hidrográfica da ilha de Santo Antão; uma carta representativa das unidades geomorfológicas da ilha de Santo Antão; uma carta de solos dominantes na ilha de Santo Antão; uma carta da distribuição espacial dos postos udométricos e classes de precipitação média anual no período 1980-2009, na ilha de Santo Antão; uma carta de identificação das comunidades vegetais da ilha de Santo Antão; uma carta de localização dos pontos de água inventariados entre 2003 e 2008 na ilha de Santo Antão e respetivos caudais diários; uma carta representativa do caudal total de recursos hídricos disponível diariamente por Bacia Hidrográfica (até 2008) na ilha de Santo Antão; uma carta representativa da sobreposição dos pontos de água superficial ao substrato geológico na ilha de Santo Antão; o Modelo digital de elevação de terreno da ilha, focalizando a região do Paul; uma carta hipsométrica da Ilha de Santo Antão; uma carta de declives da Ilha de Santo Antão; uma carta da morfologia do território da Ilha de Santo Antão; uma carta de exposição das vertentes da Ilha de Santo Antão; uma carta de identificação das principais bacias hidrográficas da ilha de Santo Antão; uma carta representativa da estrutura hidrográfica da região norte da ilha de Santo Antão; uma carta de densidade hidrográfica da Ilha de Santo Antão; uma carta de densidade de fracturação geológica da ilha de Santo Antão; uma carta de precipitação anual da ilha de Santo Antão, obtida por co-Krigagem (série de 30 anos) da ilha de Santo Antão; uma carta de recursos hídricos superficiais da ilha de Santo Antão; uma carta de recursos hídricos subterrâneos da ilha de Santo Antão; uma carta de ocupação do solo na ilha de Santo Antão resultante da aplicação de técnicas de Detecção Remota; uma carta de índice de vegetação (NDVI) na ilha de Santo Antão resultante da aplicação de técnicas de Detecção

Remota; uma carta de temperatura do solo em 01.03.2007, resultante da aplicação de técnicas de Detecção Remota.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Em Cabo Verde os Sistemas de SIG ainda estão na fase da implantação tanto ao nível do Ensino como ao nível da Investigação e utilização pelas instituições públicas e privadas;
- A Ciência de Informação Geográfica ainda é muito embrionária, estamos na fase de capacitação de técnicos e investigadores nesse domínio - o nosso próximo desafio é formar pessoas capacitadas em Engenharia de SIG;
- A nível nacional, as instituições públicas e privadas já têm consciência da importância dos SIG como ferramenta para a gestão, o Planeamento e o ordenamento do Território, mas resta ainda a sensibilização para a priorização do uso dessa ferramenta, visto que o domínio dela ainda é incipiente - um questionário aplicado pela UCCP em 2010 mostrou que 78,6% das instituições públicas e privadas considera os SIG importantes como ferramenta de apoio à decisão;
- Existem muitas teses e sobretudo dissertações elaboradas com recurso aos SIG, mas estas estão muito disseminadas e normalmente os resultados não são implementados - portanto têm um fim puramente académico;
- Todo o sistema de gestão e planeamento territorial está a ser montado com tecnologia SIG e os Ministérios estão cada vez mais a apostar na formação dos seus técnicos em SIG e também na aquisição e instalação de *software* adequado embora a cobertura seja ainda muito insuficiente - um questionário aplicado pela UCCP-MAHOT em 2010 mostrou que 64,3% das instituições públicas e privadas considera que o perfil ainda não é satisfatório);
- Nesta fase inicial ainda persiste algum individualismo das instituições com uma experiência mais ou menos consolidada e portanto há necessidade de alguma partilha de experiências, multiplicação de conhecimentos, capacidades e competências para maior rentabilização dos esforços e recursos.

- Não há ainda a sintonização necessária entre as instituições públicas no sentido da criação de uma base de dados (BD) única nacional que permita harmonização, ajuste e uniformização dos dados, das metodologias e dos parâmetros específicos, permitindo racionalização de recursos, articulação e ligação entre as bases de dados específicas (SIA e SIT são exemplos de que já há um trabalho em curso nesse sentido, mas ainda incipiente);
- Muitas instituições públicas ainda não conseguiram estruturar e sistematizar convenientemente os seus dados espaciais;
- O acesso ao produto final (cartografia de base e ortofotos) na UCCP-MAHOT e no Instituto de Estradas é muito caro o que reduz o nível de sua utilização;
- Criação de um *Núcleo de Geoprocessamento e análise espacial* no Centro de Investigação em Desenvolvimento Local e Ordenamento do Território com a finalidade de promover a qualidade na utilização dos SIG na investigação em diferentes domínios científicos;
- Promoção de seminários, *workshops* e cursos de verão com a finalidade de aperfeiçoar a performance dos docentes e estudantes, mas também de outros interessados no domínio dos SIG.

Perspetivas da UniCV no que respeita ao desenvolvimento dos SIG:

- *Criação de um Núcleo de Geoprocessamento e análise espacial no Centro de Investigação em Desenvolvimento Local e Ordenamento do Território com a finalidade de promover a qualidade na utilização dos SIG na investigação em diferentes domínios científicos;*
- *Promoção de seminários, workshops e cursos de verão com a finalidade de aperfeiçoar a performance dos docentes e estudantes, mas também de outros interessados no domínio dos SIG.*

BIBLIOGRAFIA

- FERNANDES, Cláudia (2008) - Flora Exótica de Cabo Verde: Avaliação e Impactos nos Ecossistemas Naturais, Utilizando Sistemas de informação geográfica - Dissertação de mestrado, Departamento de Biologia animal - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- MORENO, Conceição (2009) - Aplicação de SIG no Processamento do Inventário Florestal Nacional - Cabo Verde. Relatório de estágio profissional apresentado ao ISEGI-UNL, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em C&SIG, Lisboa.
- PINA & NEGREIROS - Criminal Management in Praia, Cape Verde. Primeira edição do programa de Pós-graduação e Mestrado em C&SIG na Uni-CV.
- QUERIDO, António (1999) - Watershed System Analysis For Evaluating The Efficiency Of Soil And Water Conservation Works: A Case Study In Ribeira Seca, Santiago Island, Cape Verde - Dissertação de Mestrado - Universidade de Enschede, Netherland
- ROCHA, Rosa (2010) - Aplicação dos Sistemas de informação geográfica em Estudos de Caracterização Biofísica da Ilha de Santo Antão em Cabo Verde, Dissertação de mestrado, Universidade de Trás-os-Montes, Portugal.

SESSÃO 8

COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 32

UM OLHAR SOBRE O DIREITO À PRIVACIDADE E OS SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO (LBS) À LUZ DOS ORDENAMENTOS JURÍDICOS PORTUGUÊS E BRASILEIRO

MARQUES, Tatiana Freire dos Anjos

Mestre em ciências jurídicas civilística e doutoranda em Direito Civil pela Faculdade Direito Universidade Coimbra (FDUC), Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra, Pátio da Universidade, 3004-545 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 859 802 Fax: +351 239 823 353; email: tatianjo@fd.uc.pt. tfanjos@gmail.com O texto que se segue tem como base a dissertação de mestrado da autora “O direito à privacidade e os serviços baseados em localização.” Defendida perante a FDUC e publicada pela NEA - Edições.

RESUMO

O presente artigo visa analisar os serviços baseados em localização, LBS, em contraste com o direito subjetivo à privacidade. Assim, evidenciam-se os possíveis riscos para a privacidade, advindos do mau uso indiscriminado de tais serviços e dados, agravados com o constante avanço tecnológico, o crescimento das aplicações baseadas em localização e o baixo custo desses serviços, com perigo inclusive para a perda desse bem jurídico, cuja proteção está prevista em normas positivas fundamentais.

PALAVRAS-CHAVE

Serviços baseados em localização, Privacidade, Legislação, Risco.

CONCERN OVER PRIVACY RIGHTS VERSUS LOCATION-BASED SERVICES IN THE LIGHT OF PORTUGAL'S AND BRAZIL'S LAND MANAGEMENT LAWS

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_32

ABSTRACT

This study aims to analyze the Location based services, LBS, in contrast with the subjective right to privacy. Accordingly, it highlights the potential risks for privacy resulting from the indiscriminate use of such services and data, worsened by the constant technological progress, the growth of the applications based on location and the low cost of those services that even menace that very juridical right whose protection is foreseen on fundamental positive norms.

KEYWORDS

Location based services, Privacy, Legislation, Risks.

1. INTRODUÇÃO

O texto que se segue traz à baila o tema direito à privacidade e os Serviços Baseados em Localização, dentro dos ordenamentos jurídicos brasileiro e português, mostrando os significativos avanços tecnológicos, que repercutem na vida privada das pessoas.

Como consequência deste surgimento de novas tecnologias e do interesse das empresas em disponibilizar, serviços especializados que tragam maiores benefícios para seus clientes, possibilitando um aumento da sua produtividade, surge então uma elevada oferta de aplicações de serviços de valor acrescentado^{1,2}.

No meio dos serviços de valor acrescentado, encontram-se os *Location-Based Services (LBS)*, em português, serviços baseados em localização.

¹ Segundo o artigo 2º da Portaria n.º 160, de 22 de Março de 1994, do Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, que regulamenta a exploração dos serviços de telecomunicações de valor acrescentado In: **Portaria n.º 160**, de 22 de Março de 1994. Regula a exploração dos serviços de valor acrescentado. Diário da República, I Série B n. 68 de 22/3/1994 p.1427-1440. Lisboa. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://dre.pt/pdfgratis/1994/03/068B00.pdf>. (acedido em 14 fevereiro, 2014). E a alínea "g" do artigo 2º da Diretiva 2002/58/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de fevereiro de 2002. In: UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2002/58/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 12 de julho de 2002. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. L 201/37. 31.7.2002. Disponível online no endereço url: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:201:0037:0047:pt:PDF> (acedido em 12 fevereiro, 2014).

² De modo semelhante, no Brasil utiliza-se do termo valor "adicionado", in Lei Federal n.º 9.472, de 16 de julho de 1997. Diário Oficial da União - Seção 1 - 17/7/1997, p. 15081. Brasília. Brasil. Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional n.º 8, de 1995. Disponível online no endereço << http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19472.htm>> (acedido em 12 fevereiro, 2014)

De forma breve, falaremos sobre o direito à privacidade diante dessa tecnologia, com abordagens sobre algumas denúncias e a sua situação na atualidade dentro dos ordenamentos jurídicos português e brasileiro.

Por fim, teceremos um rol com as salvaguardas existentes nos ordenamentos jurídicos português e brasileiro, que tem como objetivo evitar a invasão da privacidade dos usuários de serviços baseados em localização. O método utilizado foi o indutivo, por meio de pesquisas bibliográficas de artigos, teses, doutrina e legislação aplicada.

2. SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO

2.1. Breve história da concepção e evolução dos serviços baseados em localização.

Os sistemas, ou “serviços baseados em localização podem ser definidos como serviços que integram a posição ou localização de um dispositivo móvel com outras informações de modo a proporcionar um valor acrescentado para um usuário.” (tradução livre do autor)(SARAH SPIEKERMANN,2004,10).³ Direcionados aos usuários de telefonia móvel, de dispositivos remotamente localizáveis, como aparelhos dotados de antenas que captam sinais de constelações de satélites (GPS, GLONASS, GALILEO etc.); ou de outras tecnologias de localização (Sistema de Identificação por Rádio Frequência (RFID) , WI-FI , WI-MAX, etc.) Suas aplicações são utilizadas em três áreas específicas: a Militar e Governo; a indústria e comércio e pelos serviços de emergência.

Os “LBS são serviços para negócios de utilizadores de equipamentos da terceira geração de comunicações móveis que permitem aos utilizadores ou equipamentos encontrar pessoas, veículos, meios, serviços ou máquinas. Permitem identificar potenciais clientes, bem como utilizadores, identificar a sua própria localização, através de terminais de comunicação

³ *Cf. supra*: SPIEKERMANN, Sarah (2004). “Aspects of Location-Based Services”, in SCHILLER, Jochen, & VOISARD Agnès (eds): Location-Based Services. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, p.10.

ou de identificação em veículos móveis”. (COSTA & BAÇÃO, 2003).^{4,5}

Com o decorrer do tempo, observou-se que esses serviços de geo-localização, que tinham como alvo inicial as chamadas de emergências, passaram a ser utilizados para uma nova finalidade, direcionados ao mercado consumidor rentável.

Com a necessidade de rentabilização dos gastos investidos com a sua implantação, somada à necessidade cada vez maior do indivíduo em encontrar formas para diminuir o desperdício do tempo gasto nos seus afazeres, acrescido de um meio para aumentar e facilitar as suas deslocações, incrementou-se a expansão dos serviços baseados em localização como forma de agregar valor à informação geográfica de localização.

3. DENÚNCIAS

Entretanto, do mesmo modo que os LBS trouxeram grandes benefícios, também são inseridos no rol das tecnologias com auto potencial ofensivo para privacidade. Assim, elencamos algumas denúncias.

3.1. GeoSlavery

O vocábulo “GeoSlavery” foi apelidado por DOBSON⁶ e FISHER⁷, em artigo escrito para a Revista de Tecnologia e Sociedade IEEE/2003, precavendo para as possíveis invasões da privacidade que decorre do

⁴ COSTA, José Jesus, & BAÇÃO, Fernando Lucas. (2003) “O papel do data mining geo-espacial nos location based services”. In 3ª Conferência da associação portuguesa de sistemas de informação. Porto, Portugal. Disponível online no endereço url: http://www.isegi.unl.pt/ensino/docentes/fbacao/Costa_CAPSI03.pdf (acedido em 14 fevereiro, 2014).

⁵ Consoante assevera PASSOS SOUSA. “Os LBS são, assim, a convergência de várias tecnologias atuais, como comunicação móvel, tecnologia de localização, dispositivos móveis com internet, sistemas e informações geográficas e servidores de aplicações com bases de dados espaciais. Em resumo podem ser quaisquer serviços com valor agregado onde a principal função está em obter informações que determinem a localização de dispositivos móveis e, com base nestas, oferecer serviços de acordo com o contexto de utilização e localização. SOUSA, Nuno Sérgio Infante de Passos. (2007). **Location-Based Services: A Crescente Importância da Localização**. 93 f. Dissertação (Mestrado - Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação) - Universidade Nova de Lisboa. Disponível online no endereço url: <http://hdl.handle.net/10362/2686> (acedido em 12 fevereiro, 2014)

⁶ Jerome E. Dobson investigador do Kansas Applied Remote Sensing Program na Universidade de Kansas que ajudou a criar o Sistema de Informação Geográfica - SIG.

⁷ Pete Fisher editor do International Journal of Geographic Information Science.

crescimento exponencial dos serviços baseados em localização.⁸

Com base nos autores, aparelhos que oferecem serviços baseados em localização trazem benefícios, e, ao mesmo tempo, podem trazer ameaças à liberdade individual, em especial à privacidade, pois, além de servirem como espionagem, podem servir como meio de controle dos movimentos de um indivíduo sobre outro indivíduo, vindo a ser uma forma de escravidão definida como geoSlavery.⁹ Entretanto, eles referem que a tecnologia em si não pode ser responsabilizada pela geoescravidão e sim as práticas abusivas realizadas pela sociedade. Um exemplo disto é o caso DREW PETERSON x STACY PETERSON. STACY PETERSON desapareceu em 28 de outubro de 2007, talvez venha a ser a primeira vítima do geoSlavery que teve um fim trágico como explica DOBSON¹⁰.

Apesar de ser tratada apenas como desaparecida em decorrência de ainda não ter sido encontrado o seu corpo, ela pode ter sido vítima do geoSlavery. Seu esposo, Drew Peterson, beneficiando-se do cargo que exercia no Bolingbrook Police, utilizava os serviços de investigação da Polícia¹¹ para monitorar a sua esposa, Stacy Peterson, seus amigos e

⁸ DOBSON, J.E. & FISHER, P.F. (2003). **GeoSlavery**. Technology and Society Magazine, IEEE, Volume 22, Issue 1 Spring p.47-52. Disponível online no endereço url: http://gis.lanecce.edu/gtft/gtft_readings/gtft_reading_wk3/geoslavery.pdf (acedido em 12 fevereiro, 2014).

⁹ Nesse sentido, RANJIT ARAB (2003) " *Preocupa-me que uma coisa que eu pensei q) ue era maravilhoso tem uma desvantagem que pode levar a geoslavery - a maior ameaça à liberdade que a história da humanidade já experimentou* ". (tradução livre do autor). ARAB, Ranjit. (2003) "KU researcher warns against potential threat of geoslavery". In: **University of Kansas Lawrence**. Disponível online no endereço url: <http://archive.news.ku.edu/2003/03N/MarchNews/March5/dobson.html> (acedido em 12 fevereiro, 2014).

¹⁰ Para DOBSON, "*Stacy Peterson pode ser a primeira vítima conhecida do mundo de geoSlavery, que terminou em tragédia. ()Homicídio e maus-tratos são infelizmente comuns, mas Drew Peterson estava seguindo coordenadas do telefone móvel de Stacy, e isso faz toda a diferença. () De acordo com relatórios da Polícia, Drew Peterson obsessivamente monitorava os movimentos da esposa antes de seu desaparecimento. Ela queixou-se à família e aos amigos, que ele a controlava. Ela até mudou seu número de telefone celular em uma tentativa fútil de acabar com seu controle*". (tradução livre do autor). DOBSON, Jerome E. "Geoslavery in the Stacy Peterson case". In **The American Geographical Society**. Disponível online no endereço url: <https://www.docstoc.com/pass?docId=26331083&download=1>(acedido em 12 fevereiro, 2014).

¹¹ De modo semelhante os mesmos procedimentos são utilizados pela Polícia Portuguesa e assegurados pelos: "(...)artigos187.º, n.º 1 al.ª b), 189.º, n.º 2 e 252.º - A, aplicáveis por analogia com a localização celular dos telemóveis, permitida pelo art.º 4.º, todos do Código de Processo Penal (...)". **Acórdão do Tribunal da Relação de Évora n.º 2005/08-1**, Autorização Judicial Prévia: Sistema de posicionamento Global, de 07/10/2008. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://www.dgsi.pt/jtre.nsf/c3fb530030ea1c618025>

familiares, através do monitoramento eletrônico das coordenadas do seu telefone portátil.

Dobson e Fisher (2003,48) sobreavisam para o comércio de sistemas de monitoramento humano, vendidos sem qualquer restrição e sem salvaguardas como proteção, para se evitar o *geoSlavery*, que pode ser exercido tanto pelo Estado como pela própria sociedade.¹²

Esta não é a primeira forma de monitoramento já denunciada como *geoSlavery*. Outras formas de utilização da tecnologia de LBS estão sendo denunciadas como a implantação de chips em seres humanos e carros, a utilização de aparelhos de monitoramento por empresas para acompanhar a execução dos serviços dos seus funcionários, etc. Entretanto, essas práticas muitas vezes não são vistas como *geoSlavery* e sim, como “geo-fencing”.

3.2. Geo-fencing

Geo-fencing, conhecida como cerca eletrônica, é um tipo de aplicação georeferenciada, que permite que um alerta seja dado em uma central de monitoramento quando um objeto monitorado (carro, pessoa, etc.) ultrapasse esta cerca eletrônica. Esta cerca eletrônica é um polígono definido através das coordenadas de seus vértices, onde uma aplicação calcula se a coordenada geográfica do objeto monitorado está dentro deste polígono. Caso negativo, soa o alarme para uma central de controle.

No meio corporativo, é um termo utilizado para conceituar o procedimento de controlar os movimentos dos trabalhadores móveis em determinada área, para aumentar a produtividade, através do uso de aparelhos com GPS integrados, ou através de telefones móveis equipados com o serviço de geo-fencing que enviam mensagens escritas para o sistema, cada vez que o empregado se afasta da rota preestabelecida.¹³

68d9005cd5bb/3356bfa236f7cf21802574ea0036ff9c?OpenDocument&Highlight=0,GPS (accedido em 12 fevereiro, 2014)

¹² DOBSON, J.E. & FISHER, P.F. (2003). *GeoSlavery*.(op.cit.)...

¹³ Cf *supra*. Beam J. & Harris. Bronwyn (ed.) (2014) “What is Geofencing?” In: **WiseGEEK**. Disponível online no endereço url: <http://www.wisegeek.com/what-is-geofencing.htm> (accedido em 29 junho, 2014); ORTIZ, C. Enrique (2014). “LBS and Geo-fencing”. In **weblog.cenriqueortiz.com**. Disponível online no endereço url: <http://weblog.cenriqueor->

O geo-fencing é normalmente oferecido pelas empresas que disponibilizam veículos automotivos para seus funcionários realizarem seus serviços. Geralmente esses veículos vêm equipados com sistema de rastreamento, como forma de aumentar a segurança dos condutores, tentando, assim, evitar assaltos e como forma de melhorar a qualidade dos seus serviços, neutralizando desvios dos seus empregados das rotas preestabelecidas, bem como perda de tempo.

Para além dessas positivas finalidades, o geo-fencing tem levantado alguns questionamentos referentes à invasão da privacidade, pois, apesar da facilidade de poder ter o controle sobre as deslocações de outra pessoa também pode tornar-se uma obsessão levando a perseguições (stalking). Este é, inclusive, dado por alguns sindicatos da cidade de Nova Iorque, que temem um geoslavery decorrente do geo-fencing, pois cada vez mais as empresas estão usando serviços de rastreamento para registar o tempo de trabalho de seus empregados.¹⁴

Em Portugal, O Supremo Tribunal de Justiça adotou no Ac. de 13-11-2013, P. 73/12.3TTVNF.P1.S1 o mesmo posicionamento do Ac. de 22-05-2007, P. 07S054 em que nega que o GPS (sem registo de imagem e voz) é um meio de vigilância a distância, que não ofende os direitos de personalidade do trabalhador, nomeadamente a reserva da intimidade da sua vida privada e familiar.¹⁵

No Brasil a lei nº 12.551, de 15 de dezembro de 2011, alterou o art. 6º da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, que assegura o uso de meios telemáticos e informatizados de comando, controle e supervisão do trabalho alheio,

tiz.com/location-based-services-lbs/lbs-and-geo-fencing/(acedido em 12 fevereiro, 2014); SCHWARTZ, Ephraim (2003). “Geofencing may keep employees in check, but they might not stick around: Companies might do well to consider employee relationship management to reduce high and costly turnover”. In: **InfoWorld**. Disponível online no endereço url: <http://www.infoworld.com/t/applications/geofencing-may-keep-employees-in-check-they-might-not-stick-around-462> (acedido em 12 fevereiro, 2014)

¹⁴ Cf *supra* NICHOLS, Michelle. (2007) “N.Y. scanners spark union cries of “geoslavery”. In: **Reuters** New York. Disponível online no endereço url: http://www.reuters.com/article/domesticNews/idUSN252591382_0070126 (acedido em 12 fevereiro, 2014)

¹⁵ Cf. *Supra* **Acórdão do Supremo Tribunal de Justiça** de 13/11/2013, processo nº 73/12.3TTVNF.P1.S1 Disponível online no endereço url: <http://www.dgsi.pt/jstj.nsf/954f0ce6ad9dd8b980256b5f003fa814/e32eab3444364cb980257c2300331c47?OpenDocument> (acedido em 29 junho 2014)

para fins de subordinação jurídica, desde que estejam caracterizados os pressupostos da relação de emprego.¹⁶

3.3. OS SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO DE VEÍCULO E A PRIVACIDADE

3.3.1. Sistema de Identificação eletrônica de Veículos - SIEV (Portugal)

O Decreto Lei 112/2009 introduziu, em Portugal, o sistema de matrícula eletrônica cujo principal objetivo constitui o pagamento eletrônico de portagens e atualização tecnológica da matrícula tradicional, que possibilitam a evolução do sistema de identificação visual de veículos para outro, mais avançado, de detecção e identificação eletrônica.

O Decreto Lei nº 113/2009 estabeleceu a “instalação obrigatória de um dispositivo electrónico de matrícula em todos os veículos automóveis e seus reboques, em todos os motociclos e os triciclos autorizados a circular em infraestruturas rodoviárias onde seja devido o pagamento de taxa de portagem”.

O artº 21 do Decreto Lei 112/2009 regulamentou as salvaguardas ao direito da privacidade perante o dispositivo eletrônico de matrícula. Entretanto, o Parlamento da Ilha da Madeira rejeitou a sua implantação, suscitando algumas denúncias e rejeições sobre a implantação do chip, “invocando o receio de um Big Brother e as dúvidas da Comissão Nacional de Proteção de Dados (CNPd) sobre as implicações relativas à privacidade dos cidadãos e respectivos direitos, liberdades e garantias”¹⁷.

3.3.2. Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos - SINIAV (Brasil)

No Brasil, semelhante a Portugal, tem-se discutido sobre a implanta-

¹⁶Cf. *Supra* Lei Ordinária nº 12.551 de 15-12-2011. Diário Oficial da União de 16/12/2011, P.3. Disponível online no endereço url: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112551.htm (acedido em 29 junho 2014)

¹⁷ Cf. *Supra*. JORNAL i (2009) Automóveis: "Madeira recusa lei dos chips nas matrículas". Por Jornal i Disponível online no endereço url: <http://www.ionline.pt/artigos/18964-auto-moveis-madeira-recusa-lei-dos-chips-nas-matriculas/pag/-1> (acedido em 14 fevereiro, 2014)

ção do Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos.¹⁸ No entanto, este tem levantado várias denúncias sobre questões relacionadas à privacidade. Em princípio, confundiram-se duas Resoluções: a n° 245 com a n° 412, ambas do Contran. A Resolução n° 245 dispõe sobre a instalação de equipamento obrigatório, denominado antifurto nos veículos (sistema baseado em GPS). Entretanto, a Resolução n° 412 dispõe sobre a implantação do Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos (sistema baseado em RFID).

Apesar do esclarecimento do Diretor-presidente do Detran em explicar essa confusão de Resoluções¹⁹, a Resolução em vigor não afasta a possibilidade da invasão à privacidade, por meio da placa eletrônica, visto que, os serviços baseados em RFID podem vir a expor dados dos indivíduos a exemplo dos dados de localização, possibilitando o seu rastreamento e cruzamento de dados.

A Resolução n° 412 /2012 não é muito clara em relação aos seus objetivos e à proteção à privacidade. Em momento algum a Resolução descreve explicitamente qual a finalidade do SINIAV.²⁰ Apesar das chaves de criptografia como meio de preservar a confidencialidade e a autenticidade, o texto só se refere como salvaguarda da privacidade, a impossibilidade de alteração, segurança dos dados, segurança das informações pelo sigilo dos dados. Ela não é específica sobre o cruzamento da base de dados, sobre a duração em que serão conservados, sobre a possibilidade de monitoramento, e sobre a invasão e a divulgação, o que preveniria alguns futuros danos, pois o agravo provindo da invasão e divulgação dos dados, geralmente só se percebe após o incidente que, em muitos casos, é muito difícil detectar o causador, impossibilitando

¹⁸ De acordo com a **Resolução n° 412 de 09 de agosto de 2012**. Diário Oficial da União de 10/8/2012. Ano CXLIX, n° 155, Brasília: Imprensa Nacional. ISSN 1677-7042, Seção 1. Disponível online no endereço url: [http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/\(Resolucao%20412.2012\).pdf](http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/(Resolucao%20412.2012).pdf)(acedido em 14 fevereiro, 2014)

¹⁹ Cf. *Supra*. PEREZ, Bruno. (2014) "Detran-RR esclarece sobre implantação do chip eletrônico em veículos." Disponível online no endereço. url:<http://www.detrans.gov.br/index.php/12-noticias/404-diretor-presidente-do-detrans-esclarece-sobre-implantacao-do-chip-eletronico-em-veiculos>.(acedido em 14 fevereiro, 2014).

²⁰ O artigo 7° da referida Resolução descreve: "As informações obtidas através do SINIAV são de uso dos órgãos e entidades públicos que o integram, para as finalidades e competências a eles atribuídas," (Op. Cit)

assim a tipificação do delito.

Apesar das novas legislações publicadas, como a Lei nº 12.737/2012²¹ e o artigo 154-A do Código Penal, ambas ainda são restritas perante a expansão dos crimes digitais. Por conseguinte, a omissão efetiva de proteção da privacidade, pode vir a suscitar várias vicissitudes, principalmente no âmbito dos dados referentes à localização dos automóveis, pois acabam por revelar, implicitamente, outros tantos dados dos seus condutores.

3.4. Denúncias realizadas por grupos de pesquisa

Como consequência do avanço das tecnologias baseadas em localização e, em decorrência da preocupação em preservar a privacidade dos usuários de LBS, foram instituídos grupos para pesquisar formas e criar sistemas mais eficazes que dificultem e impeçam o abuso na privacidade dos usuários de LBS. Entre esses grupos de pesquisas sobre Sistemas de Informações Geográficas, destacamos: UCGIS e o FIDIS.

O University Consortium for Geographic Information Science - UCGIS, que tem por objetivo promover debates referentes aos benefícios e riscos da tecnologia LBS, deixou claro que a proteção da privacidade individual é a base das preocupações dos direitos humanos modernos, em decorrência do compartilhamento das informações de dados pessoais, cada vez mais tornando tênue a linha entre a vida privada e a criminalidade. Lembrou que apesar da geoescravidão poder ser realizada pelo Governo, a maior ameaça vem do indivíduo comum que constantemente sente a necessidade de ter controle sobre outro indivíduo como em tempos passados. Alertou ainda, para a necessidade de o indivíduo determinar a quantidade da intrusão na sua vida privada, através da imposição de limitações.²²

O Future of Identity in the Information Society - FIDIS , em sua página da internet, apresenta uma série de cenários hipotéticos que ilustram

²¹ Cf *supra* Lei nº 12.737, de 30 de novembro de 2012. (Lei Carolina Dieckmann), Diário Oficial da União - CXLIX, nº 232. Seção 1 - 3/12/2012, Página 1. Brasília: Imprensa Nacional. ISSN 1677-7042. Disponível online no endereço url: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112737.htm (acedido em 14 fevereiro, 2014)

²² Dobson, Jerome E. & Fisher, Peter F. (2003). "Geoslavery: A New ethical dilemma for geographic information science." In: UCGIS. Disponível online no endereço url: <http://wenku.baidu.com/view/03a3516b7e21af45b307a8ed.html>(acedido em 14 fevereiro, 2014)

como as tecnologias emergentes podem vir afetar nossas vidas no futuro, considerando um prazo variável entre 20 e 70 anos. Em 16 de maio de 2009, na cidade de Londres, o FIDIS emitiu um comunicado, alertando os usuários de tecnologias móveis para salvaguardar a sua identidade digital e a sua privacidade, quando estiverem usando as tecnologias móveis. Depois de algumas pesquisas, o FIDIS revelou a quantidade de informações que podem ser coletadas de uma pessoa, simplesmente por saber a localização do indivíduo, por meio de um GPS habilitado em um telefone móvel e advertiu que, futuramente, a procura de empregos, seguro de automóveis, seguro de saúde podem vir a ser monitorizados em função dos contratos que são assinados, ao instalarmos aplicações baseadas em localização nos nossos telefones móveis.²³

3.5. O Big Data e os serviços baseados em localização

O aumento da produção de dados móveis, gerados pelos consumidores de dispositivos móveis, tem deixado um rastro de dados de movimentos e ações, que vêm contribuindo, de modo significativo com o conjunto de dados (velocidade, volume, variedade, veracidade e valor) que formam o *Big Data*. Os dados de localização são essenciais para o *Big Data*, pois através do cruzamento deles é possível o conhecimento comportamental das pessoas, possibilitando assim, as empresas fazer projeções e oferecer publicidade direcionada ao perfil dos seus clientes.

Entretanto, as informações associadas de dados armazenadas pelo *Big Data* trazem à tona, questões referentes à privacidade, pois os rastros digitais permitem às empresas e ao governo terem uma percepção dos hábitos e costumes dos indivíduos, o que acaba por facilitar uma invasão à privacidade das pessoas.

3.6. Tribunal de Justiça da União Europeia (TJUE) declara inválida a Diretiva 2006/24/CE

Após a submissão de uma dupla questão prejudicial (Processo - 293/12

²³ FIDIS. (2009). "FIDIS urges mobile users to be aware of data disclosure." In: **FIDIS**. Disponível online no endereço. url: http://www.fidis.net/fileadmin/fidis/press/fidis.press_release.tracking_study.pdf (acedido em 14 fevereiro, 2014)

e Processo C - 594/12), o Tribunal de Justiça da União Europeia declarou inválida a Diretiva 2006/24/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de março de 2006, relativa à conservação de dados gerados ou tratados no contexto da oferta de serviços de comunicações eletrônicas publicamente disponíveis ou de redes públicas de comunicações, e que altera a Diretiva 2002/58/CE, por entender que a diretiva consente uma intromissão de grande extensão e de particular intensidade nos direitos fundamentais relativos à vida privada e à proteção dos dados pessoais, sem que essa intervenção se limite ao estritamente necessário.²⁴

O Tribunal de Justiça constatou que os dados conservados (identificação pessoal, registo de comunicações, duração, localização, e frequência das comunicações) permitem revelar informações particulares de todos os seus assinantes ou usuários de comunicações eletrônicas. Ao impor a conservação e a autorização de acesso, às autoridades nacionais competentes, acabam por invadir os direitos fundamentais (respeito da vida privada e proteção dos dados pessoais) passando a ter alta potencialidade de criar em seus usuários a efetiva sensação de um panoptismo.

3.7. Lei 12.965/2014 - Lei do Marco Civil da internet

Desde o ano de 2011, tramitava na Câmara dos Deputados do Congresso Nacional o Projeto de Lei nº 2.126 que incluiu alguns pontos existente no Anteprojeto de Lei sobre Proteção de Dados Pessoais. Entretanto, em 2013 o PL passou a ter carácter de urgência (URGÊNCIA - § 1º, Art. 64 - CF (Mensagem no 391/2013) em virtude da proximidade do Encontro Multissetorial Global Sobre o Futuro da Governança da Internet - NET Mundial onde a Presidente do Brasil sancionou a Lei 12.965/2014 que estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da Internet

²⁴ Acórdão do Tribunal de Justiça da União Europeia.(Grande Secção), 8 de abril de 2014. "Comunicações eletrónicas - Diretiva 2006/24/CE - Serviços de comunicações eletrónicas publicamente disponíveis ou de redes públicas de comunicações - Conservação de dados gerados ou tratados no contexto da oferta desses serviços - Validade - Artigos 7.º, 8.º e 11.º da Carta dos Direitos Fundamentais da União Europeia". Disponível online no endereço url: <http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=150642&pageIndex=0&doclang=PT&mode=lst&dir=&occ=first&part=1&cid=269390> (acedido em 20 junho, 2014).

no Brasil.²⁵

A Seção II da presente lei assegura sobre a proteção e a disponibilização aos registos, dados pessoais e às comunicações privadas de conexão e de acesso a aplicações de internet. A manutenção dos registos de conexão sob sigilo em ambiente controlado e de segurança, pelo prazo de 1 (um) ano, permitindo a possibilidade de dilatação do prazo em 60 dias e a manutenção dos registos de acesso a aplicações de internet, sob sigilo, em ambiente controlado e de segurança, pelo prazo de 6 (seis) meses.

Esta conservação de dados, acaba indo de contra aos novos paradigmas proferidos no Acórdão do Tribunal de Justiça da União Europeia²⁶ no que subordina à conservação e acesso aos “dados de tráfego”.

3.8. NetMundial

O direito à privacidade foi resguardado pelo documento final do evento da NetMundial assegurando a proteção ao direito à privacidade: Isso inclui não estar sujeito à fiscalização arbitrária ou ilegal, recolha, tratamento e utilização de dados pessoais. Devendo ser garantido o direito à proteção da lei contra tais interferências, procedimentos, práticas e legislação relativa à vigilância de comunicações, a sua interceptação e de recolha de dados pessoais, incluindo a vigilância em massa, interceptação e cobrança, deve ser revisto, tendo em vista a defesa do direito à privacidade, garantindo a implementação plena e efetiva de todos, obrigações de direito internacional dos direitos humanos.²⁷

Entretanto, alertamos para possibilidade desta proteção vir a sofrer alguma ofensa pelos artigos 13 à 17 referentes a manutenção dos registros de conexão e de acesso a aplicações de internet da Lei 12.965/2014.

²⁵ Cf *supra* Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014. (Lei do Marco Civil), Diário Oficial da União - CLI, nº 77. Seção 1 - 24/4/2014, Página 1. Brasília: Imprensa Nacional. ISSN 1677-7042. Disponível online no endereço url: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/69354783/dou-secao-1-24-04-2014-pg-1/pdfView> acedido em 20 junho, 2014).

²⁶ Acórdão do Tribunal de Justiça da União Europeia.(Grande Secção), 8 de abril de 2014. (*op. Cit.*)...

²⁷ Cf. *Supra*: NetMundial - Encontro Multissetorial Global Sobre o Futuro da Governança da Internet .(2014) Disponível online no endereço url: <https://www.laquadrature.net/files/NETmundial-Multistakeholder-Document.pdf> (acedido em 20 junho, 2014)

4. DIREITO À PRIVACIDADE

4.1. Compreensão

O direito à privacidade não tem um conceito único, posto que a definição do que seja o direito à privacidade varia de tempos em tempos, de lugar para lugar e de costumes. Entretanto, a doutrina americana define o direito à privacidade, como um direito fundamental imanente à personalidade, baseado em um dever do sigilo, atribuído por uma imposição de não revelar a outros ou de não permitir a intrusão de terceiros em assuntos que somente interessa ao próprio indivíduo.

O direito ao “ensimesmamento”(ORTEGA & GASSET,1973)²⁸ decorre do direito à privacidade, pertencente a todo e qualquer indivíduo.

Dentro das categorias de direito á privacidade, encontramos o direito à privacidade informacional presente nas Constituições do Brasil e Portugal, que baseia-se no direito do cidadão em poder comedir-se das suas informações pessoais, podendo assim determinar quando, como e até onde pode-se ceder informações sobre a sua pessoa aos outros.

4.2. O direito à privacidade em Portugal

O direito à privacidade em Portugal apresenta melhor disciplina e ressalvas, em decorrência das inúmeras transposições legislativas das Diretivas da União Europeia, que possibilita uma rápida atualização e melhor alcance da proteção à privacidade. Dentro da legislação portuguesa encontramos as seguintes normas: Artigo 26º, n.º 1, 34º e 35º da Constituição da República Portuguesa; Art. 80º do Código Civil; Art. 192º até o 194º do Código Penal; Lei n.º 109 de 17 de agosto de 1991; Art. 4º da Lei n.º 65 de 26 de Agosto de 1993; Lei n.º 2 de 19 de fevereiro de 1994; Lei n.º 67 de 26 de Outubro de 1998; Lei n.º 69 de 28 de outubro de 1998; Art. 3º da Lei n.º 2 de 13 de janeiro de 1999; Alínea “b” do art. 4º da Lei n.º 147 de 1 de setembro de 1999; Decreto-lei n.º 7 de Janeiro de 2004; Decreto-lei n.º 35 de 21 de fevereiro de 2004; Lei n.º 41 de 18

²⁸ ORTEGA Y GASSET, J. (1973). O homem e a gente: intercomunicação humana. Rio de Janeiro, Editora Livro Ibero-Americano

de agosto de 2004; Lei n.º 43 de 18 de agosto de 2004; Lei n.º 1 de 10 de Janeiro de 2005; Lei n.º 12 de 26 de janeiro de 2005; Portaria n.º 258 de 16 de março de 2005 do Ministério da Saúde; Decreto-Lei n.º 207 de 29 de novembro de 2005; Lei n.º 19 de 19 junho de 2006; Lei n.º 51 de 29 de agosto de 2006; Lei n.º 7 de 5 de fevereiro de 2007; Lei n.º 33 de 13 de agosto de 2007; Portaria n.º 1164-A de 12 de setembro de 2007; Art.170º da Lei n.º 7 de 12 de fevereiro de 2009;

Para além da assinatura da Convenção Europeia para a Proteção dos Direitos do Homem e das Liberdades Fundamentais em 20 de março de 1952 por meio da Lei n.º 65 de 13 de outubro de 1978; A Convenção n.º 108, em 28 de janeiro de 1981; A Convenção n.º 185, em 23 de novembro de 2001; E adoção das orientações da OCDE sobre a Proteção da Privacidade e transferência transfronteiras de dados pessoais.

4.3. O direito à privacidade no Brasil

No Brasil, ainda compassado, o direito à privacidade é brevemente alcançado por leis específicas, no geral ele é disciplinado por leis análogas ou pela lei geral da Constituição Federal. Isto acaba por gerar lacunas dentro da sua proteção. No entanto, mesmo com esse déficit encontramos algumas normas: Lei Federal n.º 4.898, de 9 de dezembro de 1965; Lei Federal n.º 7.232, de 29 de outubro de 1984; Art. 5º, Incisos X, XI, XII, XIV e LXXII da Constituição da República Federativa do Brasil; Art.º 4º e art.º 23, parágrafo 1º da Lei n.º 8.159 de 8 de janeiro de 1991; Lei Federal n.º 8.244, de 16 de outubro de 1991; Decreto n.º 1.906, de 16 de maio de 1996; Lei Federal n.º 9.296 de 24 de julho de 1996; Resolução n.º 196 de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde; Inciso IX do art.º 3º e art.º 128, Lei Federal n.º 9.472, de 16 de julho de 1997; O artigo 4º, § 1 e 2 da Lei Federal n.º 9.507 de 12 de novembro de 1997; Decreto Legislativo n.º 89 de 3 de dezembro de 1998; Art.º 21, da Lei Federal n.º 10.406 de 12 de janeiro de 2002; Decreto n.º 4.463, de 8 de Novembro de 2002; Decreto n.º 4.553, de 27 de Dezembro de 2002; Resolução do Conselho Federal de Medicina, n.º 1.821 de 23 de Novembro de 2007; Decreto n.º 6.135, de 26 de Junho de 2007; Decreto n.º 6.480, de 11 de junho de 2008. Artigo 22 do Decreto Legislativo n.º 186 de 9 de julho de

2008; Decreto n.º 6.949, de 25 de agosto de 2009; Inciso V, do parágrafo único, do art. 100 da Lei n.º 12.010 de 03 de agosto de 2009.

O Brasil também assinou: Pacto Internacional de Direitos Civis e Políticos (1966); Convenção Americana sobre Direitos Humanos, art. 11 de 18 de julho de 1978; Convenção sobre os Direitos da Criança e ratificou em 24 de setembro de 1990.

4.4. Direito à autodeterminação informacional

O direito à autodeterminação informacional (*Recht auf informationelle Selbstbestimmung*) junta-se ao rol dos direitos gerais da personalidade, de que todos os seres humanos são titulares. Esse é um direito novo, que surgiu na lei alemã em 1983, durante a “Lei do Censo”, direito fundamental reconhecido pelo *Rechtsprechung* (Tribunal Constitucional Alemão), baseado no livre desenvolvimento da personalidade ameaçado pela expansão da área computacional de processamento de dados.

O fundamento do direito da autodeterminação informacional assenta-se no artigo 8º, § 1º. da Convenção Europeia dos Direitos Humanos (CEDH), que serviu como base para a criação da *Bundesdatenschutzgesetz-BDSG* (Lei Federal Alemã sobre privacidade) e para criação da Diretiva 95/46/CE.

Esse direito tem um amplo alcance, protegendo todos os dados pessoais do uso de terceiros que devem ter a autorização dada pelos proprietários, mediante consentimento explícito, tornando-se o alicerce para a coleta de dados de localização, com base no código de conduta mundial de boas práticas.

5. RESSALVAS À PRIVACIDADE DIANTE DOS SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO, NOS ORDENAMENTOS JURÍDICOS PORTUGUÊS E BRASILEIRO

O avanço tecnológico e a expansão da criação de aplicativos baseados em localização para usuários comuns, postularam a necessidade da elaboração de salvaguardas para privacidade diante desses serviços.

Partindo dos princípios da aplicabilidade direta do ordenamento jurídico comunitário e do princípio do primado, a transposição das Diretivas

da Comunidade Europeia, para o direito nacional dos Estados-Membros, faculta a cada Estado-membro, em atenção o Estado Português, uma mais célere atualização legislativa. Desse modo, o direito português dispõe de uma série de legislação sobre dados de localização:

Diretiva n.º 95/46/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Outubro de 1995, relativa à proteção das pessoas singulares, no que diz respeito ao tratamento dos dados pessoais e à livre circulação desses dados;

Lei n.º 67/98, de 26 de Outubro - Lei da Proteção de Dados Pessoais (transpõe para a ordem jurídica portuguesa a Diretiva n.º 95/46/CE;

Diretiva 2002/58/CE relativa à privacidade e às comunicações eletrônicas, trouxe algumas particularidades, no artigo 2º alínea “c” e no artigo 9º, referente ao tratamento de dados de localização gerido por princípios básicos da transparência, consentimento, limitação, finalidade e oposição;

Lei n.º 41/2004, de 18 de Agosto transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2002/58/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de Julho, relativa ao tratamento de dados pessoais e à proteção da privacidade no setor das comunicações eletrônicas.

Parecer 5/2005 do Grupo de Trabalho (GT) do artigo 29.º sobre a utilização de dados de localização para criar serviços de valor acrescentado.

Deliberação n.º 9 de 13 de Janeiro de 2004 da CNPD, sobre identificação por rádio frequência (IDRF);

Parecer 12/03 da CNPD;

Resolution on Mobile Commerce - Trans Atlantic Consumer Dialogue - TACD, August 2005 (Resolução sobre Comércio Móvel - Diálogo Transatlântico dos Consumidores)

Lei n.º 32/2008 de 17 de Julho, transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/24/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Março, relativa à conservação de dados gerados ou tratados no contexto da oferta de serviços de comunicações eletrônicas publicamente disponíveis ou de redes públicas de comunicações.

Portaria n.º 469/2009, de 6 de Maio, fixou as condições técnicas e de

segurança da comunicação eletrônica dos dados de tráfego e de localização relativos a pessoas singulares e a pessoas coletivas, bem como dos dados conexos necessários para identificar o assinante ou o utilizador registrado, previstos na Lei n.º 32/2008, de 17 de Julho.

Portaria n.º 915/2009, de 18 de Agosto, estabeleceu, por seu turno, um período experimental no sentido de aprofundar e incrementar a funcionalidade e usabilidade da aplicação informática, assim como permitir uma adaptação gradual dos profissionais a novos procedimentos de trabalho, admitindo então que as comunicações pudessem ser efetuadas eletronicamente através de uma aplicação, ou pela via usual, mantendo, contudo, os requisitos de segurança da autenticidade dos dados e dos ficheiros transmitidos.

Diretiva n.º 2009/136/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Novembro de 2009 que altera a Diretiva 2002/22/CE relativa ao serviço universal e aos direitos dos utilizadores em matéria de redes e serviços de comunicações eletrônicas, a Diretiva 2002/58/CE relativa ao tratamento de dados pessoais e à protecção da privacidade no sector das comunicações eletrônicas e o Regulamento (CE) n.º 2006/2004 relativo à cooperação entre as autoridades nacionais responsáveis pela aplicação da legislação de defesa do consumidor.

Portaria n.º 131/2010 de 2 de março do Ministérios da Administração Interna, da Justiça e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

Portaria n.º 694/2010 de 16 de Agosto do Ministérios da Administração Interna, da Justiça e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações;

Deliberação n.º 50/2011 da CNPD que considera dados de localização, dados sensíveis;

Lei n.º 46/2012, de 29 de agosto transpõe a Diretiva n.º 2009/136/CE, na parte que altera a Diretiva n.º 2002/58/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de julho, relativa ao tratamento de dados pessoais e à proteção da privacidade no setor das comunicações eletrônicas, procedendo a primeira alteração à Lei n.º 41/2004, de 18 de agosto, e a segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 7/2004, de 7 de janeiro.

No direito brasileiro, a evolução legislativa para proteção da privacidade perante serviços baseados em localização, ainda caminha muito vagarosamente, pois encontramos poucas leis que versam sobre a matéria de dados de localização pessoal. Refere-se às:

Lei nº 12.841, DE 9 de julho de 2013. Altera a Lei no 9.472, de 16 de julho de 1997 - Lei Geral de Telecomunicações, para estabelecer a possibilidade de utilização das redes de telefonia móvel para localização de pessoas desaparecidas.

Resolução da ANATEL n.º 426, de 9 de dezembro de 2005, que aprova o Regulamento do Serviço Telefônico Fixo Comutado - STFC

Resolução da ANATEL n.º 477, de 7 de agosto de 2007, que aprova o Regulamento do Serviço Móvel Pessoal - SMP

Urge a necessidade de uma legislação infraconstitucional sobre o tema, ainda que exista a autoaplicabilidade dos direitos fundamentais e algumas menções em diversas legislações (Constituição Federal de 1988 (CF/1988), pelo Código Civil (CC), pela Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/11), Lei 9.296/96 (Lei de Interceptação), Lei n.º 9.472/97 (Lei Geral de Telecomunicações), Lei 12.737/12 (Lei de tipificação criminal de delitos informáticos); e o amparo aos dados relativos a processos de consumo (nos ditames trazidos pelo Código de Defesa do Consumidor/CDC)), e jurisprudência referentes à proteção à privacidade.

6. CONCLUSÃO

Apresentado os quesitos observados, formulam-se conclusões a respeito do direito à privacidade diante dos serviços baseados em localização - LBS nos ordenamentos jurídicos brasileiro e português.

Consequentemente.

A propagação dos serviços baseados em localização como forma de agregar valor à informação geográfica de localização, além de trazer muitos benefícios, trouxe alguns agravantes para o direito à privacidade do indivíduo com elevado potencial ofensivo.

Ofensas decursivas de praxes danosas dos serviços baseados em

localização já forma denunciados como os casos do GeoSlavery e Geofencing. Entretanto, Portugal e o Brasil não consideram a recolha de dados de localização por GPS como ofensa aos direitos de personalidade do trabalhador.

Contudo, tanto o Sistema de Identificação eletrônica de Veículos - SIEV (Portugal) como o Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos - SINIAV (Brasil) sofreram denúncias referentes a sua potencialidade em permitir abusos ao direito à privacidade dos indivíduos.

Outras denúncias (UCGIS, FIDIS, Big Data) estão sendo feitas referentes a recolha de dados de localização com elevado potencialidade de produzir abuso na privacidade das pessoas.

O Tribunal de Justiça da União Europeia (TJUE) declarou inválida a Diretiva 2006/24/CE por entender que a diretiva consente uma intromissão de grande extensão e de particular intensidade nos direitos fundamentais relativos à vida privada e à proteção dos dados pessoais em decorrência de ter constatado que os dados conservados (identificação pessoal, registo de comunicações, duração, localização, e frequência das comunicações) permitem revelar informações particulares de todos os seus assinantes ou usuários de comunicações eletrônicas.

Os novos paradigmas proferidos no Acórdão do Tribunal de Justiça da União Europeia, conseqüentemente acarretará a criação de novas legislações no território Português levando os Tribunais a adotarem os novos padrões enunciados. Contrariando estes novos padrões, no Brasil entrou em vigor no último dia 24/6/2014 a Lei 12.965/2014 (Lei do Marco Civil) que permite o acesso aos “registros de conexão” e o “registro de aplicações” até em processos cíveis.

O ordenamento jurídico português no nº 1 da Tabela do artigo 4º da Deliberação nº 50/2011 da Comissão Nacional de Proteção de Dados, deu um passo em frente ao incluí os dados de localização no rol dos dados sensíveis.

Assim, conclui-se que existe o risco da possibilidade de intromissão à privacidade dos indivíduos decorrente do mau uso dos serviços baseados em localização e do cruzamento dos dados de localização. Roga pela

criação de legislação específica em tratamento de dados de localização, principalmente no território brasileiro.

BIBLIOGRAFIA

- Acórdão do Tribunal da Relação de Évora de 07/10/2008, n.º 2005/08-1, Autorização Judicial Prévia: Sistema de posicionamento Global,. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://www.dgsi.pt/jtre.nsf/c3fb530030ea1c61802568d9005cd5bb/3356bfa236f7cf21802574ea0036ff9c?OpenDocument&Highlight=0,GPS>
- Acórdão do Supremo Tribunal de Justiça de 13/11/2013, processo nº 73/12.3TTVNF. P1.S1 Disponível online no endereço url: <http://www.dgsi.pt/jstj.nsf/954f0ce6ad9dd8b980256b5f003fa814/e32eab3444364cb980257c2300331c47?OpenDocument>
- Acórdão do Tribunal de Justiça da União Europeia.(Grande Secção), 8 de abril de 2014. “Comunicações eletrónicas - Diretiva 2006/24/CE - Serviços de comunicações eletrónicas publicamente disponíveis ou de redes públicas de comunicações - Conservação de dados gerados ou tratados no contexto da oferta desses serviços - Validade - Artigos 7.º, 8.º e 11.º da Carta dos Direitos Fundamentais da União Europeia”. Disponível online no endereço url: <http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=150642&pageIndex=0&doclang=PT&mode=lst&dir=&occ=first&part=1&id=269390>
- ARAB, Ranjit.(2003) “KU researcher warns against potential threat of geoslavery”. In: University of Kansas Lawrence. Disponível online no endereço url: <http://archive.news.ku.edu/2003/03N/MarchNews/March5/dobson.html>
- BEAM J. & HARRIS. Bronwyn (ed.) (2014) “What is Geofencing?” In: WiseGEEK. Disponível online no endereço url: <http://www.wisegeek.com/what-is-geofencing.htm>
- Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível online no endereço url: http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf
- COSTA, José Jesus, & BAÇÃO, Fernando Lucas. (2003) “O papel do data mining geo-espacial nos location based services”. In 3ª Conferência da associação portuguesa de sistemas de informação. Porto, Portugal. Disponível online no endereço url: http://www.isegi.unl.pt/ensino/docentes/fbacao/Costa_CAPSI03.pdf
- Decreto-Lei nº 112/2009 de 18 de Maio. Diário da República, 1ª série, Nº 95, 18 de Maio de 2009. Lisboa. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://dre.pt/pdf1sdip/2009/05/09500/0310703118.pdf>

Deliberação n.º 9 de 13 de Janeiro de 2004 da CNPD. Disponível online no endereço url: <http://www.cnpd.pt/bin/orientacoes/RFID.pdf>

Deliberação n.º 50/2011 da CNPD. Diário da República, 2.ª série - N.º 5 - 7 de Janeiro de 2011 Disponível online no endereço url: http://www.cnpd.pt/bin/legal/Del50_2011.pdf

Diretiva 95/46/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Outubro de 1995. Jornal Oficial n.º L 281 de 23/11/1995 p. 0031 - 0050. Disponível online no endereço url: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31995L0046:pt:HTML>

Diretiva 2002/58/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de Julho de 2002. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. 31.7.2002. L.201/37. Disponível online no endereço url: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:201:0037:0047:pt:PDF>

Diretiva n.º 2009/136/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de novembro de 2009. JO L 337 de 18.12.2009, p. 11-36 (PT). Edição especial em língua croata Capítulo 13 Fascículo 052 p. 224 - 249. Disponível online no endereço url: http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=PT&numdoc=309L0136&model=guichett

DOBSON, Jerome E. “Geoslavery in the Stacy Peterson case”. In The American Geographical Society. Disponível online no endereço url: <https://www.docstoc.com/pass?docId=26331083&download=1>

DOBSON, Jerome E. & FISHER, Peter F. (2003-a). GeoSlavery. Technology and Society Magazine, IEEE, Volume 22, Issue 1 Spring p.47-52. Disponível online no endereço url: http://gis.lanec.edu/gtft/gtft_readings/gtft_reading_wk3/geoslavery.pdf

DOBSON, Jerome E. & FISHER, Peter F. (2003-b). “Geoslavery: A New ethical dilemma for geographic information science.” In: UCGIS. Disponível online no endereço url: <http://wenku.baidu.com/view/03a3516b7e21af45b307a8ed.html>

FIDIS. (2009). “FIDIS urges mobile users to be aware of data disclosure.” In: FIDIS. Disponível online no endereço. url: http://www.fidis.net/fileadmin/fidis/press/fidis.press_release.tracking_study.pdf

Grupo de Protecção de dados do artigo 29º. 2130/05/PT WP 115. Disponível online no endereço url: http://ec.europa.eu/justice_home/fsj/privacy/docs/wpdocs/2005/wp115_pt.pdf

JORNAL i (2009) Automóveis: “Madeira recusa lei dos chips nas matrículas”. Por Jornal i Disponível online no endereço url: <http://www.ionline.pt/artigos/18964-automoveis-madeira-recusa-lei-dos-chips-nas-matriculas/pag/-1>

Lei n.º 7.232, de 29 de outubro de 1984. Disponível online no endereço url: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7232.htm

Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Disponível online no endereço http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078.htm

Lei nº 9.296, de 24 de julho de 1996. Disponível online no endereço url: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9296.htm

Lei Federal n.º 9.472, de 16 de julho de 1997. Diário Oficial da União - Seção 1 - 17/7/1997, p. 15081. Brasília. Brasil. Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional n.º 8, de 1995. Disponível online no endereço url:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9472.htm

Lei nº 67/98 de 26 de Outubro. DIÁRIO DA REPÚBLICA - I SÉRIE-A Nº 247 - 26-10-1998, p. 5536. Disponível online no endereço url: <http://dre.pt/pdf1sip/1998/10/247A00/55365546.pdf>

Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Disponível online no endereço url: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm

Lei n.º 41/2004 da Assembleia da República de 18 de Agosto de 2004, nº 194 SÉRIE I-A, p. 5241 a 5245. Disponível online no endereço url: <http://dre.pt/cgi/dr1s.exe?t=d&cap=&doc=20042786&v01=1&v02=2004-08-18&v03=&v04=&v05=&v06=&v07=&v08=&v09=&v10=&v11=&v12=&v13=&v14=&v15=&v16=&v17=&v18=&v19=&v20=&v21=&v22=&v23=&v24=&v25=&sort=0&submit=Pesquisar&d=2004-08-18&maxDate=2014-02-17&minDate=1960-01-01>

Lei nº 32/2008 de 17 de Julho. Diário da República n.º 137 (Série I), de 17 de Julho de 2008. Lisboa. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=952169>

Lei nº 12.527/11, de novembro de 2011. Disponível online no endereço url: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm

Lei Ordinária nº 12.551 de 15-12-2011. Diário Oficial da União de 16/12/2011, P.3. Disponível online no endereço url: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12551.htm

Lei n.º 46/2012, de 29 de agosto. Diário da República, 1ª c. Nº 167. p.4813. Lisboa. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://dre.pt/pdf1s/2012/08/16700/0481304826.pdf>

Lei nº 12.737, de 30 de novembro de 2012. (Lei Carolina Dieckmann), Diário Oficial da União - CXLIX, nº 232. Seção 1 - 3/12/2012, Página 1. Brasília: Imprensa Nacional. ISSN 1677-7042. Disponível online no endereço url: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12737.htm

Lei nº 12.841, de 9 de julho de 2013. Diário Oficial da União - Seção 1 - 10/7/2013, p.4. Brasília. Brasil. Disponível online no endereço url: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2013/lei-12841-9-julho-2013-776460-norma-pl.html>

Lei n.º 12.965, de 23 de abril de 2014. (Lei do Marco Civil), Diário Oficial da União - CLI, n.º 77. Seção 1 - 24/4/2014, Página 1. Brasília: Imprensa Nacional. ISSN 1677-7042. Disponível online no endereço url: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/69354783/dou-secao-1-24-04-2014-pg-1/pdfView>

NetMundial - Encontro Multissetorial Global Sobre o Futuro da Governança da Internet. (2014) Disponível online no endereço url: <https://www.laquadrature.net/files/NETmundial-Multistakeholder-Document.pdf>

NICHOLS, Michelle. (2007) “N.Y. scanners spark union cries of “geoslavery”. In: Reuters New York. Disponível online no endereço url: http://www.reuters.com/article/domesticNews/idUSN252591382_0070126 (acedido em

ORTEGA Y GASSET, J. (1973). O homem e a gente: intercomunicação humana. Rio de Janeiro, Editora Livro Ibero-Americano

ORTIZ, C. Enrique (2014). “LBS and Geo-fencing”. In weblog.cenriqueortiz.com. Disponível online no endereço url: <http://weblog.cenriqueortiz.com/location-based-services-lbs/lbs-and-geo-fencing>

Parecer n.º 12/04 da CNPD. Disponível online no endereço url: <http://www.cnpd.pt/bin/decisoies/2003/htm/par/par012-03.htm>

PEREZ, Bruno. (2014) “Detran-RR esclarece sobre implantação do chip eletrônico em veículos.” Disponível online no endereço. url: <http://www.detran.rr.gov.br/index.php/12-noticias/404-diretor-presidente-do-detran-esclarece-sobre-implantacao-do-chip-eletronico-em-veiculos>.

Portaria n.º 160, de 22 de Março de 1994. Regula a exploração dos serviços de valor acrescentado. Diário da República, I Série B n. 68 de 22/3/1994 p.1427-1440. Lisboa. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://dre.pt/pdfgratis/1994/03/068B00.pdf>.

Portaria n.º 469/2009, de 6 de Maio de 2009. Diário da República n.º 87 (Série I), de 6 de maio de 2009. Lisboa. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=952176>

Portaria n.º 915/2009, de 18 de Agosto. Diário da República n.º 159 (Série I), de 18 de agosto de 2009. Disponível online no endereço url: <http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=971236>

Portaria n.º 131/2010 de 2 de março de 2010 do Ministérios da Administração Interna, da Justiça e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Diário da República. 1ª série. N.º 42, p. 592 a 593. Lisboa. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://www.dre.pt/cgi/dr1s.exe?t=dr&cap=1-1200&doc=20100374&v02=&v01=2&v03=1900-01-01&v04=3000-12-21&v05=&v06=&v07=&v08=&v09=&v10=&v11=Portaria&v12=131/2010&v13=&v14=&v15=&sort=0&submit=Pesquisar>

Portaria n.º 694/2010 de 16 de Agosto do Ministérios da Administração Interna, da Justiça e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Diário da

- República, 1ª série. Nº 158. Lisboa. Portugal. Disponível online no endereço url: <http://dre.pt/pdf1s/2010/08/15800/0353603540.pdf>
- Resolução da ANATEL n.º 426, de 9 de dezembro de 2005, que aprova o Regulamento do Serviço Telefónico Fixo Comutado - STFC. Disponível online no endereço url: <http://legislacao.anatel.gov.br/resolucoes/20-2005/7-resolucao-426>
- Resolução da ANATEL n.º 477, de 7 de agosto de 2007, que aprova o Regulamento do Serviço Móvel Pessoal - SMP. Disponível online no endereço url: <http://legislacao.anatel.gov.br/resolucoes/22-2007/9-resolucao-477>
- Resolução nº 412 de 09 de agosto de 2012. Diário Oficial da União de 10/8/2012. Ano CXLIX, nº 155, Brasília: Imprensa Nacional. ISSN 1677-7042, Seção 1. Disponível online no endereço url: [http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/\(Resolucao%20412.2012\).pdf](http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/(Resolucao%20412.2012).pdf)
- SCHWARTZ, Ephraim (2003). "Geofencing may keep employees in check, but they might not stick around: Companies might do well to consider employee relationship management to reduce high and costly turnover". In: InfoWorld. Disponível online no endereço url: <http://www.infoworld.com/t/applications/geofencing-may-keep-employees-in-check-they-might-not-stick-around-462>
- SPIEKERMANN, Sarah (2004) - "Aspects of Location-Based Services ", *in* SCHILLER, Jochen, & VOISARD Agnès (eds): Location-Based Services. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, p.10.
- SOUSA, Nuno Sérgio Infante de Passos.(2007). Location-Based Services: A Crescente Importância da Localização. 93 f. Dissertação (Mestrado - Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação) - Universidade Nova de Lisboa. Disponível online no endereço url: <http://hdl.handle.net/10362/2686>
- Trans Atlantic Consumer Dialogue-TACD. Resolution on Mobile Commerce - August 2005. Disponível online no endereço url:http://ec.europa.eu/consumers/cons_issue/tacd-recommendations_2005_en.pdf

ARTIGO 33

A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM ANGOLA: SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA E PLANO DE AÇÃO DE APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO NACIONAL DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

KITOKO, Dilson¹ & PAINHO, Marco²

¹ Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação - Universidade Nova de Lisboa; Programa de Mestrado em Ciências e Sistemas de informação geográfica; Campus de Campolide - 1070-312 Lisboa, Portugal; Tel: +244 935 515 333; Fax: +351 213 828 611; email: g2010281@isegi.unl.pt

² Ph.D - Professor Catedrático do Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação Universidade Nova de Lisboa; Campus de Campolide - 1070-312 Lisboa, Portugal; Tel: +351 213 828 616; Fax: +351 213 828 611; email: painho@isegi.unl.pt

RESUMO

Quando comparado a outras regiões do mundo e mesmo regionalmente, as tecnologias de geoinformação ainda são pouco utilizadas e difundidas em Angola. Há uma grande carência de profissionais, centros de pesquisa e ensino, desenvolvimento de aplicações e produção técnico-científica. Há carência de uma política nacional de desenvolvimento das TIGs e mecanismos eficazes de gestão e produção de dados, o que se reflete numa fraca difusão da informação, ausência de um quadro normativo e orientações técnicas, entre outros. Há uma grande lacuna no que toca a regulamentação, produção, gestão e disseminação da informação geospacial. A legislação relativa ao domínio da informação geográfica é escassa. É necessário que se consolidem mecanismos legais que visem organizar e regular este setor. Neste contexto, propomos a implementação de uma estratégia sólida e coerente de desenvolvimento orientada para a gestão, produção e divulgação da informação geográfica

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_33

que possa integrar a utilização da informação geográfica, implementada no território por organismos que o gerem e cuja missão central é promover o desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE

Geoinformação, Estratégia, Integração, Gestão.

GEOGRAPHIC INFORMATION IN ANGOLA: GRANTS FOR THE DEVELOPMENT OF A STRATEGY AND ACTION PLAN TO SUPPORT THE IMPLEMENTATION OF THE NATIONAL GEOGRAPHIC INFORMATION PLAN

ABSTRACT

In comparison to other places in the world, or even locally in the african continent, geoinformation technologies are not commonly used and disseminated in Angola yet. There is a massive lack of specialized personnel, research centers and teaching institutions, and so the promotion of technical and scientific applications is absent. Angola also misses a national TIG's development policy and an effective mechanism regarding management and production of data. This prospect directly reflects in low information spread, in the absence of a legislative framework and its technical guidance, among other things. There is a huge blank space in regard to regulation, production, management and spread of geospatial information. Regulations regarding the ownership of geographic information are scarce too. To regulate and organize this area, secure legal mechanisms is essential. Against this background, we propose the implement of a solid and coherent development strategy, oriented by management, production and dissemination of geographic information. A strategy able to integrate the data provided by local organizations and which central's mission is a sustainable development model.

KEYWORDS

Geoinformation, Strategy, Integration, Management.

1. INTRODUÇÃO

As Tecnologias de Informação Geográfica (TIG), com destaque para os Sistemas de informação geográfica (SIG), têm sido crescentemente utilizadas como ferramenta de apoio nos processos de gestão, planeamento e tomada de decisão no espaço geográfico. Julião (2001) aponta que as Tecnologias de Informação Geográfica, nomeadamente os SIG têm vindo

a assumir um papel cada vez mais importante em diversas organizações nomeadamente nas relacionadas com a gestão territorial. A designação TIG é utilizada para referenciar o conjunto de instrumentos de gestão da informação geográfica, sendo ferramentas centrais para gestão do território e de todas as atividades com uma componente espacial (COSME, 2012).

A indústria de Informação Geográfica (IG) entrou num rápido desenvolvimento nos últimos anos. De acordo com Jardim (2012), em 10 anos, conforme previsões do Comité Geoespacial da ONU, a informação geográfica, reproduzida por métodos cartográficos será tão fundamental quanto à energia elétrica. A Organização das Nações Unidas (ONU) por intermédio da sua iniciativa *Global Geospatial Information Management (UN-GGIM)* tem fomentado nos países-membros a adoção de melhores práticas em produção, gestão e disseminação da informação geoespacial, bem como a consolidação das Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE).

No contexto africano, a Declaração de Addis Abbeba¹ (2011) recomenda que os países africanos, a *Economic Commission for Africa (ECA)* e a *African Union Commission* devem finalizar e implementar o Plano de Ação Africano para Gestão da Informação Geoespacial. A nível nacional o Ministério do Urbanismo e Habitação, órgão que tem sob a sua tutela a entidade gestora das diretrizes e atividades concernentes ao domínio da informação geográfica em âmbito nacional, já reconhece a necessidade de implementação do Programa Nacional de Informação Geográfica (PNIG). Na génese da concepção do PNIG está a necessidade do país em ter organizada a sua Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), através da compilação e produção de informação geográfica de apoio às instituições de ensino superior, de investigação científica bem como a necessidade de partilha desta informação entre as diferentes entidades do estado e o público em geral.

Neste contexto, destacamos as TIG, como ferramentas essenciais no apoio a gestão e tomada de decisão. A utilização de técnicas matemáticas

¹ *Addis Abbeba Declaration on Geospatial information Management in Africa*, Agosto de 2011. A declaração reconhece os esforços feitos no contexto regional africano para gestão, integração e disseminação da Informação geoespacial, implementação de políticas para constituição das INDE, bem como aponta as principais iniciativas e os agentes com destaque neste contexto.

e computacionais para tratar a informação geográfica permite a realização de análises das mais simples às mais complexas num curto espaço de tempo. Aliado a esta capacidade analítica podemos ainda simular cenários, gerar mapas, obter medições e proceder inventariação de elementos do espaço geográfico (CAMARÃ *et al*, 2002).

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

Angola viveu um longo período de guerra civil entre 1975 e 2002. O longo período de conflito armado resultou em danos tanto para a população, como para as infraestruturas do país. Hoje, Angola desponta para o mundo como um país em franco desenvolvimento, a par das disparidades socioeconómicas que ainda persistem internamente. Esta vertente é marcada com um novo período, o da reconstrução nacional, em que se observa o *boom* da construção civil na reabilitação e construção de infraestruturas. Neste sentido, surge a necessidade de implementação de soluções tecnológicas e de sistemas de gestão territorial para o auxílio na análise, planeamento e avaliação, permitindo apoio à investigação e tomada de decisões, enquadradas no plano de reconstrução a nível nacional exige (HOFFMAN, 2011).

As tecnologias de geoinformação ainda são pouco utilizadas e difundidas em Angola. Há uma grande carência de produção técnica, desenvolvimento de soluções e aplicações baseadas em inteligência geográfica, profissionais, centros de formação e ensino vocacionados para o setor. A utilização das TIG é dispersa e pouca difusão, embora já se note um aumento da sensibilização sobre os benefícios das mesmas. Bem como nota-se uma carência no tocante às políticas voltadas para a geoinformação. Desde a sua gestão, fiscalização, produção, manutenção e disseminação de dados.

O presente trabalho propõe avaliar a atual situação, constrangimentos, perspectivas e elaborar uma proposta para adoção de uma estratégia e plano de ação, para implementação coordenada de um Programa Nacional de Informação Geográfica. A estratégia visa estabelecer uma política de desenvolvimento, orientada para a gestão, produção, disseminação da informação geoespacial, bem como o estabelecimento de um quadro nor-

mativo regulatório, que passa pela criação de uma legislação adequada ao setor e reorganização administrativa dos órgãos competentes.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia principal consistiu na pesquisa bibliográfica extensiva nos arquivos das instituições públicas de interesse, na internet e nos arquivos pessoais de profissionais antigos e que são um registro vivo da história em Angola. A fim de termos um histórico da evolução das TIG em Angola, indicando os principais agentes envolvidos neste processo e a sua dinâmica. Analisou-se ainda o enquadramento a nível do continente africano e no contexto mundial das principais iniciativas e marcos históricos no domínio da informação geográfica. A segunda parte da pesquisa bibliográfica consistiu na revisão de literatura das principais iniciativas ligadas ao domínio da informação geográfica em âmbito mundial e regional, com intuito de contextualização do trabalho e demonstração da pertinência do tema abordado.

Como complemento à pesquisa bibliográfica, foram também realizadas visitas de campo a instituições públicas, consideradas de interesse para este trabalho, nomeadamente o Instituto Geográfico e Cadastral de Angola (IGCA), Direção dos Serviços Geografia e Cartografia das Forças Armadas de Angola, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério do Urbanismo e Habitação, Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto (FC-UAN), Administrações Municipais, Gabinetes Técnicos Municipais e Direções Provinciais.

O objetivo principal da abordagem metodológica escolhida visou a recolha de elementos para elaboração de um diagnóstico da situação atual, que nos permitisse traçar as linhas gerais da proposta para a estratégia nacional e respetivo plano de ação, sustentado na revisão de literatura e estudos de caso de diferentes realidades.

4. A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM ANGOLA

Durante a realização do trabalho deparámo-nos com grande carência

de estudos e publicações que remetessem a esta temática em Angola. No campo académico nacional, não foram encontradas referências a investigações do género. De igual forma, também são escassos os estudos de mercado sobre a atividade do setor, tanto nos aspectos económicos como profissionais. Embora já se verifiquem muitos avanços, o país parece não estar totalmente integrado. Ainda, há uma grande disparidade entre a disponibilidade de recursos humanos e materiais e disponibilidade de informações em Luanda e nas demais províncias.

Logo, foi necessária uma extensa pesquisa bibliográfica na internet, artigos, matérias em revistas e jornais, bibliotecas e contactos com profissionais de diferentes instituições, de modo a elucidar os factos mais importantes desta evolução e delinear uma sequência histórica. Com o intuito de compreender o contexto histórico, analisar o mercado nacional, esboçar um panorama da situação atual e elucidar perspectivas futuras.

Para melhor enquadramento e análise sobre a temática das TIG em Angola, optou-se por um recorte temporal, que entendemos serem marcos referenciais para elucidação deste processo: “*Da independência ao período de conflito civil (1975 - 2002)*” e do “*Pós-Guerra até a atualidade (a partir de 2002 em diante)*”.

Após a independência como colónia de Portugal, em 1975, Angola assumiu o controlo da produção da informação geográfica nacional. O Instituto de Geodesia e Cartografia - órgão tutelado ao Ministério da Defesa Nacional - substituiu o Serviço Geográfico e Cartográfico de Angola da era colonial. Com o fim da guerra de independência, o país mergulhou numa guerra civil. Durante o período da guerra civil, grande parte da rede geodésica do país foi danificada, acarretando uma enorme perda e conseqüente prejuízo para as necessidades nacionais de recolha de informação georeferenciada.

Do ponto de vista da pesquisa, consideramos que durante o período do conflito civil, o país não possuía condições favoráveis para o desenvolvimento da ciência e tecnologia. Até então o uso da informação geográfica era mais restrito ao uso militar e, por isso, de carácter confidencial e estratégico sendo de difícil acesso e não sistematizada, tendo sido mesmo perdida em alguns casos.

Após os acordos de Paz de 2002, houve a necessidade de reorganização do país em termos político-económicos, sociais, administrativos e infraestruturais. Neste período foi criado o Instituto Geográfico e Cadastral de Angola (IGCA)², como órgão tutelado ao Ministério do Urbanismo e Ambiente³, em substituição do Instituto de Geodesia e Cartografia de Angola, tutelado ao Ministério da Defesa Nacional. O IGCA surge como órgão responsável pela gestão, regulamentação e controle da informação espacial em âmbito nacional.

Embora o país tenha tido alguns progressos na produção da informação geográfica nacional, ainda assim não atingiu um nível satisfatório, de acordo com as suas reais necessidades de recolha de dados e produção de informação. Muitos dos projetos iniciados durante este período não obtiveram êxito, apoio institucional e orçamental, nem tão pouco a continuidade almejada. Deste período destacamos as iniciativas de projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, e do IGCA, com vista a organização do setor, que infelizmente não tiveram sucesso por constrangimentos de ordem burocrática e política. Neste contexto é importante ressaltar o apoio de instituições como a FAO⁴, que muito tem contribuído para a promoção de uma “cultura geográfica” de utilização da cartografia e demais geotecnologias. Diversas entidades de cooperação e com atuação internacional, bem como governos de países parceiros de Angola, têm fornecido apoio neste sentido. Tanto pela via de financiamento de projetos, como pela doação de material técnico e concessão de bolsas de estudo e capacitação para profissionais angolanos.

4.1. A Informação Geográfica em Angola

A evolução da geodesia e da cartografia em Angola confunde-se com a história da expansão ultramarina de Portugal. O processo de produção da cartografia do território angolano teve início em meados dos anos 30, ainda na época colonial. O objetivo inicial consistiu na produção de ma-

² Decreto-Lei n.º 4/03 de 9 de Maio - Aprova o estatuto orgânico do Ministério do Urbanismo e Ambiente.

³ Atualmente Ministério do Urbanismo e Habitação.

⁴ *Food and Agriculture Organization of United Nations.*

pas hidrográficos e elaboração de plantas dos grandes portos, enseadas e golfos, entre outros. Bem como visou a criação das redes geodésicas de apoio.

Com o advento da guerra civil em Angola, grande parte da rede geodésica de Angola foi destruída, comprometendo todas as operações que viriam a utilizar e como referencial o *Datum* de Camacupa. Atualmente encontram-se em cursos projetos para restabelecimento e modernização da rede geodésica. Neste contexto, destacamos o projeto REPANGOL, que visa o estabelecimento de uma rede permanente *GNSS*⁵ no país.

A cartografia disponível do território angolano é desatualizada, as cartas topográficas e temáticas são provenientes de mapeamentos feitos ainda na época colonial. Ressalta-se também o facto dos mapeamentos existentes não abrangerem todo o território, como por exemplo, as cartas existentes as escalas 1/2k e 1/5k. O país enfrenta grandes constrangimentos no processo de atualização cartográfica.

Algumas empresas privadas, em sua maioria estrangeiras, têm levado a cabo ações independentes de produção de cartografia do território nacional. Contudo, tais produtos visam atender a demanda exclusiva de determinados projetos, e a informação na maioria das vezes não é compartilhada com as entidades governamentais competentes. Os trabalhos realizados por estas empresas, em sua maioria, não são repassados em formato de trabalho. A colaboração com o IGCA é pontual e atende uma troca de interesses específicos. Em muitos casos, não há passagem adequada do conhecimento e a informação produzida não fica no país.

Face ao processo de desenvolvimento e desafios futuros, urge no país a necessidade de uma política nacional de gestão, produção e partilha da informação geográfica, que promova a infraestrutura nacional de dados espaciais, e crie instituições fortes e credíveis neste domínio, viabilização de fundos para o arranque de programas e projetos ligados à geoinformação.

No que toca ao mercado nacional da geoinformação, ainda que de forma lenta, já começa a demonstrar algum desenvolvimento, ainda que a

⁵ *Global Navigation Satellite System.*

sua ação seja fortemente marcada pela atividade de empresas estrangeiras em detrimento das nacionais. O empresariado nacional investe pouco ou quase nada neste setor.

Atualmente o IGCA enfrenta grandes dificuldades na implementação e coordenação da política geográfica e cartográfica nacional. O Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG) ainda não opera conforme idealizado. A Escola de Topografia, apesar de já ter formado muitos profissionais, funciona de forma subutilizada e com a sua infraestrutura obsoleta. Do nosso ponto de vista, entendemos que constrangimentos de ordem político-administrativa e técnica impedem o êxito do instituto. Dentre os principais desafios enfrentados atualmente pelo IGCA destacamos os seguintes:

- Atualização Cartográfica;
- Modernização da Rede Geodésica Nacional;
- Atualização das Linhas de Nivelamento;
- Montagem da nova Rede de Marégrafos;
- Reobservação da Rede Gravimétrica;
- Mudança de Datum;
- Reconhecimento político da importância de investimento na informação geográfica;
- Formação de pessoal técnico especializado.

No tocante aos projetos em curso e objetivos inseridos no âmbito do plano de ação do instituto, destacamos os seguintes:

- Implementação do SIG Nacional;
- Implementação do Cadastro Nacional de Terras;
- Atualização e produção da cartografia nacional;
- Completagem da cartografia regional na província de Cabinda;
- Modernização da Rede Geodésica Nacional;
- Modernização da Instituição;
- Formação e capacitação dos Recursos Humanos.

Está em curso no IGCA um processo de reestruturação, visando um maior posicionamento a nível nacional. É preciso também um esforço de fortalecimento dos departamentos provinciais. Tendo em conta os objetivos pelos quais foi criado IGCA, verifica-se actualmente uma fraca atuação deste órgão. Constrangimentos de diferentes ordens como indisponibilidade financeira, carência de recursos materiais e humanos e conflito de interesses limitam a sua acção. Estes constrangimentos são mais latentes nas secções provinciais do IGCA. A sua principal atividade concentra-se na sede, na província de Luanda. E é também onde está concentradas a maior parte das informações.

5. UMA ESTRATÉGIA PARA A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM ANGOLA

Tendo em consideração a situação atual, urge a necessidade de um programa nacional de desenvolvimento das TIG no geral e de implementação de mecanismos eficazes de gestão e produção de dados. Esta situação reflete-se na duplicação de esforços, fraca difusão da geoinformação, ausência de um quadro legal e técnico-normativo, baixa produtividade científica, entre outros. No que toca ao ensino, formação contínua e investigação científica pouco faz-se sentir a mesma realidade.

Uma breve sistematização e revisão dos conhecimentos sobre as TIG em geral, permite constatar que são utilizadas de forma isolada em Angola, sendo necessário para colher melhores benefícios, uma urgente coordenação de ações. Neste sentido, enfatizamos a necessidade de se definir concretamente uma política de desenvolvimento das TIG em Angola e estabelecer os mecanismos capazes de implementar essa política.

O objetivo principal do presente trabalho de pesquisa, visou a elaboração de uma estratégia para o desenvolvimento das tecnologias de informação geográfica em Angola, que promova o discurso sobre a importância da informação geográfica no contexto nacional, visando a elaboração e implementação do programa nacional de informação geográfica.

A adoção de uma estratégia é uma etapa fundamental, para unificar e harmonizar os investimentos e os esforços em prol do desenvolvimento da geoinformação em Angola. A elaboração do documento deve partir de

um consenso, a partir do qual cada agente envolvido irá trabalhar para o alcance dos objetivos preconizados. O Plano Estratégico apresenta os objetivos preconizados e suas motivações. Este deve ser complementado por um plano de ação, que por sua vez, apresenta quais as atividades prioritárias e ações recomendadas para que os objetivos estratégicos sejam alcançados, tendo em vista os resultados esperados.

A abordagem, aqui escolhida, optou pela definição de oito áreas consideradas estratégicas para o desenvolvimento de um programa nacional de informação geográfica no país.

5.1. Fortalecimento Institucional

O fortalecimento das instituições encarregue do sector da geoinformação, a nível nacional, provincial e municipal, é um fator de extrema importância neste processo. De modo à para evitar sobreposição de ações, promover melhores desempenhos institucionais e sinergias, capazes de viabilizar eficientes apoios a programas, projetos e iniciativas de desenvolvimento geoespacial.

Nomeadamente o IGCA como entidade responsável pela gestão da geoinformação a nível nacional, deve ter a sua posição de liderança fortalecida no domínio das informações geográficas de carácter civil. Apontamos também como importante o fortalecimento dos Serviços Geográficos do Exército, como órgão reitor da informação geográfica no domínio militar, envolvendo o Exército, Marinha e Força Área. Pelo carácter estratégico, confidencial e de soberania nacional das informações sobre o território nacional. Naturalmente, as duas instituições devem ter um contato permanente e trabalhar em conjunto, contudo, com seus devidos âmbitos de atuação salvaguardados.

Uma via alternativa seria a criação de uma comissão nacional para a política geoespacial, ou enquadramento como subcomissão de alguma já existente, como por exemplo, a Comissão Nacional de Ciência e Tecnologia. Esta comissão seria interministerial, respondendo diretamente às Casas Civil e de Segurança da Presidência da República e estaria acima do

IGCA. Sendo o órgão responsável pelas linhas diretivas da política nacional de geoinformação e consequentemente do também responsável pelas linhas orientadoras do IGCA. O instituto deixaria de ser dependente do Ministério do Urbanismo e Habitação (MINUAH). Acreditamos que desta forma o cenário geoespacial nacional ganharia uma outra dinâmica e estaria melhor estruturado em termos de organização administrativa. É importante que haja um órgão coordenador da política de IG nacional, que esteja bem estabelecido, coerente e eficaz na sua ação.

5.2. Estabelecimento de quadro normativo legal

Do ponto de vista legal, especial atenção deve ser dada a elaboração de um aparato jurídico que regulamente a produção, uso, homologação, apresentação, distribuição, gestão, fiscalização e domínio da informação geográfica. Atualmente, o IGCA carece de maior respaldo para o licenciamento do exercício das atividades de cartografia, topografia, cadastro e fiscalizar as atividades das entidades licenciadas, conceder e revogar alvarás, bem como homologar a sua produção. O estabelecimento de um quadro legal visa, também, promover a utilização de normas estabelecidas pelo IGCA na produção dos dados geoespaciais pelos órgãos e entes públicos estaduais e privados, bem como evitar a duplicidade de ações e o desperdício de recursos na obtenção desses dados pela administração pública. A ausência ou a fraca existência de uma legislação adequada ao setor ocasiona problemas na fiscalização das atividades das empresas e profissionais autónomos, bem como na produção de dados e avaliação da sua qualidade. Neste sentido, é necessário o reforço de instrumentos técnicos conducentes à normalização das atividades e dos produtos topográficos, geodésicos, cartográficos e cadastrais.

5.3. Formação e capacitação de Recursos Humanos

Angola enfrenta o desafio da formação em todos os setores. O país carece de mão-de-obra especializada nos diferentes domínios do conhecimento, razão pela qual é grande a afluência de mão-de-obra estrangeira.

Mais especificamente no campo da geoinformação, são poucas as opções de formação académica e técnica dentro das competências exigidas para o exercício das profissões. O recurso a formação no exterior, ou mesmo no país com a deslocação de formadores estrangeiros é sempre uma mais-valia, contudo é preciso que o país também crie as suas próprias infraestruturas de ensino e que tenha recursos humanos capazes de produzir, manipular e gerir a informação.

Neste sentido, destacamos a necessidade de políticas de fomento a formação e atualização constante, face ao nível de conhecimento e especialização que a referida área exige. A implementação de um programa específico de fomento a formação de quadros deve ser precedida pelo levantamento das necessidades, que resulte num diagnóstico da situação atual. Neste âmbito, destacamos a importância da revitalização e ampliação do escopo de atuação da Escola de Topografia do IGCA, que poderia ser transformada em uma Escola Nacional de Ciências Geográficas.

5.4. Promoção da investigação científica

A atividade de investigação científica em Angola é ainda muito pouco desenvolvida. A academia tem um papel importante na prestação de serviços ao país e à comunidade em geral, mediante a realização de estudos, projetos e como difusora do conhecimento científico e tecnológico. A investigação pode ser considerada uma das chaves do conhecimento, e que contribuem para o crescimento e desenvolvimento das nações.

No que toca à geoinformação, a comunidade académica em Angola pouco produz, relegando ao desleixo um aspecto tão importante do conhecimento científico. É preciso que haja um fortalecimento da academia, criando um ambiente propício para que os quadros nacionais desejem produzir conhecimento, investigar. A criação de pólos regionais de pesquisa e publicações periódicas, bem como a realização de congressos, seminários e colóquios são etapas importantes e essenciais neste processo. De modo a fortalecer as atividades ligadas à investigação científica e ao desenvolvimento tecnológico nos domínios da geodesia, cartografia, cadastro e áreas afins. Tanto para o objetivo estratégico 3, como para o 4, o país deve aproveitar a experiência e integrar-se nos projetos regionais

como o Regional Centre for Training in Aerospace Surveys (RECTAS), o Regional Centre for Mapping of Resources Development (RCMRD), entre outros.

5.5. Sensibilização sobre a importância da informação geográfica e tecnologias associadas

Tanto para a elaboração da estratégia como para o PNIG e necessário que haja um consenso. Para que as TIG sejam inseridas na agenda nacional, é crucial que todas as partes envolvidas estejam sensibilizadas sobre a sua importância e benefícios sociais e económicos. Isto só será alcançado promovendo um debate público sobre a matéria.

Neste sentido, é importante que haja um reconhecimento da Ciência da Informação Geográfica como área do conhecimento, (que há uma ciência por detrás do domínio, produção e manipulação da informação geográfica) que ultrapasse a simples operação de um SIG, manipulação de programas como o *Google Earth* e confecção de mapas; e da sua importância enquanto tecnologia e ferramenta, promovendo um entendimento sobre as suas potencialidades e visão da sua aplicabilidade.

Embora, como já referimos anteriormente, haja uma popularização dos serviços e tecnologias que utilizam a informação geográfica como base, é importante que este processo de sensibilização da sua importância enquanto ferramenta de apoio à gestão e tomada de decisão se configure como uma necessidade nacional.

5.6. Integração da Informação (Bases dados das diferentes instituições)

Conforme visto nos itens anteriores, grande parte da cartografia nacional está desatualizada. A produção das cartas topográficas nacionais remonta ao período anterior à independência. Ainda assim, do existente, não há uma cobertura completa do território nacional nas principais às escalas de trabalho. De igual forma, não há uma harmonização entre as bases de dados utilizadas pelos diferentes departamentos da administração pública.

É necessária a concepção e manutenção de uma base de dados unificada e oficial, a ser utilizada pela Administração Pública. Promovendo a difusão

da informação topográfica, geodésica, cartográfica e cadastral. A base de dados integrada deverá atender ao objetivo de alimentar os sistemas e tecnologias de informação dos órgãos da administração pública, que subsidie as ações do governo nas atividades de planeamento, gestão, e fiscalização das políticas territoriais.

Naturalmente, várias etapas a serem concluídas antes da concepção de uma base de dados unificada, o que deve ser acompanhado de um Plano Cartográfico para garantia da disponibilidade de informação com qualidade, fiável e atualizada, e que permita ao IGCA desenvolver e coordenar o sistema nacional de informação geográfica, organizando e mantendo em colaboração com outras entidades arquivos e bases de dados de informação georeferenciada e promover a sua difusão.

5.7. Reforço ao intercâmbio e cooperação internacional

Angola tem beneficiado amplamente dos programas de cooperação e intercâmbio com diversos países ao redor do mundo. A troca de conhecimentos e experiências é um fator de extrema importância para os países em desenvolvimento. Os acordos de cooperação técnica e científica figuram hoje como um importante motor do desenvolvimento, seja nas áreas de ensino, investigação, extensão, pós-graduação e projetos.

Igualmente, o país deve cooperar e fazer-se representar tecnicamente junto as instituições estrangeiras e comités internacionais, relativos à topografia, geodesia, cartografia, cadastro e informação geográfica. O país deve aproveitar as oportunidades de intercâmbio e cooperação oferecidas aos países em desenvolvimento, bem como dos principais organismos internacionais ligados a geoinformação. Como exemplo, devemos citar o engajamento em eventos como a “I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica”. A atual conjuntura internacional tem um ambiente favorável para a cooperação entre as nações.

5.8. Elaboração e implementação do Plano Nacional de Informação Geográfica

O plano estratégico aponta as linhas orientadoras do futuro das TIG

em Angola e clarifica os objetivos e metas preconizados a curto e médio prazo. A implementação do plano deve permitir explorar as potencialidades máximas das TIG. A abordagem intersetorial e primordial para o sucesso do plano, uma vez que existem interesses e benefícios comuns entre os principais agentes nacionais. A opção por uma política de desenvolvimento integrada para a utilização da informação geográfica e tecnologias associadas apresenta-se como um caminho inevitável, para consolidação e desenvolvimento da geoinformação no mercado angolano.

O Plano Estratégico apresenta os objetivos preconizados e suas motivações. O plano de ação por sua vez, apresenta quais as atividades prioritárias e ações recomendadas para que os objetivos estratégicos sejam alcançados, tendo em vista os resultados esperados. Para cada objetivo estratégico há um conjunto de as ações necessárias para o seu alcance e designação dos respectivos agentes.

6. CONCLUSÃO

As TIG no geral revelam-se, no atual panorama das sociedades desenvolvidas, e no caso particular de Angola e demais países em desenvolvimento, como instrumentos de grande valia, no apoio ao planeamento das ações e intervenções no território. A diversidade de aplicações e funcionalidades mostram que, nos domínios do planeamento e do ordenamento do território, os atuais progressos tecnológicos oferecem já ferramentas poderosas que permitem a realização de consideráveis inventários e análises espaciais de rigor e qualidade, de apoio aos diversos níveis de tomada de decisão (FESA, 2005).

A compreensão do valor da informação geoespacial entre os altos decisores, tanto nos governos como nas empresas tem aumentado significativamente nos últimos anos. O advento da internet, dispositivos móveis e a explosão de serviços baseados em localização, que envolvem todos diretamente em contato com a localização baseada em informações do dia-a-dia, tem garantido que em todo o mundo se reconheça o valor e a necessidade da informação geoespacial.

O plano estratégico deverá apontar as linhas orientadoras do futuro

das TIG em Angola e clarifica os objetivos e metas preconizados a curto e médio prazo. A implementação do plano deve permitir explorar as potencialidades máximas das TIG. A abordagem intersetorial e primordial para o sucesso do plano, uma vez que existem interesses e benefícios comuns entre os principais agentes nacionais. A opção por uma política de desenvolvimento integrada para a utilização da informação geográfica e tecnologias associadas apresenta-se como um caminho inevitável, para consolidação e desenvolvimento da geoinformação no mercado angolano.

A elaboração de uma estratégia visa estabelecer um conjunto de ações e medidas coordenadas para o desenvolvimento das TIG. Estabelecendo objetivos, metas e um plano de ações prioritárias para o seu sucesso que sirva aos interesses nacionais e coopere condignamente a nível regional e internacional, permitindo que o país aproveite e potencialize os benefícios resultantes da utilização desta como ferramenta de apoio ao planeamento, gestão e tomada de decisão.

Analisando o contexto geral, têm aumentando no continente africano as iniciativas ligadas à geoinformação com área de abrangência regional, visando a integração entre as bases de dados nacionais, partilha e disponibilização das mesmas. Mesmo a nível global regista-se esta mesma dinâmica. O aumento da cooperação e intercâmbio entre as nações e diferentes organismos que atuam no setor é um ponto positivo a destacar. O continente passa por um momento peculiar, com o aumento da sensibilização importância da consolidação das políticas voltadas para o domínio da informação geográfica, dos mapeamentos sistemáticos do território e da atualização das bases cartográficas nacionais. É importante que se tenha uma boa cobertura das informações sobre o território que suporte a implementação de políticas públicas, o planeamento territorial urbano e rural.

O país tem grandes desafios pela frente como a atualização cartográfica, restabelecimento e modernização da rede geodésica, criação de infraestruturas adequadas às geotecnologias, formação de especialistas, e a integração nas iniciativas regionais e internacionais como é o caso do *African Geodetic Reference Frame (AFREF)*, *African Global Earth*

Observation System of Systems (AfriGEOSS), *NEPAD*⁶, entre outros. A nível nacional destacamos como desafios a consolidação do CNIG e do projeto REPANGOL e a criação do Centro Nacional de Captação e Processamento de Imagens de Satélite (ANGOP, 2013).

É importante que se fomente em Angola a investigação e a produção de conhecimento pela academia e investigadores angolanos. A história das ciências geográficas não está devidamente registrada e documentada. O pouco conhecimento que se tem está disperso. Entendemos ser de grande valia o desenvolvimento da produção técnico-científica, a realização de pesquisas e estudos, que contribuam para o desenvolvimento da geoinformação em Angola. Contudo, não é uma ação que parte apenas das autoridades. A comunidade profissional, também deve estar organizada e fazer-se representar, garantindo os seus direitos, cumprindo os seus deveres e honrando a profissão que escolheu. É um facto preocupante que durante todo o seu tempo de existência, a Ordem dos Engenheiros de Angola não tenha um colégio de Engenharia Geográfica. Igualmente, não se regista no país a existência de alguma associação que congregue seja geógrafos, cartógrafos, topógrafos, agrimensores, utilizadores de SIG, entre outros. Isto demonstra que a comunidade profissional não está organizada e tem a sua atuação enfraquecida. Especial atenção deve ser dada à formação de quadros e ao fomento da investigação.

O presente trabalho de pesquisa propôs-se avaliar a atual situação, constrangimentos, perspectivas e elaborar uma proposta para adoção de uma estratégia e plano de ação nacional, visando a implementação de um Programa Nacional de Informação Geográfica. A estratégia visa estabelecer uma política de desenvolvimento, orientada para a gestão, produção, disseminação da informação geoespacial, bem como o estabelecimento de um quadro normativo regulatório e fiscalizador, que passa pela criação de uma legislação adequada ao setor e reorganização administrativa dos órgãos competentes.

⁶ A NEPAD (New Partnership for African Development) é um plano estratégico adoptado pela União Africana para promoção do desenvolvimento sócio-económico de forma sustentável para os países membros. Mediante ao estabelecimento de uma plataforma comum de diálogo e partilha de experiências, cooperação, erradicação da pobreza. Em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento do Milénio, foram estabelecidos objetivos e metas para serem alcançados até o ano 2015. O plano de ação da NEPAD tem o apoio da ONU, EU e do G-8.

BIBLIOGRAFIA

- ANGOP. http://www.portalangop.co.ao/motix/pt_pt/noticias/cienciaetecnologia/2013/2/12/Angola-Africa-Sul-assinam-acordo-dominio-investigacao-cientifica,baf99931-2802-455d-9457_1ecccab544f5.html (acedido em 1 Agosto, 2013).
- CABRAL, Nelson *et al* (2010) - “As Geotecnologias e a emergência de novos mercados : O geonegócio enquanto aliança de poder” - III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife-PE, -30e Julho de 2010. p001-009.
- CÂMARA, Gilberto *et al* (2002) “Introdução à Ciência da Geoinformação”. Disponível online no endereço url: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>, (acedido em 26 de Fevereiro, 2012).
- COSME, António (2012) “Projeto em Sistema de Informações Geográficas” Lisboa, Ed. Lidel.
- FARAH, Hussein (2011) “Establishment of a Common and Modern African Geodetic Reference System (Afref)”, FIG Working Week 2011 - Bridging the Gap BETWEEN CULTURES, MARRAKECH, MOROCCO,18-22 MAY 2011.
- FERNANDES, Rui *et al.* (2011) “Rigorous Estimation of the Coordinates of two new National Permanent GNSS Networks in Africa: NIGNET (Nigeria) and REPANGOL (Angola)”, May 2011.
- FERREIRA, Jorge - A Geografia da Sociedade da Informação. E-Geo - Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas. Universidade Nova de Lisboa
- FESA. IX Jornadas Técnico-Científicas, de 24 a 27 de Agosto de 2005 - Angola e sociedade de informação: constrangimentos e oportunidades - Mesa-Redonda sobre Sistemas de informação geográfica. Disponível online no endereço url: http://www.fesa.og.ao/noticias/not_19.htm- Acedido em 19 de Janeiro de 2013.
- GOVERNO DA REPÚBLICA DE ANGOLA. Decreto-Lei n.º 4/03 de 9 de Maio - Estatuto Orgânico do Ministério do Urbanismo e Habitação, 2003.
- GOVERNO DA REPÚBLICA DE ANGOLA. Plano de Acção para a Sociedade da Informação (PASI) - Consolidação do Desenvolvimento de Angola, 2008.
- HEQUER, João (2011) “Projeto de Implementação do Modelo SIG na Administração Municipal da Matala” Trabalho de Projeto apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências e Sistemas de informação geográfica - ISEGI, UNL-2011.
- HOFFMAN, Eduardo. “Reconstrução e Geotecnologias - O sistema de informação geográfica no desenvolvimento de Angola” Disponível online no endereço url: <http://mundogeo.com/blog/2011/06/09/reconstrucao-e-geotecnologias/>

- Acedido em 19 de Janeiro de 2012.

JARDIM, A. Câmara dos Deputados sugere criação da Agência Nacional de Cartografia. Disponível online no endereço url: <http://www.geodireito.com/noticia/camara-dos-deputados-sugere-criacao-da-agencia-nacional-de-cartografia>. Acedido em 29 de Maio de 2014.

JULIÃO, Rui Pedro (2001) “Tecnologias de Informação Geográfica e Ciência Regional: Contributos Metodológicos para a Definição de Modelos de Apoio à Decisão em Desenvolvimento Regional” Lisboa, UNL, Tese de Doutoramento, 2001.

SANTOS, Paula Cristina (2006) “As Missões Geográficas (1883-40) Construção de um documento cartográfico” AFRICANA STUDIA, N^o9, 2006. Edição do Centro de Estudos Africanos da Universidade do Porto (CEAUP)

SEIXAS, Joaquim (2013) “Ensinar tecnologias digitais para produção cartográfica na Huíla (Angola), potencialidades, adversidades e resultados” Disponível online no endereço url: http://lubango.no.sapo.pt/Joaquim_Seixas_COMUNICACAO_Ensinar_tecnol_digit_p_prod_cartog_Huila.pdf. Acedido em 08 de Abril de 2013.

United Nations Initiative on Global Geospatial Information (UN-GGIM) - Addis Ababa Declaration on Geospatial Information Management, 2011.

United Nations-Economic and Social Council/Economic Commission for Africa (UNECA/ECA) - Global Geospatial Information Management - African Preparatory Meeting - Meeting Report. Addis Ababa, 2011.

United Nations Initiative on Global Geospatial Information (UN-GGIM) - ‘Future trends in geospatial information management: the five to ten year vision, July 2013.

ARTIGO 34

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO SUPORTE À GESTÃO MUNICIPAL - ESTUDO COMPARATIVO DOS CASOS DE JOINVILLE, SC (BRASIL) E AMADORA, AML (PORTUGAL)

JULIÃO, Rui Pedro¹; LOCH, Carlos² & ROSENFELDT, Yuzi³

¹e-GEO-FCSH/UNL (Portugal); Avenida de Berna, 26-C 1069-061 Lisboa, Portugal; Tel: +351 217 908 300; email: rpj@fcsh.unl.pt

^{2, 3} Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (Brasil); Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (LabFSG); Rua João Pio Duarte Silva, s/n, Campus Universitário, Córrego Grande; Florianópolis, SC - CEP 88040-970; Caixa Postal 176, Brasil; Tel: +55 (48) 3721-7049; email: ²carlos.loch@ufsc.br; ³arquitetayuzi@yahoo.com.br

RESUMO

A dinâmica demográfica e urbana dos grandes centros urbanos sofreu nos últimos 50 anos uma forte acentuação, por via de crescimento natural, mas sobretudo por via de migrações (internas e externas). Como resultado, a pressão sobre o território das áreas mais atrativas atingiu níveis críticos e geraram-se fenómenos de ocupação irregular do espaço, muitas vezes sem a garantia das condições mínimas de habitabilidade e sem o necessário respeito pelas condições ambientais.

A atuação das entidades públicas tem de se suportar num conhecimento seguro e atualizado da realidade, bem como na correta utilização de tecnologias que lhes permitam avaliar e perspetivar as medidas a adotar.

Este artigo efetua uma discussão comparada entre dois casos de estudo (Joinville, SC - Brasil e Amadora, AML - Portugal), colocando em evidência o uso das Tecnologias de Informação

Geográfica (TIG) pelas Câmaras Municipais e a importância do cadastro, por forma a extrapolar linhas de orientação para outras situações similares existentes nestes e noutros países.

PALAVRAS-CHAVE

Tecnologias de informação geográfica, Cadastro técnico multifinalitário, Regularização fundiária, Favelas, AUGI.

GIS SUPPORT IN MUNICIPAL MANAGEMENT - A COMPARATIVE STUDY BETWEEN AMADORA (AML, PORTUGAL) AND JOINVILLE (SC, BRASIL) CASE STUDIES ABSTRACT

The demographic and urban dynamics of large urban centres had a strong increase in the last 50 years, through natural growth, but even more through migration (internal and external). As a result, the pressure over territory on the most attractive areas reached critical levels and generated phenomena of irregular occupation of space, often without the guarantee of minimum living conditions and without complying with environmental conditions. The action of public authorities must be supported by a safe and updated knowledge of reality as well as the correct use of technologies that enable them to assess and foresee measures to be adopted.

This article makes a comparative discussion of two case studies (Joinville, SC - Brazil and Amadora, AML - Portugal), highlighting the use of Geographic Information Technologies (GIT) by local municipalities and the importance of cadastre in order to extrapolate guidelines for other similar situations existing in these and other countries.

KEYWORDS

Geographic information technologies, Multipurpose technical cadastre, Land administration, Slum areas, AUGI.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica demográfica e urbana dos grandes centros urbanos sofreu nos últimos 50 anos uma forte acentuação, por via de crescimento natural, mas sobretudo por via de migrações (internas e externas). Como resultado, a pressão sobre o território das áreas mais atractivas atingiu níveis críticos e geraram-se fenómenos de ocupação irregular do espaço, muitas vezes sem a garantia das condições mínimas de habitabilidade e sem o necessário respeito pelas condições ambientais. Consequentemente,

foram produzidos territórios “insustentáveis” (entre outras, dada a prevalência e mesmo crescimento de alguns deles ao longo dos últimos anos) do ponto de vista físico, humano e social.

A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que cerca de 50% da população habite em áreas urbanas, com uma previsão na ordem dos 70% para 2020, sendo que um terço o faz em áreas sem condições, designadas em língua Portuguesa por favelas, bairros de lata, musseques ou caniços. Chama também a atenção para a necessidade de analisar de forma cuidada e prospetiva a situação referindo que “Cities must create the conditions (and record accurate data) that will enable them to understand and anticipate trends, including the growth or decline of some areas or regions, if they are to be in a position to develop expansionary or recovery strategies” (UN-HABITAT, 2012: 26).

Conscientes destas realidades, foram muitos os governos que instituíram políticas de reordenamento territorial e regularização fundiária, no sentido de contribuir para a reconversão das áreas abrangidas por ocupações inadequadas e em condições precárias de habitação, por forma a viabilizar a sua requalificação (caso seja viável) e melhorar as condições de vida das populações que nelas residem. O Brasil e Portugal, não foram exceção e são bons exemplos destas iniciativas. Todavia, a capacidade de atuação por parte dos agentes públicos carece da existência de dados consolidados sobre a realidade e do emprego de instrumentos adequados à sua exploração.

No contexto brasileiro é fundamental contribuir para o aperfeiçoamento dos Programas de Urbanização de Assentamentos Precários e da Política Habitacional. É nesse sentido que há um projecto em execução pela Universidade Federal de Santa Catarina e que tem por principal objetivo desenvolver e consolidar uma metodologia de monitoramento e avaliação da relação entre a ocupação antrópica, meio ambiente e paisagem nos projetos de urbanização de assentamentos precários do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Este projecto tem vários casos de estudo, entre eles, o do município de Joinville, SC (Brasil).

A experiência do contexto português, exemplificada pelo trabalho

desenvolvido no município da Amadora, permitiu ter uma base comparativa (por vezes muito semelhante) e assim corroborar as definições metodológicas do caso brasileiro de Joinville, SC.

Este artigo efetua assim uma discussão comparada entre dois casos de estudo (Joinville, SC - Brasil e Amadora, AML - Portugal), colocando em evidência o uso das Tecnologias de Informação Geográfica (TIG) nos municípios, dando maior relevo às suas componentes de visualização e consulta de dados geográficos (sendo certo que há muitas outras, designadamente as suportadas por processos de análise espacial e que suportam a tomada de decisão por partes dos eruiços e executivos municipais) e também a importância do cadastro predial (cadastro técnico multifinalitário, como é conhecido no Brasil), por forma a extrapolar linhas de orientação para outras situações similares existentes nestes e noutros países do espaço lusófono.

2. CASO DE ESTUDO: JOINVILLE, SC (BRASIL)

A atual situação das favelas brasileiras é bem conhecida do mundo inteiro e trata-se de um problema de grande dimensão e complexidade, com óbvios reflexos no quotidiano das cidades.

A origem da designação informal de “Favela” remonta a finais do século XIX, início do século XX. Na época, com a publicação da Lei Aúrea em 1888, foi dada liberdade aos escravos e isso acabou por motivar a saída desta população das fazendas, o que conjugado com a reforma urbana do Rio de Janeiro em 1904, levou à ocupação dos morros. Entre eles o Morro da Favela. Daí a designação que ainda hoje prevalece.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de acordo com os dados do Censos de 2010, estima que haja mais de 11 milhões de habitantes distribuídos por mais de 6 000 aglomerados subnormais (designação oficial para favela).

Numa perspetiva mais local, o Estado de Santa Catarina, embora com uma expressão menor (cerca de 75 mil habitantes a residir em favelas, segundo os dados do IBGE), também tem áreas onde esta tipologia de ocupação urbana se manifesta. As cidades com maior número de habitantes

a residir em favelas são Blumenau com 22 363 habitantes e Florianópolis, capital do estado, com 17 543 habitantes.

Já em Joinville, cidade predominantemente ligada à actividade industrial do norte do Estado de Santa Catarina, que tem uma população global na ordem dos 500 000 habitantes, há duas tipologias completamente distintas de produção irregular de espaço urbano:

- Aglomerados subnormais (favelas) com ocupação de terrenos, na sua maioria públicos
- Aglomerados ilegais resultantes do fraccionamento irregular da propriedade e/ou construção não licenciada.

Nesta cidade o fenómeno das favelas não tem grande expressão espacial e quantitativa (cerca de 7 000 habitantes), sendo substancialmente superior a segunda tipologia de produção irregular de espaço urbano.

A Prefeitura de Joinville tem promovido a incorporação das tecnologias de informação geográfica no seu funcionamento quotidiano, através da Fundação Instituto de Pesquisa e Planeamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (IPPUJ).

2.1. Procedimentos metodológicos e resultados

Os principais resultados de todo este investimento, em tecnologias de informação geográfica e na reorganização funcional das estruturas orgânicas do município, viabilizaram a criação de um eficaz suporte do sistema de planeamento, materializado através de várias camadas aplicacionais integradas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Joinville (<http://geoprocessamento.joinville.sc.gov.br/>).

O SIMGeo concebido e desenvolvido pelo IPPUJ tem três componentes principais:

- SIMGeo Joinville
- SIMGeo Downloads
- SIMGeo Joinville + (não disponível para o exterior)

O SIMGeo Joinville é a base de exploração, aberta ao público em geral, que funciona como verdadeiro portal de acesso ao SIG municipal, desig-

nadadamente às camadas de dados de interesse geral: Divisão Territorial, Planeamento, Património Histórico-Cultural, Turismo, Educação, Saúde, Meio Ambiente, Assistência Social e Defesa Civil.

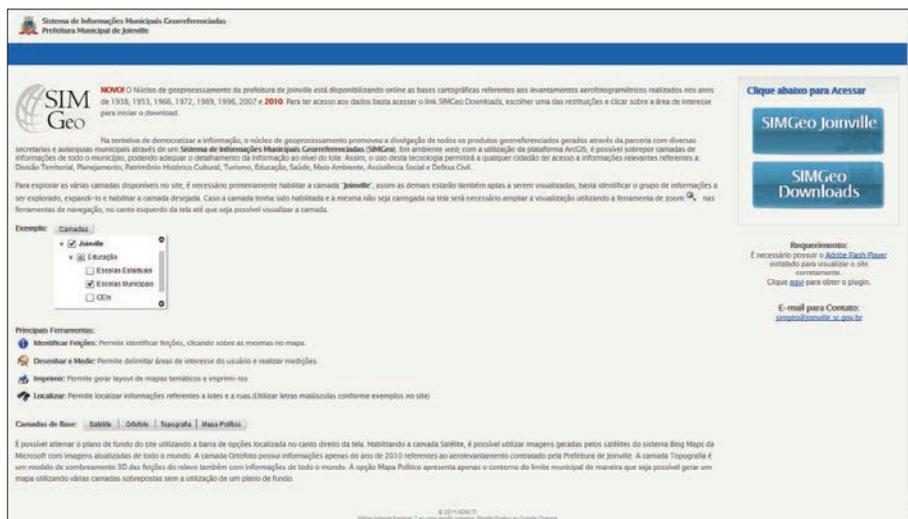


Figura 1 - Geoportal de Joinville

Em termos de informação de contexto é possível ativar o limite administrativo do município, os ortofotomapas do último voo de 2010 (embora a resolução destes esteja degrada para otimizar a rapidez de refrescamento dos conteúdos), ou a topografia e as imagens de satélite do Bing Maps.

Todas estas camadas de informações podem ser sobrepostas a uma base de informação cadastral com detalhamento da informação ao nível do lote, criando assim uma excelente base de informação municipal.

Cada um dos lotes está codificado de forma unívoca recorrendo a um sistema de 5 blocos de dígitos que correspondem a: Quadrante, Quadrícula, Setor, Quadra e Lote.

Para efeitos de exploração dos dados cadastrais (não disponibilizados ao público por questões de protecção de dados pessoais), cada lote subdivide-se ainda nas suas diferentes unidades autónomas, decompondo-se estas em várias unidades de avaliação.

Está assim garantido de forma simples e acessível a total integração da informação do particular para o geral e vice-versa, com a possibili-

dade de gerar indicadores relevantes para a monitorização do território.

O SIGGeo Downloads é uma componente que permite efetuar o descarregamento do acervo histórico de coberturas aerofotográficas e/ou respectivas restituições de Joinville:

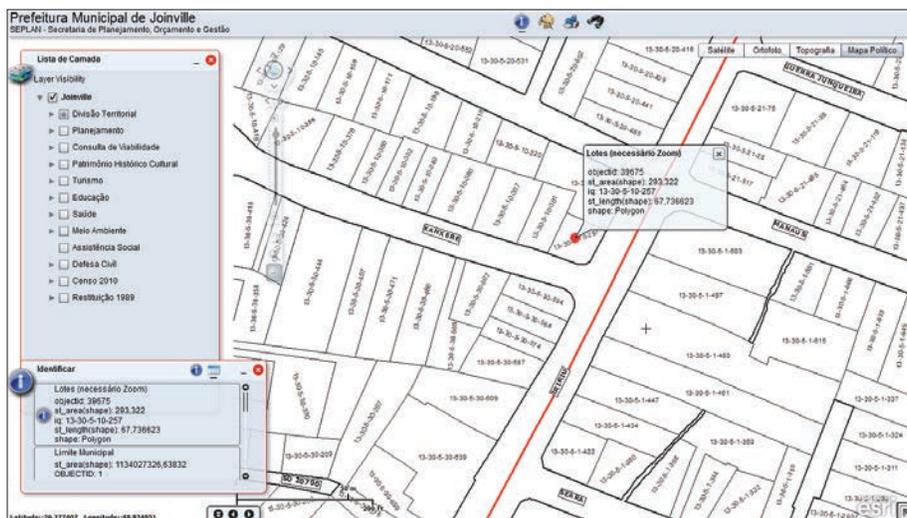


Figura 2 - SIMGeo Joinville: consulta de lote

- Cobertura Aerofotogramétrica de 1938
- Cobertura Aerofotogramétrica de 1953
- Cobertura Aerofotogramétrica de 1966
- Cobertura Aerofotogramétrica de 1972
- Restituição Aerofotogramétrica de 1989
- Cobertura Aerofotogramétrica de 1996
- Restituição Aerofotogramétrica de 2007
- Restituição Aerofotogramétrica de 2010

Esta componente viabilizou o acesso à informação por parte dos utilizadores externos, garantindo em simultâneo a libertação do fluxo de pedidos aos serviços do município e a receção de dados em melhores condições de georreferenciamento. Todavia, o município reconhece que ainda ocorrem problemas pelo fato deste ter adotado o sistema SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, equivalente

ao ETRS 89 da Europa) que ainda não é plenamente dominado por todos os técnicos da área da topografia.

Por fim o SIMGeo + é a plataforma de acesso restrito (não está aberta ao exterior e só o executivo municipal tem acesso) onde se pode ter acesso a dados de interesse para a gestão executiva do município. Esta ferramenta integra, para além dos elementos do SIMGeo Joinville uma série de informações georreferenciadas sobre elementos estratégicos do município (propostas de zonamento, estudos e projectos), intervenções dos serviços (por realizar, em curso e sua monitorização) e suporta o funcionamento das reuniões do executivo municipal.

Para além do SIMGeo existe ainda uma outra aplicação, o Sistema de Gestão Cadastral (SGC) que caracteriza ao detalhe, para efeitos de cálculo de imposto, todas os lotes. Estes dados estão compilados no boletim de informação cadastral que existe para todas as unidades autónomas, mesmo para os lotes de uso rural, pois o município de Joinville fez o seu levantamento (geométrico e de atributos) e substituiu-se hoje à Receita Federal na gestão e cobrança do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR).

Para além das aplicações imediatas no âmbito do ITR e do Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU), o conjunto de dados do SGC é de extrema relevância para as atuações em termos de ordenamento e gestão urbanística. Confere a possibilidade de efectuar a identificação, localização e desenho inequívoco das áreas objecto das operações, bem como identificar os seus proprietários. Suporta igualmente os estudos de caracterização do território do município em termos das suas características de uso e ocupação, tipologia do edificado, materiais de construção, etc.

3. CASO DE ESTUDO: AMADORA, AML (PORTUGAL)

Em Portugal, desde o final dos anos 50-60, começaram a verificar-se fortes fluxos migratórios internos e externos, sendo a Área Metropolitana de Lisboa um dos pólos que maior crescimento de população registou. Este fenómeno sofreu uma acentuada escalada após o 25 de Abril de 1974, sobretudo quando se registou o retorno das populações que ha-

bitavam nos até então territórios ultramarinos de Portugal (RAPOSO & VALENTE, 2010).

Consequentemente e com um expressivo significado territorial, também por via da influência do movimento revolucionário, desenvolveram-se vários núcleos de habitação fora dos trâmites formais de licenciamento, resultando em áreas subequipadas, mal infraestruturadas e, por vezes, com habitação precária e/ou degradada. Foi a conhecida expansão do fenómeno dos Bairros de Lata e de Clandestinos.

Consciente da insustentabilidade da produção de território urbano irregular e das consequências negativas (físicas, sanitárias e sociais) que a mesma acarreta, os governos lançaram várias iniciativas para suste e inverter o processo. O Decreto-Lei n.º 163/93, de 7 de maio, vem criar o Programa Especial de Realojamento (PER) nas Áreas Metropolitanas de Lisboa e do Porto e a Lei n.º 91/95, de 2 de Setembro, vem lançar o processo de reconversão das Áreas Urbanas de Génese Ilegal, hoje vulgarmente conhecidas por AUGI.

O município da Amadora (criado apenas em 1979 por desagregação do município de Oeiras) não foi exceção. “Na década de 70, as correntes migratórias intensificaram-se e diversificaram-se” (CESIS,2004: 22). Este município sofreu assim um forte acréscimo populacional nos últimos anos do século passado (mais do que triplicou a população), tendo depois estagnado. Hoje, este município, adjacente a Lisboa e o mais pequeno da AML (com 24km²), apresenta a mais elevada densidade populacional do país (7 363,4 hab/km²), fruto dos seus cerca de 175 mil habitantes.

O fenómeno da habitação degrada é bem conhecido e tem sido trabalhado pelo município nos últimos anos com várias iniciativas de realojamento e de reconversão das AUGI.

3.1. Procedimentos metodológicos e resultados

Uma das principais dificuldades sentidas pelas câmaras municipais está relacionada com a dinâmica de transformação do território que compromete a actualização dos dados existentes nos SIG municipais. Cardoso (2011) propôs uma estrutura de modelo de dados municipal que contemplava a

articulação de quatro domínios chave da atuação municipal (Território, Ordenamento, Licenciamento e Fiscalização) e Pinto (2011) uma abordagem metodológica para a integração de dados da gestão quotidiana na cartografia municipal. São dois bons exemplos de soluções para estruturar e agilizar a produção e actualização da informação geográfica municipal.

A Câmara Municipal da Amadora (CMA) tem vindo a desenvolver a implementação do seu Sistema de Informação Geográfica (SIG), da mesma forma que os restantes municípios portugueses que apresentam já um elevado nível de adopção dos SIG (JULIÃO et al, 2009) e a colocar em prática uma série de procedimentos que garantam a eficaz produção e actualização dos dados que constam das suas bases geográficas.

Nesse sentido, a sua estrutura orgânica, suportada pelo Despacho n.º 882/2013, publicado no Diário da República 2.ª série - n.º 11 a 16 de janeiro de 2013, contempla a Divisão de Informação Geográfica (DIG) como unidade da estrutura flexível da CMA e diretamente dependente do Presidente da Câmara. Entre as suas várias competências, destacam-se as de (extraído do despacho acima referido):

- a) Conceber, gerir e manter a infraestrutura de dados espaciais (IDE) do município da Amadora;

- e) Colaborar com a unidade orgânica competente na conceção e implementação de serviços internos de informação geográfica de apoio ao licenciamento manter atualizadas as bases espaciais de operações urbanísticas e definir os requisitos técnicos a que deverão obedecer os projetos de loteamento e de obras particulares para incorporação na infraestrutura de dados espaciais;

- h) Definir os modelos de dados de informação geográfica municipal;

- i) Adquirir e manter bases cartográficas homologadas, pela respetiva autoridade nacional, cumprindo a legislação específica de cartografia e o quadro legal que regula a elaboração de Planos Municipais de Ordenamento do Território;

- j) Produzir e manter a cartografia de referência e temática de apoio ao

ordenamento do território e atividade municipal;

D) Promover a execução de levantamentos topográficos junto da unidade orgânica competente e reforçar a complementaridade deste serviço nos projetos de cadastro predial: SINERGIC, Sistema Nacional de Exploração e Gestão de Informação Cadastral.

Este despacho prevê ainda a obrigação de outras unidades funcionais do município se articularem com a DIG na sua atuação. Por exemplo, de acordo com a alínea e) do n.º 3 do artigo 14º, o Departamento de Administração Urbanística tem de "solicitar à Divisão de Informação Geográfica os pareceres sobre cadastro quando os processos se situem em zona sem urbanização definida".

Está assim reconhecida a importância da informação geográfica e criadas as bases de organização interna que reforçam a correta utilização e actualização da base de conteúdos geográficos para suportar o bom desempenho dos serviços municipais.

No plano operacional a equipa do SIG da CMA tem procurado adequar os conteúdos e as tecnologia adotadas ao longo da sua existência. Desde o nascimento do projecto em 2003, foram várias as iniciativas que permitiram consolidar o SIG e dotá-lo dos conteúdos e das funcionalidades fundamentais para o suporte ao funcionamento dos serviços municipais (SILVA, 2010). Destaca-se a cartografia em base de dados com toponímia e números de polícia, a georreferenciação dos equipamentos, a emissão de plantas de localização, o webgis (hoje geoportal) e o lançamento de uma infraestrutura de dados espaciais local.

Com efeito, a Diretiva INSPIRE (transposta para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 180/2009, de 7 de agosto), concretiza que um Geoportal é um "sítio de Internet que dá acesso aos serviços de dados geográficos das autoridades públicas".

Nesse sentido, o Município da Amadora disponibiliza o Geoportal Municipal que permite aceder a um conjunto de serviços de dados geográficos e outras funcionalidades por eles suportadas, designadamente:

- Visualização de dados (Roteiro municipal)
- Emissão de plantas de localização

- Consulta de Instrumentos de Gestão Territorial - IGT (Plano Diretor Municipal, Planos de Urbanização e Planos de Pormenor)
- Visualização de fotografia aérea
- Roteiro Escolar
- Reorganização administrativa

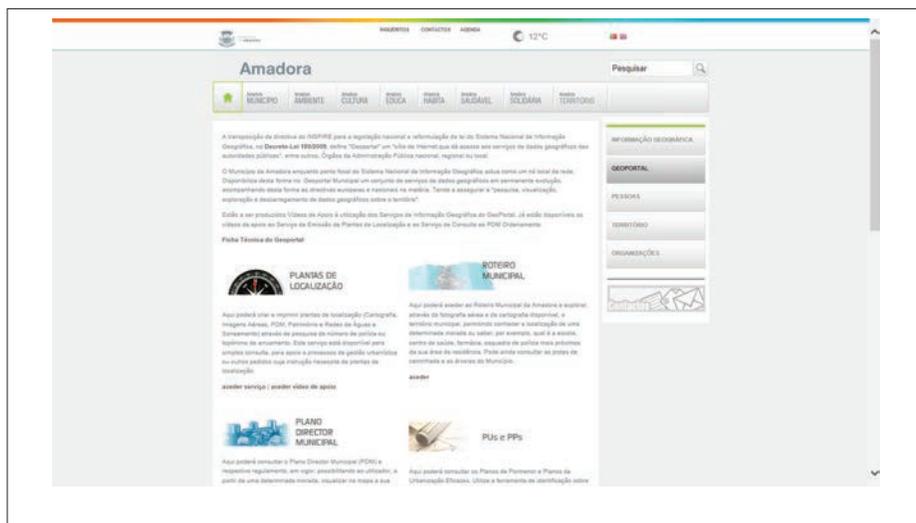


Figura 3 - Geoportal da Amadora

Este conjunto de serviços oferece aos utilizadores, amplas possibilidades de interagir com os serviços do município, explorar os dados sobre o território, embora não permita efectuar o seu descarregamento. Por exemplo, a aplicação de plantas de localização permite cruzar a localização da pretensão com os principais IGT que regulam o território no seu local e a disponibilidade de infraestruturas básicas.

Através de um conjunto de passos muito simples é possível identificar a localização da pretensão, de forma mais ou menos precisa, e posteriormente receber um PDF onde esse local se encontra sobreposto com os mapas das camadas escolhidas.

O processo efectivo de emissão de uma planta de localização inicia-se com a identificação do local da pretensão. Para o efeito é possível recorrer como base ao suporte da cartografia e ortofotocartografia e utilizar diferentes tipologias de primitivas gráficas. Desta forma garante-

-se a possibilidade de georreferenciar com maior ou menor rigor a área da pretensão.



Figura 4 - Início do processo de emissão de planta de localização no Geoportal da Amadora

Os passos seguintes são os de escolher quais os IGT com que se pretende cruzar o local e o de indicar quais os documentos a descarregar da plataforma.



Figura 5 - Escolha dos IGT e indicação dos ficheiros a descarregar

O resultado principal do processo é a “Planta de Localização” onde a pretensão se encontra sobreposta aos IGT seleccionados ou às outras camadas possíveis, designadamente a Reserva Agrícola Nacional (RAN) e Reserva Ecológica Nacional (REN), Condicionantes e Servidões, património e também redes de água e saneamento. Esta planta permite assim efectuar a identificação prévia dos potenciais conflitos entre a pretensão

e os instrumentos de regulação do território e aferir da existência de suporte pelas redes de infraestruturas básicas.

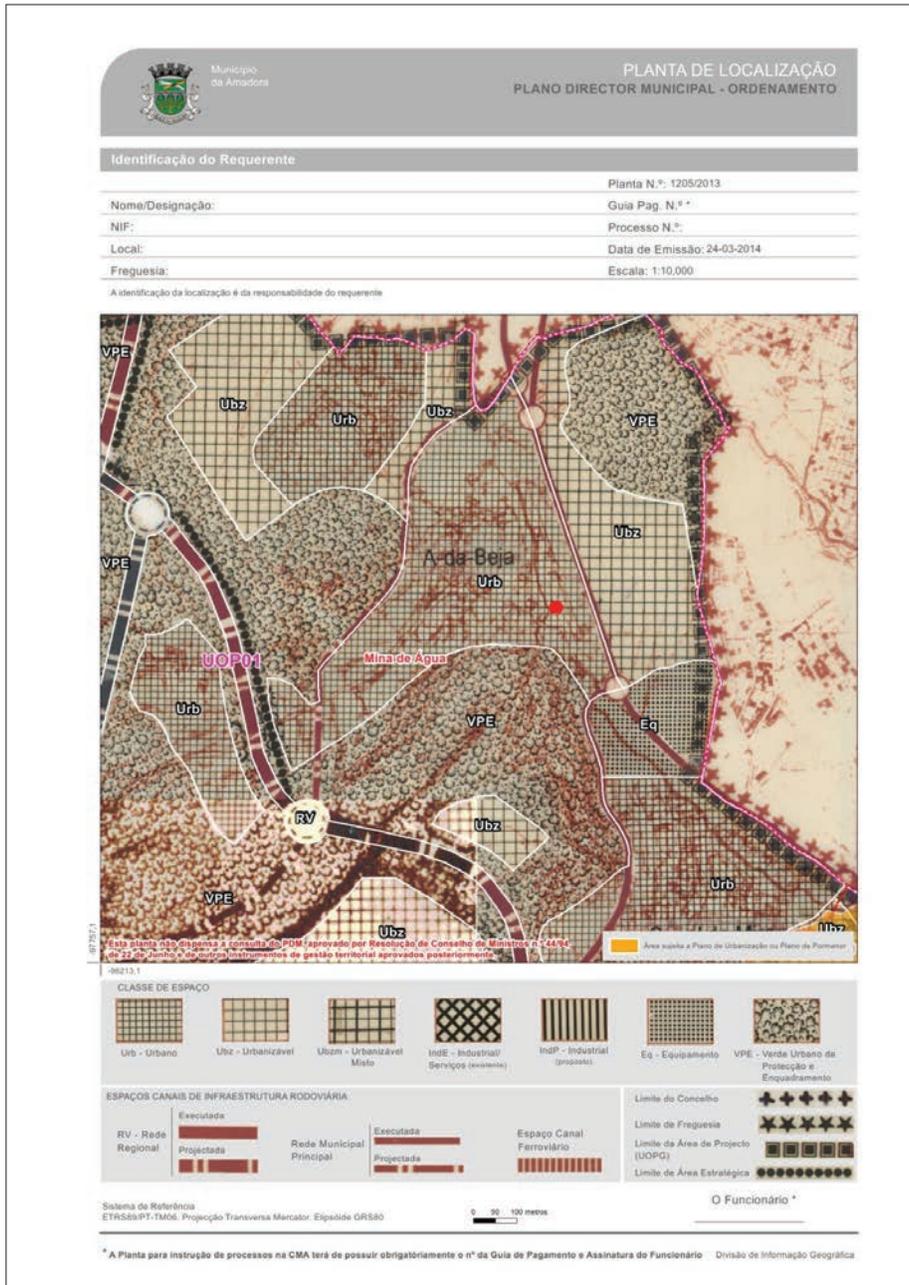


Figura 6 - Exemplo de Planta de Localização sobreposta ao PDM da Amadora

Para dinamizar a utilização do geoportal e apoiar os seus utilizadores estão a ser produzidos vídeos que explicam o funcionamento dos serviços disponibilizados. Já estão disponíveis os vídeos de apoio ao Serviço de Emissão de Plantas de Localização e ao Serviço de Consulta ao Plano Diretor Municipal.

No domínio da exploração de novas metodologias para a aquisição expedita de dados geográficos, destaca-se um ensaio realizado com aeronave não tripulada (UAV/VANT). Este projecto incidiu sobre uma área restrita de um bairro, mas permitiu comprovar a fiabilidade e a agilidade do processo de recolha de dados relevantes para a execução de bases de suporte à gestão urbanísticas e às intervenções no território (REBELO *et al*, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Joinville e a Amadora, embora separados por um oceano, são dois municípios com uma realidade com vários pontos de aproximação e com intervenções similares no processo de recuperação de áreas degradadas através de processos de realojamento, para os quais muito contribuiu a informação geográfica existente nos respectivos SIG.

Ambos os municípios desde cedo compreenderam e apostaram no desenvolvimento dos seus SIG e criaram boas aplicações para visualização de dados, destacando-se ainda a possibilidade de descarregamento de coberturas aerofotogramétricas oferecida pelo SIMGeo Downloads.

Mas a grande vantagem do município de Joinville relativamente ao da Amadora reside no significativo avanço no que se refere à existência e exploração de dados cadastrais relativos à propriedade. Esta situação resulta do fato dos municípios no Brasil terem atribuída a competência de gestão do cadastro urbano e a possibilidade de efectuarem o mesmo quanto ao rural se assim o desejarem.

Com efeito, a informação cadastral é um pilar fundamental de uma boa prática de gestão territorial. Nenhum outro órgão público o sabe e defende melhor do que os municípios. Existindo neles capacidade técnica e tecnológica, não há qualquer razão lógica que obste a que os municípios

efetuem a produção e gestão dos dados cadastrais, como muito bem o demonstra o caso de Joinville.

Por outro lado o município da Amadora tem um avanço significativo na componente de serviços baseados no SIG municipal e abertos ao exterior, seja por camadas de serviços integradas no Geoportal, seja pela implementação dos princípios da Diretiva INSPIRE e correspondente criação de *webservices*. Esta situação é típica do contexto europeu onde a aposta na infraestruturas e interoperabilidade de dados espaciais tem ganho uma forte preponderância aos mais diferentes níveis de intervenção dos órgãos públicos.

Com efeito, a Diretiva INSPIRE - Infrastructure for Spatial Information in the European Community (Directiva n.º 2007/2/CE, de 14 de Março) veio estabelecer um novo paradigma de articulação de dados geográficos com origens distintas (geográfica, conceitual e semântica). Estabelece vários princípios e regras que orientam a produção (modelos de dados e normas técnicas) e disponibilização (políticas de acesso e requisitos funcionais) dos conjuntos e serviços de dados geográficos das autoridades públicas dos estados-membros. Também neste domínio o Brasil está a dar os seus passos com a dinamização da INDE que foi lançada em 2008.

Em ambos os casos verifica-se que há um importante passo que ainda pode ser dado no sentido de incorporar a participação ativa dos cidadãos através dos respetivos geoportais, seguindo os princípios da *Volunteered Geographic Information* (GOODCHILD, 2007) que hoje estão cada vez mais a ser adotados como forma de as administrações captarem dados do terreno.

São já vários os exemplos onde isso acontece no âmbito da intervenção municipal. A título de exemplo refira-se o caso do municípios de Águeda (Portugal) ou mesmo o projeto de âmbito nacional em Portugal “A minha rua” disponibilizado pelo Portal do Cidadão (<http://www.portaldocidadao.pt/portal/aminharua>).

5. CONCLUSÕES

A análise e discussão efectuada, tendo por base dois casos de estu-

do, colocou em evidência alguns elementos estruturantes que se podem considerar como fundamentais para uma boa prática de implementação e gestão de SIG municipais e das suas aplicações em contextos de ordenamento e gestão do território.

Há alguns elementos que extravasam a perspetiva tecnológica e que são igualmente fundamentais:

- a existência de um enquadramento legal de suporte às atividades de ordenamento e gestão urbanística, bem como instrumentos de regulação do uso e ocupação do solo;
- o suporte de mecanismos de financiamento externo para as intervenções de recuperação/reordenamento em áreas ocupadas por população sem recursos económicos próprios auto-suficientes para suportar a reconversão das mesmas;
- A sensibilidade e aposta dos executivos municipais nos SIG com a sua visibilidade expressa nas páginas iniciais dos portais municipais.

Já no plano técnico e tecnológico fica demonstrada:

- a imprescindibilidade do cadastro como elemento de suporte à actividade quotidiana municipal e elemento integradores das várias componentes operativas. Só assim se consegue um constante domínio sobre a realidade do território em tempo real e com capacidade de produzir indicadores de gestão de suporte à decisão confiáveis;
- que a utilização das TIG é a única forma de fazer o acompanhamento e gestão efectivo da realidade e que estas permitem a interligação dos vários setores dos serviços municipais;
- a importância da interoperabilidade e dos princípios das infraestruturas de dados espaciais para articular os serviços internos e, sobretudo, fazê-lo com entidades exteriores com interesses no dados municipais.

Viu-se também que há a possibilidade de aplicar novos meios expeditos e menos onerosos de aquisição de dados (UAV/VANT) como uma mais-valia face às metodologias tradicionais. Com efeito a utilização de veículos não tripulados permite desenvolver acções expeditas de coleta

de dados confiáveis.

A maior lacuna observada em ambos os casos foi a da não incorporação da possibilidade da participação cívica ativa poder ser efetuada de forma direta através dos respetivos geoportais municipais. Efetivamente, o cidadão pode e deve ser hoje um elemento ativo na produção de dados integráveis nos SIG municipais, contribuindo para uma melhor monitorização do território nas suas múltiplas perspetivas.

A experiência destes dois municípios, de dois países diferentes, com realidades distintas, revela que, estruturalmente, as abordagens seguidas foram semelhantes e que o papel dos SIG foi crucial para o seu sucesso. É certo que ambos os municípios poderão não corresponder à realidade dos restantes 5 569 municípios brasileiros e dos 307 portugueses, todavia não deixam de ser duas excelentes referências pela visão, esforço e trabalho desenvolvido. Nesse sentido, é grande o potencial de aplicação destas experiências, sempre com o necessário ajustamento, a outras realidades para além de Portugal e Brasil, designadamente no espaço lusófono onde a identidade cultural é maior.

BIBLIOGRAFIA

- CÂMARA MUNICIPAL DA AMADORA (2007) - Relatório do Estado do Ordenamento do Território. Câmara Municipal da Amadora, Amadora, 195p.
- CARDOSO, João Francisco (2011) - Modelo de dados geográfico para a gestão do território à escala municipal. FCSH, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 117p.
- CESIS (2004) - Diagnóstico Social do Concelho da Amadora. Conselho Local de Acção Social, Amadora, 211p.
- GOODCHILD, Michael F. (2007) - "Citizens as sensors: the world of volunteered geography". *GeoJournal*, 69 (4), Springer. 211-221.
- JULIÃO, Rui Pedro *et al.* (2009) - Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal, ANPC, Lisboa, 91p.
- MARINGONI, Roberto (1927) - "O destino dos negros após a Abolição". Para Todos, n.º 458. Desafios do Desenvolvimento. IPEA. Rio de Janeiro (Brasil). Disponível online no endereço url: http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2673%3Acatid%3D28&Itemid=23 (acedido em

20 de março, 2014).

PINTO, Cláudia (2011) - Cartografia 1:10000: proposta de modelo de actualização cartográfica. O caso do município do Seixal. ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 80p.

RAPOSO, Isabel & VALENTE, Ana (2010) - “Diálogo social ou dever de reconversão? As Áreas Urbanas de Génese Ilegal (AUGI) na Área Metropolitana de Lisboa”. Revista Crítica de Ciências Sociais, n.º 91, 221-235.

REBELHO, Carla *et al.* (2013) - “Utilização de dados UAV para o desenvolvimento de uma metodologia de mapeamento dasimétrico de alta precisão” in CORREIA, Teresa et al (eds.): IX Congresso da Geografia Portuguesa - Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência, Associação Portuguesa de Geógrafos, Lisboa, 118-125.

SILVA, João Carlos (2010) - Migração para BD's de alta precisão e conversão em ETRS89 associadas à implementação da IDE de segunda geração do Município da Amadora. ESRI EUE 2010, ESRI-Portugal, Lisboa, 11 p.

UN-HABITAT (2012) - State of the world's cities 2012/2013. Prosperity of Cities. UN-HABITAT, Nairobi (Quénia), 149 p.

ARTIGO 35

JANGADA DE SIG NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA PORTUGUESA

*PATRIARCA, Joaquim¹; CANILHO, Sara¹; SACRAMENTO, João André¹; CORREIA, Ricardo¹;
CASTRO, António Padez¹; SANTOS, Sara¹, SANTOS, José Gomes^{1,2} & PINHO, Ricardo^{1,3}*

¹ Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica, FLUC-FCTUC; Departamento de Geografia - Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra (Portugal); Pç. Porta Férrea, 3004-530 Coimbra, Portugal
Tel: +351 239 859900; Fax: +351 239 836733; email: joaquimspatriarca@gmail.com; sara.canilho@gmail.com; joaoandre.sacramento@gmail.com; ricardommcorreia@gmail.com; antoniopadezdecastro@gmail.com; Sarith@gmail.com

² Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território - CEGOT (Portugal); Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra; Pç. Porta Férrea, 3004-530 Coimbra, Portugal
Tel: +351 239 859900; Fax: +351 239 836733; email: jgs@ci.uc.pt

³ Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território; Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto, Portugal
Tel: +351 22 0402000; Fax: +351 22 0402009; email: ricardo.pinho@geoportais.com

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo discutir, perceber e dar a conhecer a importância dos montantes associados à aquisição/renovação de licenças de *software*, em particular, *Software SIG*, por parte de instituições públicas portuguesas, entre 2008 e 2013. Para este efeito, destacamos a inventariação e análise efectuadas aos dados contratuais disponíveis em plataformas públicas *online* de acesso Livre, como a Base.gov, relativos a instituições ligadas ao ensino superior e a instituições cuja moldura estatutária as enquadra na estrutura administrativa pública do Estado Português. Este ensaio justifica-se pela dinâmica crescente que o *Software Livre/de Código Aberto* tem vindo a protagonizar, em particular na última

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_35

década, o que se traduz numa oferta plural de aplicações interoperáveis de elevada qualidade em termos de desempenho e em termos de soluções que permitem que o utilizador de SIG disponha de opções de grande valor quando confrontadas, directa ou indirectamente com os *software* comerciais de referência. Assim, e tendo como linhas orientadoras para esta pesquisa as filosofias identitárias do *Software Livre/Open Source* e a imposição recente, pelo Orçamento de Estado de 2013, da utilização de *Software Livre* quando existe essa possibilidade (segundo o próprio documento, apenas poderá ser utilizado *Software Proprietário* nos casos que seja fundamentadamente demonstrada a inexistência de soluções alternativas em *Software Livre* ou que o custo total de utilização da solução em *Software Livre* seja superior à solução em *Software Proprietário*...), pretende-se discutir vantagens e desvantagens da utilização deste tipo de *software*, relativamente ao *Software Proprietário*. Pretende-se, ainda, avaliar a necessidade ou simples desejo de migração para o *Software Livre*, motivada por uma decisão pessoal e/ou apenas pela lógica da boa gestão de recursos, designadamente económicos - por definição, limitados e, estrutural e conjunturalmente escassos em Portugal. Como suporte da decisão de migração desenvolvemos também um ensaio comparativo entre alguns dos *Software SIG* de Código Aberto que têm vindo a cativar mais adeptos e o *Software SIG* Comercial, referência no mercado. Este ensaio permitiu-nos avaliar e concluir sobre o desempenho de ambas as categorias de *software* em confronto, designadamente, em contexto de manipulação e execução de tarefas de geoprocessamento com grandes volumes de dados, factor que releva quando somos confrontados com escolhas e decisões de utilização, em que “trunfos” e “fragilidades” deverão ser objecto de um balanço sério, rigoroso e fiável. A dúvida cartesiana que orientou a busca de uma resposta para este interessante desafio partiu de reflexões simples que se poderiam expressar de acordo com a seguinte redacção: “Quanto gastam as nossas instituições públicas com *Software Comercial* ?”; “Serão as diferenças de desempenho entre *Software Comercial* e *Software Livre* suficientes (e suficientemente importantes) para justificar os assinaláveis custos acometidos à aquisição e renovação de licenças de *Software Comercial*, tanto mais que se trata de dinheiros públicos?”

PALAVRAS-CHAVE

Software SIG Livre/Software SIG Proprietário, Custo, Liberdade, Administração pública.

A GIS-BASED RAFT AT THE PUBLIC PORTUGUESE ADMINISTRATION

ABSTRACT

The main goal of this paper is to discuss and to understand the costs involved in the acquisition/renewal process related to commercial Software, particularly of GIS Software, in

public portuguese Institutions, for the time period of 2008-2013. We highlight the contracts (access free) available at the digital public platforms, such as Base.gov, concerning municipalities, universities and other institutions that fit in the public administrative structure of Portugal. This essay is justifiable by the increasing use of Free & Open Source Software, particularly in the last decade, resulting in a widespread frame of interoperable and highly performing applications. Such Open Source solutions provide valuable solutions for GIS technicians and users, even if compared with commercial Software. Having as a guideline for this research the recent imposition of the Portuguese Budget for the year 2013, which stresses the principle of mandatory using of the Free Software when appropriate solutions are available, we intend to discuss the pros and cons of using this kind of software having into account the commercial alternatives and related costs. It is intended also to assess the need/desire of drifting from commercial to Free and Open Source GIS Software, a decision that, although personal, should be supported by the goal of reaching an efficient way for economic resource management. In support of the decision to this migration process a comparative test of performance was made between some of the open source GIS software that have been captivating fans and most major commercial GIS software. This test allowed us to evaluate and conclude on the performance of both categories of software in confrontation, particularly in the context of geoprocessing tasks for large volumes of data. Strengths and weaknesses should thus be the subject of a rigorous and reliable assessment. The cartesian/methodic doubt that guides us into the search for an answer to this interesting challenge started from simple questions that could be expressed according with the following sentences: “How much does portuguese public institutions spend with commercial Software?”; “Are the performances of commercial Software and Open Source Software, different enough to justify the notable costs related with the acquisition and renewal of commercial licenses, especially as it comes to public money?”

KEYWORDS

GIS Free & Open Source Software/GIS Commercial Software (Payware), Cost, Freedom, Management of public administration.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acentuado da utilização de Sistemas de informação geográfica (SIG) tem vindo a conduzir a um aumento assinalável na procura de Software de Código Aberto (ou Livre). É, diríamos, o fôlego pleno da actual fase de democratização dos SIG! No caso específico de Portugal, e apesar de existirem várias soluções de Software de Código Aberto, continua a existir uma elevada despesa pública no que concerne à aqui-

sição e manutenção de licenças para utilização de Software Proprietário em todos ou, pelo menos, grande parte dos sectores públicos como, entre outros, a Educação (ensino superior e básico), Administração Local (serviços municipalizados, câmaras e empresas), Administração Central ou Regional, Empresas de Gestão do Território (gestão de energia, transportes, recursos, resíduos, planeamento e ordenamento, etc.) e a Saúde.

Uma simples pesquisa pela plataforma digital de Contratos Públicos Online - Base.gov, despertou a atenção e o interesse em saber “quanto gastamos?” e tentar estimar “quanto poderíamos poupar?” se encontrássemos no Software Livre, soluções alternativas, atractivas e (con)fiáveis. E elas existem, como adiante vamos comprovar.

Salientamos o facto de a letra do próprio Orçamento de Estado de 2013 convidar já, para não dizer impor com subtilidade, à utilização do Software Livre quando essa possibilidade existir. De acordo com a directriz nº1 do Artigo 4º do Capítulo II (Utilização das dotações orçamentais para Software informático), “As despesas com aquisição de licenças de Software, previstas nas rubricas ‘Software Informático’ dos orçamentos dos serviços integrados e dos serviços e fundos autónomos, apenas poderão ser executadas nos casos em que seja fundamentadamente demonstrada a inexistência de soluções alternativas em Software Livre ou que o custo total de utilização da solução em Software Livre seja superior à solução em Software Proprietário ou sujeito a licenciamento específico, incluindo nestes, todos os eventuais custos de manutenção, adaptação, migração ou saída” (sic).

Este artigo decorre do desafio lançado pelo Professor José Gomes aos mestrandos do curso TIG, no âmbito da unidade curricular de SIG e Open Source do Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica (TIG), da Universidade de Coimbra, no sentido de se efectuar um levantamento exaustivo dos custos envolvidos com a utilização de Software Proprietário na gestão da coisa pública. Lançado este desafio, que foi aceite pela maioria dos mestrandos, procedeu-se à redacção de um curto texto cujo objectivo principal consistia em plasmar os resultados decorrentes da investigação que nos levaria a encontrar eventuais respostas para o problema de raiz, que aqui recordamos: “Identificar e avaliar os custos

de aquisição/renovação de licenças de software, em particular Software SIG, no período definido entre os anos de 2008 e 2013, por parte de instituições públicas portuguesas”. Por outro lado, ocorreu-nos avaliar o desempenho de alguns dos Software SIG Livres mais utilizados numa lógica de confronto directo com a grande referência do Software SIG Proprietário, de modo a que se conseguisse perceber que tipo de soluções alternativas em Software SIG Livre/Código Aberto existem no mercado.

É certo que um exercício desta natureza, seja ele qual for desde que seja imparcial, nunca será imune a críticas e isento de fragilidades, sejam quais forem as tarefas eleitas para a materialização de um teste comparativo de desempenho entre *software* semelhante (veja-se, a título de exemplo, o trabalho de SÁTIRO & SIMÕES, 2013).

Sabendo que, de um modo geral, os *Software* SIG Livre realizam já a grande maioria das tarefas processuais que qualquer *Software* Proprietário coloca à disposição dos utilizadores, podendo até acrescentar-se que muitas dessas tarefas são até mais expeditas, mais rápidas, mais intuitivas ou, mesmo, mais aprazíveis de realizar tendo em consideração a versatilidade e o aspecto gráfico das interfaces que nos disponibilizam as várias aplicações de *Software* Livre, moveu-nos, sobretudo, a curiosidade de saber como se comportariam estes *software* em situações extremas, designadamente, quando têm de lidar com grandes volumes de dados. E nesta rubrica, o *Software* SIG Livre tem, ainda, um caminho árduo a percorrer para se comparar com a grande referência do sector. Não obstante, estamos convictos, em absoluto, de que se procedeu a um ensaio metodológico sério, desprovido de qualquer tipo de interesses dado ser absolutamente imparcial e isento em termos éticos, técnicos e científicos. Os resultados que em fase mais adiantada deste trabalho se apresentam ficam, por essa razão, para reflexão, seja ela de natureza pessoal ou colectiva, e para que a comunidade de desenvolvedores de *Software* SIG Livre possa cuidar de atacar algumas das fragilidades que persistem. Não temos outro desiderato que não este, e procedemos à realização deste exercício complementar ao cerne da temática que confere assinatura ao presente artigo, porque estamos absolutamente convictos da força do *Software* SIG Livre e da necessidade da sua utilização na administração

pública em Portugal.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

No amplo universo dos Software SIG/WebSIG gravitam várias soluções fiáveis de Software Livre tais como, gvSIG, QGIS, Grass, PostgreSQL/PostGIS, Kosmo, ILWIS, Spring, Saga GIS, entre outros. Mas o que é afinal o Software SIG Livre? Em primeiro lugar, importa distinguir entre Software Livre e Software de Código Aberto (Gonçalves, 2012). O conceito de “Software Livre”, enquadra-se numa filosofia/movimento organizado que surgiu em 1983 e em 1984. Richard Stallman dava início ao projecto GNU (Gnu is Not Unix) e posteriormente, em 1985, estaria na base da génese da “Free Software Foundation” (FSF), adoptando como filosofia a premissa da livre troca de conhecimento e pensamentos, ao abrigo das quais estaria incluído o Software Livre.

Tal como as ideias, os programas de computador não são tangíveis mas podem ser copiados sem perdas. A sua distribuição é a base de um processo de evolução “tão livre como em liberdade” (STALLMAN & WILLIAMS, 2010) que alimenta o desenvolvimento do pensamento. Com base neste princípio, os utilizadores de Software Livre podem livremente executar, copiar, distribuir, estudar, mudar e melhorar o Software (controlo do programa e daquilo que ele faz pelo utilizador), o que faz da “liberdade” um conceito chave nesta filosofia, que chega formalmente aos SIG através da criação, em 2006, da “Open Source Geospacial Foundation” (OSGeo).

É, pois, importante respeitar as **quatro liberdades** (<http://www.gnu.org>) formalizadas pelo próprio postulado de Richard Stallman, ou seja:

- i) **executar** o programa para qualquer propósito;
- ii) **estudar** o funcionamento de um programa (via código-fonte) e adaptá-lo às necessidades de cada um;
- iii) **redistribuir** a terceiros, cópias das suas versões, possivelmente já modificadas;
- iv) **Melhorar (desenvolver)** o programa de modo a que as modificações se tornem públicas para que a comunidade inteira beneficie da melhoria.

O acesso ao código-fonte é, portanto, um pré-requisito. Engane-se, contudo, quem pense que este software funciona sem qualquer tipo de licenciamento, pois ao projecto GNU, lançado por Stallman, está associada uma licença, a General Public License (GNU-GPL ou apenas GPL), que não só concebe as quatro liberdades, como as protege, o que faz dela a licença mais utilizada para o Software Livre. O seu objectivo é garantir a liberdade de utilização e mantê-la em projectos derivados de software originalmente Livre.

De facto, segundo a FSF o único software realmente Livre é aquele que se distribui mediante a licença do tipo GPL com Copyleft, visto que é aquela que garante a liberdade não só dos utilizadores actuais como a dos futuros (GONÇALVES, 2012). Todavia, neste contexto existiam outras licenças como a Apache ou a Berkeley Software Distribution (BSD) que não tinham as obrigações Copyleft. É então, aqui criado o movimento “Open Source Initiative” (OSI), que não ignora as liberdades básicas do Software Livre, mas tenta ser mais flexível do ponto de vista das necessidades comerciais das empresas implicadas na criação, distribuição e utilização de Software Livre (GONÇALVES, 2012). Assim, o software desenvolvido em Código Aberto mantém as liberdades fundamentais do Software Livre, mas retira o conceito de Copyleft, pois considera que a distribuição posterior de projectos modificados deve permanecer flexível, deixando ao critério dos programadores a possibilidade de manter o Software Livre ou de o tornar Proprietário. Tirando isto, segundo Gonçalves (2012), as diferenças conceptuais entre estes dois conceitos são apenas uma questão de postura/enfoque e concepção filosófica. Neste sentido, todo o Software Livre é Open Source só que nem todo o Software Open Source é necessariamente Livre.

Considerando as vantagens e as desvantagens deste tipo de software e comparando-o com o Software Proprietário, começamos por salientar que o Software Livre é, como foi já dito, caracterizado por ter o código-fonte aberto e por poder ser distribuído publicamente, ou seja, é de livre acesso a qualquer utilizador. Em contrapartida, o código-fonte do Software Proprietário assenta num conceito de “black box”, fechado, secreto, de propriedade exclusiva e com direitos de patente (Copyright),

estando assim protegido por Direitos de Autor¹.

Ao utilizador é vendida uma licença para fins específicos, a qual pode custar desde centenas a milhares de euros, sendo celebrado um contrato restritivo de direitos do utilizador, entre os quais a cópia fraudulenta e distribuição do software sem autorização formal de licenciamento - vulgo, cópia pirata (crack).

Torna-se importante salientar, no entanto, que também em Portugal são já conhecidas boas práticas associadas a iniciativas de migração para o uso do Software SIG Livre, protagonizadas por várias instituições/organismos públicos, tanto ao nível da Educação (indo ao encontro das ideias defendidas por PINHO, 2011) como da Administração e Gestão Territorial. Destacam-se, por exemplo, a escola do Funchal - Secundária Jaime Moniz (curso Tecnológico de Ordenamento do Território e Ambiente) onde se utiliza QuantmGIS (QGIS), bem como o Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra com a implementação, em 2012, do Software gvSIG na Licenciatura em Geografia. Ainda na Universidade de Coimbra, a criação de uma unidade curricular no mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica (TIG - FLUC/FCTUC), na qual se utiliza mais de uma dezena de aplicações SIG/WebSIG Open Source, foi um passo consolidado e seguro num caminho que se entende por razoável, sensato e - diz-se, de reconhecido mérito. Também outras áreas da Administração Pública relevam neste exercício, vejam-se os exemplos da CM de Arraiolos, CM Mealhada, CM Oliveira de Azeméis, CM Mirandela, entre outras, em elevado e crescente ritmo de adesão, exemplos de boa gestão de recursos que demonstram que “se o Software Proprietário faz, o Software Livre, também faz”.

Através dos ensinamentos que estes exemplos de reconhecidas “boas práticas” na utilização de Software SIG Livre nos dão, percebem-se melhor as vantagens em utilizar soluções SIG de nulo ou baixo custo, opção em relação à qual, mesmo que possam ser apontadas algumas limitações, insuficiências, condicionantes, ou fragilidades, elas são facilmente desmon-

¹ No Software Livre, os Direitos de Autor do código-fonte de origem numa aplicação também são preservados, desde logo, pelo próprio espírito das licenças GPL. A propósito deste assunto, veja-se o que nos diz o trabalho de Pereira (2012) na sugestiva obra intitulada “Normas Abertas nos Sistemas Informáticos do Estado: Quo Vadis?”.

tadas devido ao trabalho da vasta comunidade de utilizadores dispostos a monitorizar, gerir e melhorar as funcionalidades do software, o que faz com que os handicap invocados, na prática, não passem de um mito. O conceito de “Comunidade” ganha uma expressão fulcral no âmbito do desenvolvimento e utilização de Software Livre, e fundamenta-se no princípio de que “muitos olhos vêem melhor” (SANTOS *et al.*, 2009).

3. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA UTILIZADA

Do ponto de vista das metodologias utilizadas, a ordem de trabalhos contemplou três pontos principais.

i) Um inventário exaustivo dos dados armazenados na web (<http://www.base.gov.pt/base2/>), depois de identificados os critérios para a pesquisa, a saber:

- a. Dados relativos a despesas das instituições de Ensino Superior e da Administração Pública, em geral, com aquisição/manutenção de licenças de Software SIG Proprietário;
- b. Dados relativos a despesas das instituições de Ensino Superior e da Administração pública, em geral, com a aquisição/manutenção de licenças de Software Proprietário relacionado com empresas produtoras de sistemas operativos que, em diante, será referido apenas como “S4OS” - acrónimo de Software for Operating Systems.

ii) Tentativa de quantificação e espacialização dos dados relativos aos gastos totais para ambos os itens acima referidos, considerando o período cronológico de 2008-2013. A componente evolutiva foi também tida em linha de conta devido ao objectivo de se diagnosticar e perceber as tendências (se os gastos têm diminuído ou aumentado com o passar dos anos). Em jeito de reforço deste desiderato, tentámos perceber quais os sectores da Administração Pública que têm maior peso no total do “bolo” - leia-se, gastos com Software Proprietário, procedendo-se a uma classificação mais fina dos sectores identificados, de acordo com as seguintes classes:

- a. Educação;
- b. Serviços Municipalizados (sector da administração local);
- c. Administração Central e Regional;
- d. Empresas de Gestão do Território;

- e. Saúde;
- f. Segurança;
- g. Outros serviços.

A utilização de Software Livre específico (de SIG e de Estatística) permitiu-nos reunir a informação já processada de modo a procedermos às indispensáveis leituras e interpretação dos dados, e conseqüente apresentação e discussão dos resultados.

iii) A implementação de uma bateria de testes de desempenho comparado, nos quais estariam em confronto Software SIG Livre vs Software SIG Proprietário. Um ensaio desta natureza, como já referimos, será sempre subjectivo porque depende de vários factores, desde logo, das competências e dos conhecimentos do operador (e.g. instalação e utilização dos plugins adequados para as tarefas realizadas), mas também do tipo de tarefas de análise e de geoprocessamento a serem ensaiadas, bem como das condições de ensaio. A este nível, devemos salientar que os testes realizados com os software em confronto cuidaram de manter como elemento neutro todos os factores, conhecidos e parametrizáveis, que pudessem influenciar o desempenho do hardware (e.g. a configuração das máquinas em termos de velocidade de processamento e a minimização das tarefas simultâneas em curso - monitorizadas pelo gestor de tarefas), de modo a garantir as mesmas condições de funcionamento das máquinas aquando da realização dos testes de desempenho com cada uma das aplicações concorrentes. Definiu-se também, à partida, que as máquinas utilizadas para teste deveriam ser sempre as mesmas de modo a não falsear os resultados obtidos para cada software. Optou-se por testes muito simples mas que envolveram o processamento de grande volume de dados, com recurso a tarefas comuns a todos os SIG. Foram utilizados os dois tipos de modelos de dados (matricial e vector) e formatos standard ("tiff" para matricial e "shapefile" para vector). A finalidade do exercício residiu, assim, na avaliação do grau de desempenho dos software em confronto, em termos de velocidade de processamento de um considerável volume de dados e na capacidade do software em efectuar estas tarefas sobre uma quantidade bastante significativa de *features* e de células. Os exercícios

foram efectuados com sistemas operativos Windows (7 e 8) e, num caso, com Linux-Ubuntu (para que fosse possível avaliar o desempenho do Software Livre numa combinação plena, ou seja, com sistema operativo Livre e Software SIG Livre). Os testes de desempenho envolveram, assim, os seguintes software, nas suas últimas versões estáveis:

- a) Proprietário “X” (versão 10.2);
- b) QuantumGIS, futuramente designada apenas por “QGIS” (versão 2.2);
- c) gvSIG (versão 2.0);
- d) PostgreSQL/PostGIS.

Passamos a elencar os dados utilizados para geoprocessamento e os procedimentos/tarefas SIG executadas que nos permitissem obter rigorosamente os mesmos resultados sem ter de se recorrer a tarefas adicionais de pós-processamento²:

Dados:

- Carta de Risco de Incêndio Florestal (CRIF), 2011, em formato TIFF (um raster com 247 MB) e em formato Shapefile (um documento vectorial com 1,33 GB e, aproximadamente, 3 500 000 de *features*), ambos disponíveis no endereço <http://scrif.igeo.pt/cartografiacrif/2007/crif07.htm>.

- Carta Administrativa e do Ordenamento de Portugal (CAOP), 2013, em formato Shapefile (um documento vectorial com 52,4 MB e 3224 *features*), disponível no endereço http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/carta_administrativa_oficial_de_portugal__caop/caop__download/.

Tarefas de geoprocessamento utilizadas:

TAREFA A) Recorte do raster (CRIF) com base no limite administrativo do distrito de Coimbra (depois de efectuado um dissolve das freguesias - fonte CAOP, 2013)³ - Figura 1.

² As tarefas executadas foram as nativas de cada *software*, sem se recorrer a processos de “*GISTuning*” com a instalação de *plugins* ou de *add-ons*.

³ Para o recorte do raster não se utilizaram pirâmides no software Proprietário nem overviews no QGIS e no gvSIG.

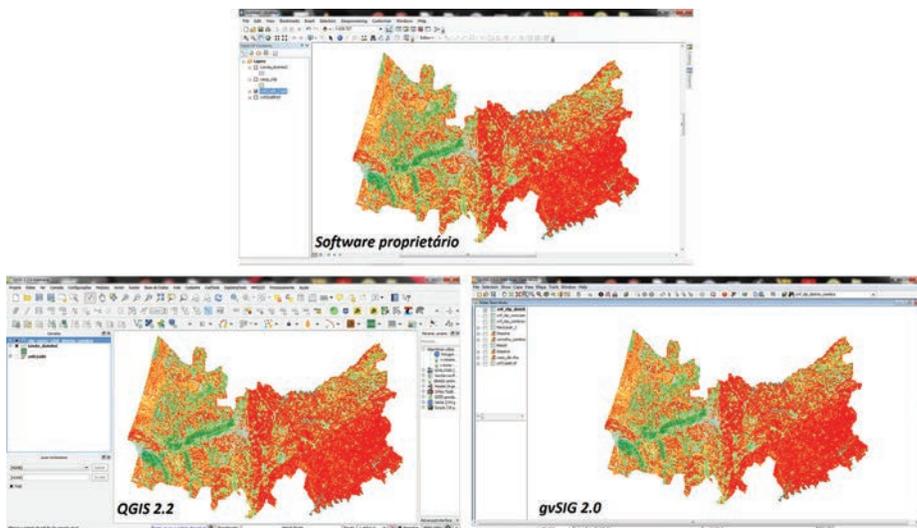


Figura 1 - Capturas de ecrã para as tarefas de recorte do raster (CRIF) efectuadas pelos três software com base no limite administrativo do distrito de Coimbra
Fonte: CAOP, 2013 (depois de efectuado um dissolve das freguesias)

Algoritmos/comandos utilizados:

1) Software Proprietário (Algoritmo desenvolvido em Python):

Toolbox > Data Management tools > Raster > Raster Processing > Clip > Configurar e executar

2) QGIS (Algoritmo desenvolvido em Python):

Menu Vector > Ferramentas de geoprocessamento > Cortar > Configurar e executar

3) gvSIG (Algoritmo desenvolvido em Java):

Camada Raster > Raster layer > Area of Interest (configurar com a shp distrito) > Camada Raster > Raster Process > Filter > Mask > add mask > seleccionar Region of Interest (ROI) previamente definida > Configurar (assinalar "generate file") e executar

TAREFA B) Corte topológico do vector (CRIF) com base no limite administrativo do distrito de Coimbra (depois de efectuado um dissolve das freguesias - fonte CAOP, 2013) - Figura 2.

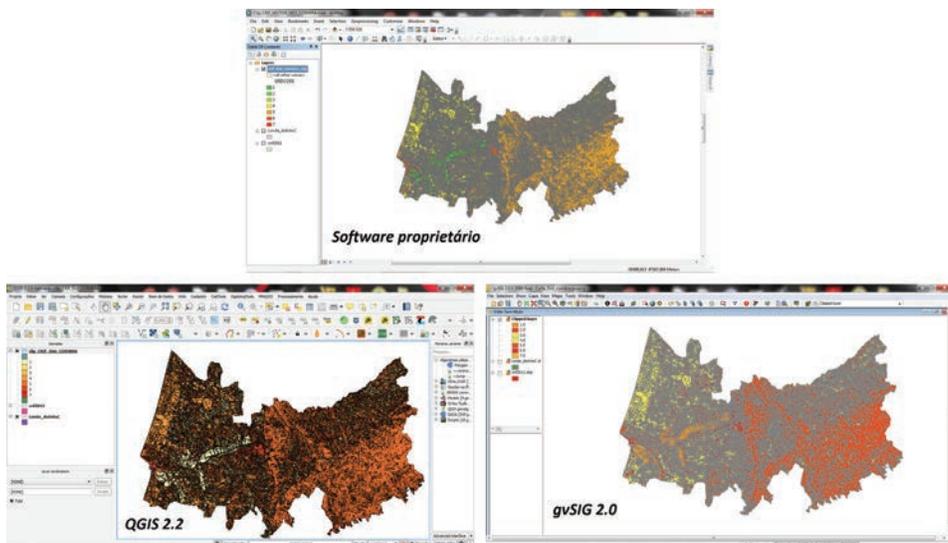


Figura 2 - Capturas de ecrã para as tarefas de corte topológico do vector (CRIF) efectuadas pelos três software com base no limite administrativo do distrito de Coimbra

Fonte: CAOP, 2013 (depois de efectuado um dissolve das freguesias)

Algoritmos/comandos utilizados:

1) Software Proprietário (Algoritmo desenvolvido em Python):

Toolbox > Analysis tools > Extract > Clip > Configurar e executar

2) QGIS (Algoritmo desenvolvido em Python):

Menu Vector > Ferramentas de geoprocessamento > Cortar > Configurar e executar

3) gvSIG (Algoritmo desenvolvido em Java):

Toolbox (Sextante) > Tools for vector layers > Clip > Configurar e executar

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1. Despesas com Software SIG Proprietário

Entre 2008 e 2013 o Estado português gastou 24 752 909,08 €, apenas em Software SIG Proprietário. Mas se incluirmos valores relativos a Software for Operating Systems - S4OS (que inclui a mais conhecida

suite comercial de aplicações de escritório), o valor ultrapassa os 112 000 000 €, informação que pode ser comprovada na Tabela 1 e na Figura 3.

Apesar de o presente trabalho resultar de um levantamento minucioso efectuado sobre uma base de dados pública oficial (Base.gov)⁴, optou-se pela omissão dos nomes apenas por uma questão de ética, até porque a sua menção não relevaria para a análise dos dados nem para a explicação dos resultados obtidos. Por outro lado, esta conduta permitiu preservar a isenção e a imparcialidade da investigação aqui retratada, princípio em que os autores se focaram ab initio, face a leituras várias e de diversa natureza que sobre ela pudessem recair, incluindo a perspectiva política, que não é de todo - sublinhe-se, bem-vinda a este documento.

Tabela 1 - Despesas de entidades públicas com Software Proprietário (SIG e S4OS) em Portugal, por ano e por empresa produtora. (Fonte: Base.gov)

	ORGANISMO / INSTITUIÇÃO	DESPESAS (em €)						TOTAL
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Software SIG	Empresa A	269 164,58	2 900 487,44	4 078 129,54	2 733 780,36	3 100 343,19	1 272 361,58	14 354 266,69
	Empresa B	34 480,72	413 927,41	634 624,68	913 966,78	648 628,30	643 171,99	3 288 799,88
	Empresa C	0,00 €	14 000,00	0,00 €	20 290,00	0,00 €	0,00 €	34 290,00
	Empresa D	56 442,54	117 249,32	145 246,57	115 833,45	79 567,70	150 186,61	664 526,19
	Empresa E	176 776,92	1 146 249,78	1 430 581,56	2 410 357,47	684 966,78	562 093,81	6 411 026,32
	TOTAL (SIG)	536 864,76	4 591 913,95	6 288 582,35	6 194 228,06	4 513 505,97	2 627 813,99	24 752 909,08
S4OS	Empresa Z	899 974,68	26 471 745,03	15 988 105,25	12 248 428,53	20 316 373,07	12 278 163,75	88 202 790,31
	TOTAL (SIG + S4OS)	1 436 839,44	31 063 658,98	22 276 687,60	18 442 656,59	24 829 879,04	14 905 977,74	112 955 699,39

A observação atenta dos valores envolvidos não deixa margem para dúvida, quanto ao peso que os valores totais envolvidos nos contratos de aquisição e/ou manutenção de serviços informáticos para diversas áreas da Administração Pública representa para o Erário Público. Salientamos que estes valores dizem apenas respeito a algumas das principais empresas

⁴ O Dec. Lei 18/2008 de 29/1 aprovou o Código de Contratos Públicos (CPP) que efectua a transposição das Directivas 2004/17/CE e 2004/18/CE (ambas do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de Março) e codifica as regras, até então, dispersas pelos seguintes diplomas:

a) Decreto-Lei n.º 59/99, de 2 de Março (empreitadas de obras públicas)

b) Decreto-Lei n.º 197/99, de 8 de Junho (aquisições de bens e serviços)

c) Decreto-Lei n.º 223/2001, de 9 de Agosto (empreitadas e aquisições no âmbito dos sectores especiais)

d) Vários outros diplomas e preceitos avulsos relativos à contratação pública. (Fonte: Base.gov, disponível em <http://www.base.gov.pt/base2/html/codigo/ccp.shtml>).

fornecedoras de software (SIG ou S4OS) para o intervalo de tempo definido, e que foram considerados numa perspectiva de análise da evolução cronológica das despesas efectivas do Estado nesse período de tempo. A opção por este período cronológico não obedeceu a qualquer tipo de critério que não o da obtenção de dados confiáveis para um intervalo de tempo considerável, ante-câmara da grave crise económica que viria a deflagrar um par de anos mais tarde, e da entrada em vigor do próprio Orçamento de Estado (OE) para 2013 que, como se sabe, é profundamente limitativo quanto à disponibilização de subsídios para aquisição de Software Proprietário havendo soluções alternativas em Open Source.

Numa primeira reflexão sobre os dados, não podemos deixar de assinalar a redução substancial dos custos com Software SIG relativos ao ano de 2013 (ano de entrada em vigor do OE 2013) - em mais de 50% -, comparativamente com o ano anterior. Este valor, relativo na sua expressão e significado, não pode ser descontextualizado, também, da tendência geral de subida e estabilização de custos que se verificou entre 2009 e 2012, nem da assinalável subida em flecha dos custos com a aquisição deste tipo de software de 2008 para 2009 - que representa um aumento de aproximadamente 900% ! Estamos em crer que os valores de 2013 são para manter e acentuar a tendência de diminuição de custos, pelo que aguardamos, com expectativa, os dados relativos a 2014.

Numa leitura mais fina, que desce ao nível da liderança por empresa, destaca-se a Empresa A, claramente dominante no mercado português, mas que parece evidenciar uma rota de acentuada queda na sua expressão dominante, à semelhança do que se verifica com a outra empresa referência no sector - a Empresa E. As restantes empresas revelam um ritmo estacionário, em geral, de reduzida expressão, com excepção da Empresa B cujos valores envolvidos nos contratos com a Administração Pública portuguesa parecem não ter sentido o abalo introduzido pelo OE de 2013, comportamento que lhe permite estar já quase ao mesmo nível das empresas A e E, anteriormente referidas como claramente dominantes.

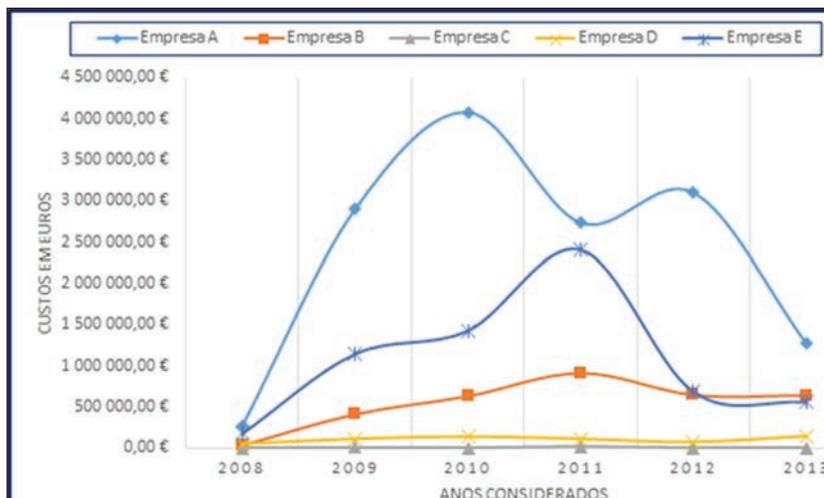


Figura 3 - Quantificação dos gastos de instituições públicas portuguesas com Software SIG Proprietário, para o intervalo de tempo em apreciação, considerando apenas algumas das principais empresas fornecedoras.

Fonte: Base.gov

Uma simples interpretação da informação disponibilizada na Figura 3, leva-nos a perceber que não parece existir qualquer tipo de correlação nem indicadores de um comportamento uniforme nos contratos estatais formalizados com as empresas consideradas; por exemplo, a Empresa “A” apresenta um pico de contratos/valores em 2010 (4 078 129 €), a Empresa “E”, por sua vez, tem um pico de vendas em 2011 (2 410 357 €), ano em se aproxima do valor despendido com software da Empresa “A”, com uma diferença de apenas 323 422 €. Curiosamente, este é também o ano em que mais se gastou com software produzido pela Empresa “B” (913 966 €). Isto pode indiciar que estes valores dependeram mais do timing escolhido por cada empresa para o lançamento de novas versões dos seus programas, o que se traduziu numa corrida à renovação de licenças. Todavia, neste ponto, o gráfico da Figura 4 revela uma outra perspectiva: se olharmos para os números na sua totalidade, sem serem discriminadas as empresas, o período cronológico considerado revela uma tendência para a descida dos custos totais com Software SIG a partir de 2010/11 apesar de a Empresa B e a Empresa E apresentarem os seus maiores volumes de negócio com o Estado português, precisamente em 2011 (cfr. Figs. 3 e 4).

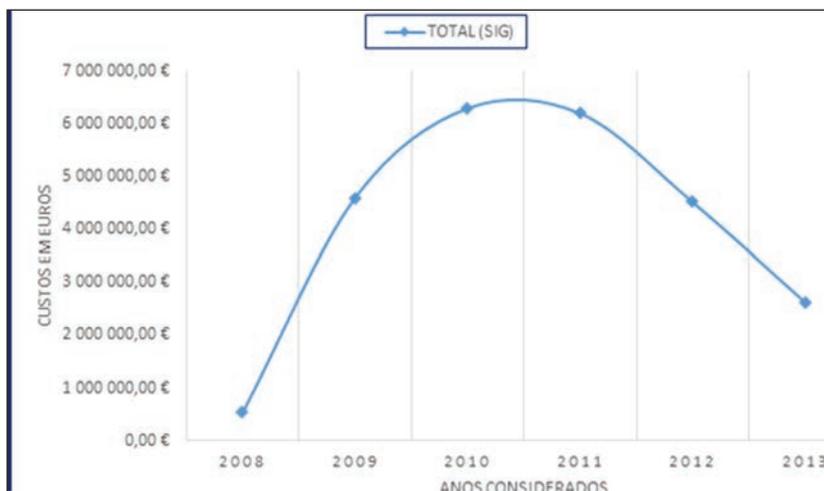


Figura 4 - Variação e tendências dos totais da despesa pública com *Software SIG Proprietário* em Portugal, para o intervalo de tempo em apreciação, considerando apenas algumas das principais empresas fornecedoras.

Fonte: Base.gov

A pesquisa por números e valores efectuada sobre a plataforma digital de contratos públicos Base.gov permitiu, também, organizar os dados por sectores de actividade e por área espacial. No que diz respeito aos sectores de actividade, os dados da distribuição dos gastos na Administração Pública com Software SIG (Tabela 2 e Figura 5) revelam resultados curiosos mas, igualmente preocupantes. Os Serviços Municipalizados foram os que mais gastaram (55%), seguindo-se os sectores estatais da Administração Central e Regional com 18% do total. No pormenor, destaca-se pela negativa, o facto de as Empresas de Gestão do Território quase duplicarem os gastos de 2012 para 2013, mesmo com a nova lei do OE. Já pela positiva, destaca-se o facto de os Serviços da Administração Central e Regional acusarem uma despesa muito mais comedida em 2013 reduzindo para, aproximadamente, 7% do valor de 2012, o total despendido na aquisição de Software SIG Proprietário. Em sintonia com esta tendência de redução drástica nas despesas com a aquisição deste tipo de software, também a Educação, os Serviços Municipalizados, a Segurança e a Saúde viram diminuídos os custos de forma bastante acentuada. O gráfico da Figura 5 permite destacar a importância do volume de negócios gerado em torno da aquisição de Software SIG Proprietário por parte da Administração

Central e Regional e, se confrontado com os dados da Figura 4 e da Tabela 2, rapidamente nos permite concluir que foram os anos de 2010, 2011 e 2012, aqueles em que os serviços estatais da Administração Central e Regional “decidiram” que necessitavam de comprar/renovar licenças de Software SIG Proprietário.

Tabela 2 - Despesas de entidades públicas com Software SIG Proprietário em Portugal, entre 2008-2013, por sector de actividade na administração pública - Valores em €

Fonte: Base.gov

Sect. Act. / ANO	Educação	Serviços Municipalizados	Administração Central e Regional	Segurança	Empresas Gestão do Território	Saúde	Outros Serviços	TOTAL
2008	24 537,96	202 861,10	164 102,56	15 669,00	117 321,54	0,00 €	12 372,60	536 864,76
2009	36 580,36	2 629 486,00	568 280,88	48 715,83	627 745,29	551 076,88	130 028,71	4 591 913,95
2010	59 161,00	2 251 290,82	1 632 342,64	197 133,43	1 482 957,08	298 661,70	367 035,68	6 288 582,35
2011	40 701,12	4 201 581,43	1 001 366,96	148 534,43	539 708,92	192 476,05	69 859,15	6 194 228,06
2012	159 594,12	2 554 638,79	1 029 166,01	193 831,47	219 233,84	309 611,74	47 430,00	4 513 505,97
2013	44 229,00	1 777 488,76	67 786,34	96 721,60	364 268,63	195 325,00	81 994,66	2 627 813,99
TOTAL	364 803,56	13 617 346,90	4 463 045,39	700 605,76	3 351 235,30	1 547 151,37	708 720,80	24 752 909,08

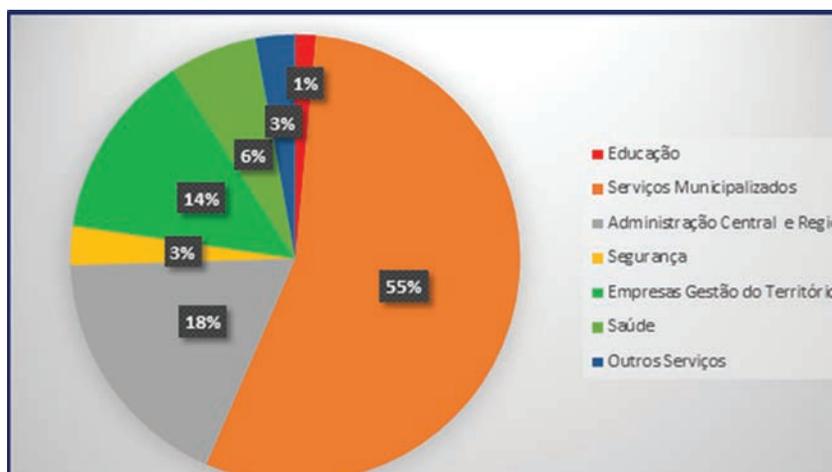


Figura 5 - Valores relativos às despesas de instituições públicas portuguesas com *Software* SIG Proprietário, por sector de actividade na Administração Pública.

Fonte: Base.gov

Na Figura 6 apresentamos informação relativa à distribuição espacial das despesas efectuadas por organismos públicos, entre 2008 e 2013, para aquisição de Software SIG. Este cartograma realça uma polarização dos gastos com este tipo de software nas áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto, à semelhança de outras variáveis sócio-económicas que demonstram as mesmas assimetrias - só Lisboa e o Porto concentram um volume total

de despesas na ordem dos 10 554 910 €. Não obstante, existe uma avultada diferença entre os dois concelhos mais representativos das referidas conurbações (Lisboa - 9 163 880 €, e Porto - 1 391 030 €), o que pode ser explicado pelo facto de se concentrar em Lisboa, a grande maioria das sedes de organismos estatais com competências na coordenação do planeamento e do ordenamento territorial português.

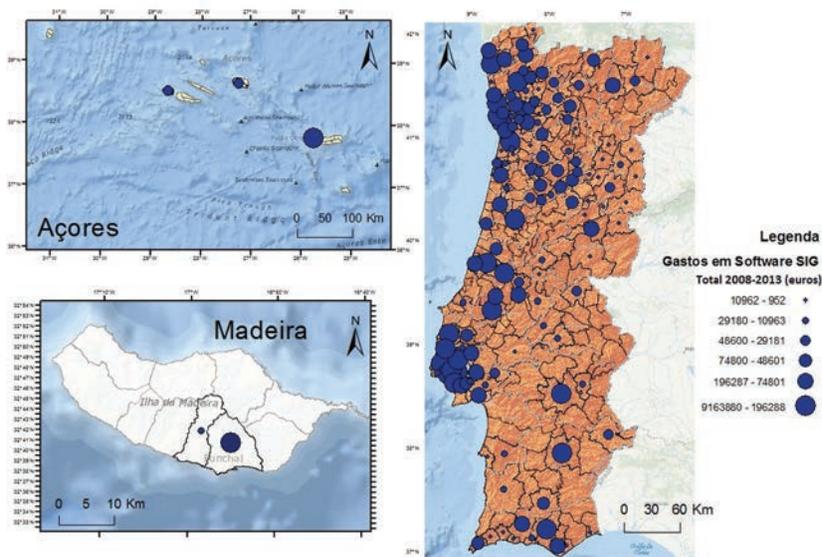


Figura 6 - Valores relativos à distribuição espacial, por município, da despesa pública com *Software* SIG Proprietário, entre 2008 e 2013.

Fonte: Base.gov

Num outro plano, mas a merecer semelhante destaque, refere-se a elevada concentração de despesas com *Software* SIG Proprietário em áreas mais próximas do litoral entre Lisboa e o norte do País, pese embora não se possa considerar uma faixa absolutamente contínua que liga Lisboa ao Porto. Nesta região destacam-se as despesas da responsabilidade dos municípios de Coimbra - 889 658 €, Leiria - 595 858 € e Viana do Castelo - 318 482 €. Por outro lado, há também alguns concelhos interiores que se destacam pelos elevados gastos com a aquisição de *Software* SIG Proprietário, designadamente, Évora - 340 293 € e Beja - 275 540 €. Também alguns concelhos algarvios não escapam ao desperísimo (evitável) com a aquisição de *Software* SIG Comercial, a olhar para os

exemplos que nos são fornecidos por concelhos como Loulé (396 036 €) ou Silves (151 058 €).

Quanto às regiões insulares, na Região Autónoma da Madeira destaca-se o concelho do Funchal - 626 042 €, e na Região Autónoma dos Açores, Ponta Delgada - 459 492 €), valores que só se conseguem compreender por também aí estarem localizadas as sedes das delegações regionais de organismos da administração estatal.

Apesar da matriz económico-social que define na litoralidade o principal dos focos da política de desenvolvimento territorial em Portugal, importa também dizer que, o levantamento de dados efectuado neste estudo nos permitiu verificar que existem bastantes concelhos do interior do país que, mesmo não se destacando em termos absolutos no total dos custos com a aquisição de Software SIG Proprietário, compraram este tipo de software e gastaram dinheiros públicos em serviços a ele associados, muitas vezes avultados. Esta constatação assume um cariz que não pode deixar de se envolver em alguma polémica e controvérsia, em algum descontentamento popular até, se pensarmos na matriz rural e de baixa densidade que estes concelhos representam e que as verbas para aí canalizadas poderiam ter tido como opção alternativa um investimento público em rubricas mais urgentes e/ou passíveis de gerar e atrair mais investimento, logo, atrair mais população.

Os dados inventariados e recolhidos mostram que 48,6% dos concelhos do território continental praticaram gastos com este tipo de serviços para os quais existem alternativas de baixo custo ou, mesmo, nulo. Destes 48,6%, 1,08% dizem respeito a concelhos com valores superiores a 1 000 000 €, 2,2% a concelhos com valores acima dos 500 000 €, 12,9% a concelhos com valores acima de 100 000 € e 22,3% são relativos a concelhos cujos montantes envolvidos na aquisição de Software SIG Proprietário foram superiores a 50 000 €. Como complemento destes dados, conclui-se facilmente que 26,3% dos concelhos tiveram gastos inferiores a 50 000 €.

4.2. Despesas com Software for Operating Systems - S4OS Proprietário

De acordo com os dados disponibilizados na Tabela 3, entre 2008 e

2013 o Estado português despendeu 88 202 790,31 € com Software S4OS (que, como anteriormente se referiu, inclui software de produtividade/escritório com posição claramente dominante no mercado), valor que acaba por ser muito mais significativo do que o apresentado para o Software SIG (com um delta igual a 63 449 880,92 €). Aquele valor traduz uma elevada dependência face a sistemas operativos patenteados por uma empresa (Empresa Z) que ocupa uma posição claramente dominante no mercado, mesmo em contexto mundial, posição que chegou a ser objecto de penalizações pesadas devido a procedimentos ilícitos praticados ao abrigo de um monopólio que esvaziava as possibilidades de implantação de concorrência. Em Portugal, o cenário reflecte o contexto mais amplo protagonizado por aquela empresa, o que por si só explica os valores encontrados. As soluções Open Source existem e começam a ser objecto de adesão crescente, mas a complexidade inerente ao desenvolvimento de soluções neste tipo de plataformas tem obstado a uma proliferação mais célere e expressiva. A formação de pessoal técnico, ainda que, com a finalidade de simples utilizador destes sistemas operativos, não é fácil, não é propriamente barata e, quando relegada para o plano do autodidatismo, torna-se numa solução muito morosa e assaz custosa e violenta. Os custos da migração devem, também nesta rubrica, ser muito bem ponderados e planeados, e devem partir de um inventário rigoroso e com critérios específicos para cada organismo e/ou serviço, no sentido da se avaliar, caso-a-caso, o Custo Total de Investimento - Total Cost of Ownership (TCO) e o Retorno do Investimento - Return of Investment (ROI).

Analisando os dados da Tabela 3, destacamos o facto de os valores terem atingido uma expressão zenital generalizada no ano de 2009, com a área da Administração Central e Regional a protagonizar um impressionante aumento da despesa em 2350% relativamente ao valor de 2008. Os resultados nulos, sendo de difícil interpretação, não podem deixar de se associar a eventuais processos cíclicos de duração limitada dos sistemas operativos nativos dos equipamentos adquiridos em anos anteriores, processo em relação ao qual deverá ser atribuído também o significativo aumento generalizado da despesa, de 2012 para 2013 (já

com o OE 2013 em vigor). Os gráficos das Figuras 7 e 8 documentam a distribuição dos valores, absolutos e relativos (em %), envolvidos neste processo desde 2008.

Tabela 3 - Custos com aquisição de Software S4OS Proprietário por organismos públicos do Estado português, entre 2008 e 2013 - dados relativos à empresa dominante no mercado (Empresa Z).

Fonte: Base.gov

ANO	Outros Serviços	Empresas Gestão do Território	Saúde	Segurança	Administração Central e Regional	Serviços Municipalizados	Educação
2008	3 000 000,00	3 000 000,00	10 739 100,00	11 333 111,00	10 000 000,00	10 000 000,00	10 000 000,00
2009	3 000 000,00	3 000 000,00	10 739 100,00	11 333 111,00	10 000 000,00	10 000 000,00	10 000 000,00
2010	3 000 000,00	3 000 000,00	10 739 100,00	11 333 111,00	10 000 000,00	10 000 000,00	10 000 000,00
2011	3 000 000,00	3 000 000,00	10 739 100,00	11 333 111,00	10 000 000,00	10 000 000,00	10 000 000,00
2012	3 000 000,00	3 000 000,00	10 739 100,00	11 333 111,00	10 000 000,00	10 000 000,00	10 000 000,00
2013	3 000 000,00	3 000 000,00	10 739 100,00	11 333 111,00	10 000 000,00	10 000 000,00	10 000 000,00
TOTAL	15 000 000,00	15 000 000,00	53 956 500,00	56 666 555,00	50 000 000,00	50 000 000,00	50 000 000,00

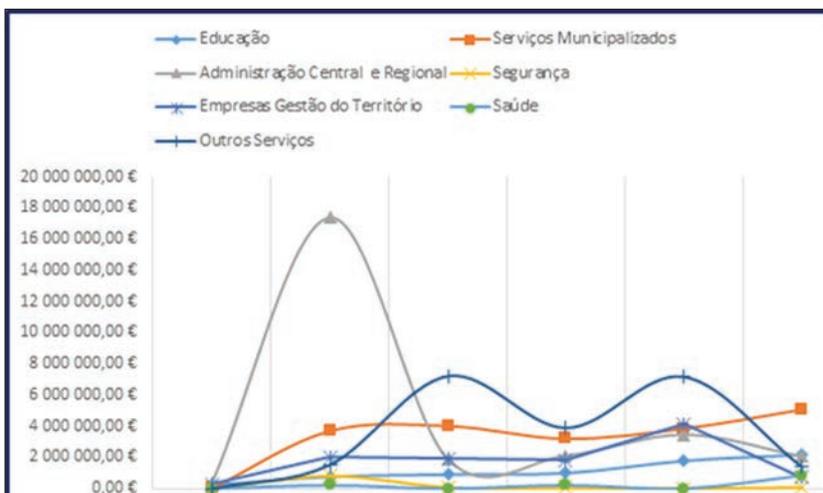


Figura 7 - Distribuição dos encargos de instituições públicas portuguesas com a aquisição de Software S4OS, entre 2008 e 2013.

Fonte: Base.gov)

Ao derivarmos esta análise para uma comparação entre dados por diferentes sectores de actividade da Administração Pública, percebe-se que a Administração Central e Regional, bem como os Serviços Municipalizados, foram quem mais gastou, muito embora o tenham feito de modo diferente, invertendo até a sua ordem relativamente ao Software SIG, na medida em que, na compra de Software S4OS à Empresa “Z”, em 2009, o primeiro dos sectores referidos foi o que mais gastou, (aproximadamente 17 400

000 € - 30% do total), enquanto os gastos relativos ao segundo dos sectores referidos sendo de, aproximadamente, 2 600 000 € representa 23% (Figuras 8 e 9). Nesta contabilidade, destaca-se a classe “Outros Serviços” por se tratar de um conjunto de serviços implementados por empresas com alguma autonomia relativamente à máquina central do Estado e que nada têm a ver com a gestão do território; esse destaque faz-se notar pelos maiores gastos comparativamente a outros sectores (25%).

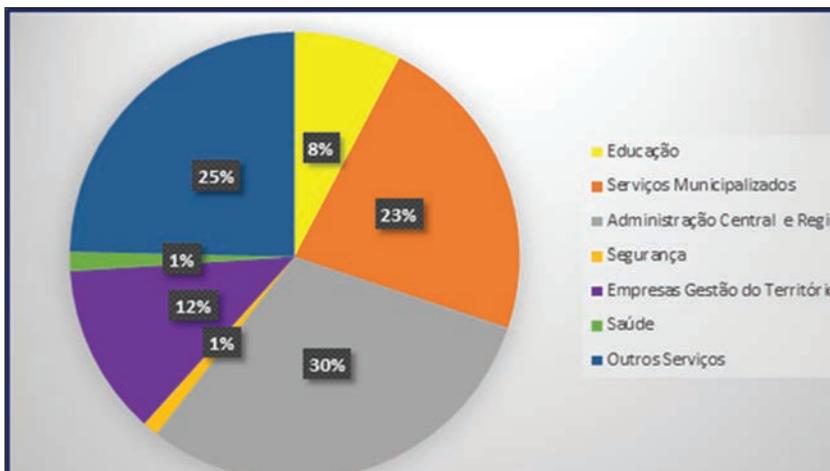


Figura 8 - Distribuição dos encargos (em %) de instituições públicas portuguesas com a aquisição de Software para Sistemas Operativos - S4OS, entre 2008 e 2013
Fonte: Base.gov

Por fim, em termos espaciais (Figura 9), à semelhança do que se constatou relativamente à especialização dos custos com a aquisição/re-novação de licenças de Software SIG, é visível uma polarização nas áreas metropolitanas de Lisboa (onde se destacam principalmente o concelho de Lisboa, mas também os de Almada e Oeiras) e do Porto, muito embora, tal como aconteceu anteriormente, exista uma assinalável diferença entre os dois concelhos polarizadores: Lisboa - 49 345 400 €, e Porto - 3 525 440 €. O já referido efeito de “litoralização”, nesta componente de análise da distribuição espacial das despesas com a aquisição de Software S4OS por parte de organismos e instituições públicas portuguesas, diz respeito a uma região mais alargada uma vez que se incluem alguns municípios do litoral alentejano com valores bastante significativos, e cujo melhor exemplo é o do concelho de Odemira. Na banda sub-meridiana litoral,

destaque para Coimbra (1 406 390 €) e Braga (1 083 910 €). No interior do território continental, de uma forma geral, há diversos municípios com valores avultados, quase sempre bastante superiores, até, aos registados para o Software SIG.

A legenda do cartograma da Figura 9 revela que 51,4% dos concelhos do território continental celebraram pelo menos um contrato com a Empresa Z. Destes 51,4%, 2,2% dizem respeito a concelhos com valores superiores a 1 000 000 € e 2,8% a municípios com cifras superiores a 750 000 €; ainda assim, apenas 5,03% registam valores acima de 500 000 €, cerca de 10% gastaram mais de 250 000 €, 21,6% dos quais denunciam valores superiores a 100 000 €, e 27,3% acima dos 50 000 €. Daqui resulta que 24,1% registaram valores inferiores a 50 000 €.

Os valores de que há registo para as regiões insulares revelam que, no arquipélago da Madeira apenas as instituições sediadas no concelho do Funchal usufruem, de forma representativa, dos serviços da Empresa Z, e em relação à qual foi despendido um valor total de 3 454 990€ no período considerado, o que o torna num município a juntar aos 2,2% dos concelhos continentais com gastos superiores a 1 000 000 €, referidos anteriormente. No arquipélago dos Açores, Ponta Delgada e Angra do Heroísmo com 5 528 760 € e 1 477 790 €, respectivamente, também se juntam a este grupo de concelhos com valores contratuais elevados.

4.3. Teste comparativo de desempenho entre Software SIG Proprietário e Software SIG Livre

O teste comparativo de desempenho, descrito e apresentado em rubrica anterior deste documento, iniciou-se com um processo de recorte de um ficheiro raster - Carta de Risco de Incêndio Florestal de Portugal (CRIF). Foram utilizadas 9 (nove) máquinas, todas com sistema operativo Windows (7 ou 8), com processadores Intel (Core Duo ou múltiplo), com 32 ou 64 bit, 4GB ou 8GB de RAM, e com um espaço em disco superior a 25 GB (o mais baixo das máquinas utilizadas). Esta tarefa foi sempre executada de modo exclusivo em cada equipamento, de forma a canalizar para o Software SIG em avaliação todos os recursos disponíveis em cada máquina.

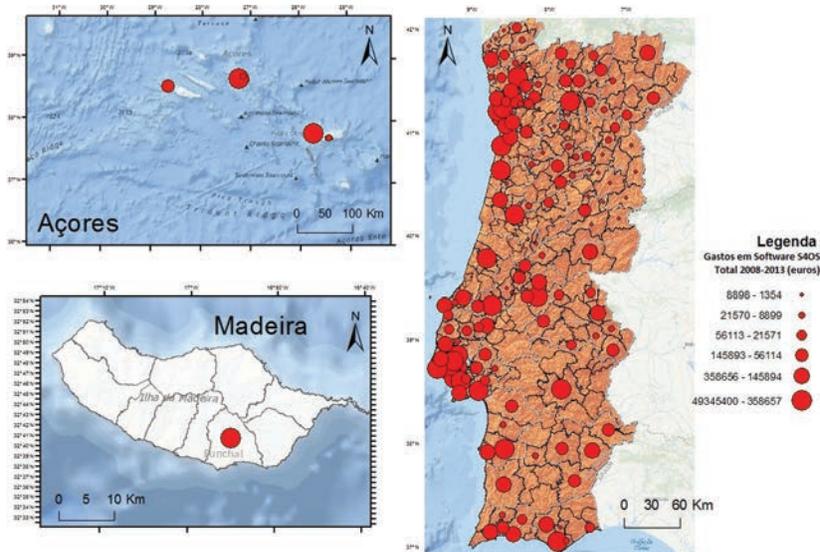


Figura 9 - Valores relativos à distribuição espacial, por município, da despesa pública com Software para Sistemas Operativos - S4OS Proprietário, entre 2008 e 2013.

Fonte: Base.gov

Os resultados obtidos na primeira das tarefas do teste de desempenho (Tabela 4) revelaram excelentes performances do QGIS 2.2 e do Software Proprietário 10.2, com o primeiro a conseguir ser quase sempre mais rápido no processamento do corte do raster⁵. Já o gvSIG foi consideravelmente mais lento, o que mereceu uma nota de desagrado, entretanto, já reportada à Asociación gvSIG⁶. Os resultados obtidos nesta tarefa concreta por parte da versão 2.0 do gvSIG foram tão mais decepcionantes e desencorajadores quando pensamos nos excelentes resultados que este mesmo software revelou ao efectuar um processo semelhante de corte do mesmo raster, mas pela máxima extensão espacial do polígono em causa (distrito de Coimbra), evidenciando valores em torno de 1 segundo em todas as máquinas utilizadas. No gvSIG urge rever, portanto,

⁵ Este teste foi também efectuado numa máquina extra, com sistema operativo LINUX/UBUNTU na qual havia sido instalada uma máquina virtual (GISVM), para se avaliar o desempenho do PostGIS. O resultado obtido - 24 segundos, foi conseguido seguindo o comando: `time gdalwarp -s_srs EPSG:3763 -t_srs EPSG:3763 -multi -cutline cont_aad_caop2013_distcoimbra.shp crif11e89.tif crif11e89_recortada.tif`

⁶ No decurso, aliás, desta iniciativa, a Asociación gvSIG solicitou a colaboração da Universidade de Coimbra no sentido do desenvolvimento de um algoritmo mais performante.

as funcionalidades do algoritmo de corte para camadas raster com base numa shapefile, quando a Region of Interest (ROI) é coincidente com uma linha sinuosa.

Tabela 4 - Tabela de resultados dos três software concorrentes para o recorte do raster (CRIF-Portugal continental) pela shapefile (single *feature*) com o limite do distrito de Coimbra

	Software PROPRIETÁRIO 10.2	QGIS 2.2	gvSIG 2.0
Máquina 1	5s	2,5s	> 30m
Máquina 2	5s	2,8s	> 30m
Máquina 3	8,5s	4s	> 30m
Máquina 4	4,8s	2,7s	> 30m
Máquina 5	12s	7s	> 30m
Máquina 6	2,8s	2s	> 30m
Máquina 7	3s	1,8s	> 30m
Máquina 8	3,9s	2,4s	> 30m
Máquina 9	9s	9s	> 30m

A segunda tarefa consistiu na utilização da mesma informação da CRIF-Portugal continental, mas em modelo de dados vectorial - formato shapefile; trata-se de um documento com 1,33 GB, e com uma arquitectura de, aproximadamente, 3 500 000 *features*. O objectivo era proceder a uma tarefa semelhante com os três software concorrentes, cortando esta shapefile por uma outra - o limite do distrito de Coimbra que havia sido utilizado, também, na primeira tarefa, com o raster. Os resultados obtidos (Tabela 5) revelam agora uma vantagem clara do Software Proprietário. O desempenho dos dois representantes do Software Livre fica, de facto, muito aquém do do Software Proprietário, com o gvSIG 2.0 a revelar ser mais lesto do que o QGIS 2.2 a executar esta tarefa⁷.

⁷ Nesta tarefa (a mais exigente) tentámos igualmente efectuar o teste com uma máquina extra, com sistema operativo LINUX/UBUNTU (com e sem máquina virtual), para avaliar o desempenho do PostGIS. No primeiro caso, o processo de corte topológico da *shapefile* com cerca de 3 500 000 *features* demorou também mais de 30 minutos, e foi efectuado segundo a sequência:

```
CREATE TABLE clip(geom) AS SELECT st_intersection(a.geom, b.geom) as geom
FROM crif2011 a, caopdistcoimbra b WHERE st_intersects(a.geom, b.geom)
```

No segundo caso, ensaiámos uma sequência de comandos optimizada, que revelou melhores resultados mas, ainda assim, ligeiramente superiores a 12 minutos. Esta segunda sequência de comandos efectuados com PostGIS, da autoria de Frederic Lehodey, consistiu nos seguintes procedimentos:

```
create table teste_inter as
select
a.gid as crif_id,
b.gid as caop_id,
```

Tabela 5 - Tabela de resultados dos três software concorrentes para o recorte da shapefile da CRIF-Portugal continental, pela shapefile (single *feature*) com o limite do distrito de Coimbra

	Software PROPRIETÁRIO 10.2	QGIS 2.2	gvSIG 2.0
Máquina 1	2m 4s	> 30m	> 30m
Máquina 2	1m 56s	> 30m	28m 17s
Máquina 3	11m 35s	> 30m	> 30m
Máquina 4	2m 32s	> 30m	> 30m
Máquina 5	6m 1s	> 30m	> 30m
Máquina 6	1m 50s	> 30m	26m 48s
Máquina 7	1m 40s	> 30m	> 30m
Máquina 8	2m 21s	> 30m	29m 50s
Máquina 9	8m 51s	> 30m	> 30m

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A realização de um exercício desta natureza, como foi já referido, não pode ser imune a críticas, pelas diversas razões que foram igualmente já invocadas. Não obstante, julgamos que a sua materialização tal como se apresenta neste documento, pode ajudar a esclarecer a comunidade, em geral, e a comunidade científica, em particular, sobre aspectos de apreciável importância como sejam, por um lado, os custos associados à aquisição/manutenção de licenças com Software Proprietário e, por outro lado, o grau de fiabilidade, desempenho e performance de alguns dos principais representantes do Software Livre, factores que podem pesar na equação (individual ou colectiva) que se formule no sentido de se avaliarem as vantagens e os inconvenientes da migração de um para o outro. Quanto à primeira das questões, não podemos deixar de concluir que valores como 24 752 909,08 € e 88 202 790,31 € gastos pelo Estado português entre 2008 e 2013, com Software SIG e Software para sistemas operativos proprietários, respectivamente, representam quantias bastante elevadas (evitáveis) tendo em conta os parcos recursos económico-financeiros de um país como Portugal, e a forte dependência da sua Economia face aos mercados e agentes externos. Tendo em conta que existem soluções de

```

case
when ST_Within(a.geom,b.geom)
then a.geom
else ST_Multi(ST_Intersection(a.geom,b.geom))
end as geom
from crif2011 a join caopdistcoimbra b ON ST_Intersects(a.geom, b.geom)
    
```

baixo custo ou, praticamente, de custo zero, e que essas mesmas soluções se comportam de uma forma geral, de um modo muito semelhante ao Software Proprietário, seja em termos de fiabilidade, seja em termos de desempenho (sendo visíveis, apenas, algumas diferenças ao nível do desempenho em condições de processamento de grandes volumes de dados, uma vez que em termos de tipologia e quantidade de tarefas SIG as diferenças não são sensíveis), as vantagens de se passar a utilizar soluções de Software Livre na Administração Pública portuguesa são evidentes e incontornáveis. Despender, aproximadamente, 113 000 000 € em seis anos com Software Proprietário é uma conduta que não se compreende! Outras práticas em países como o Brasil, Espanha, Itália e, mesmo, os resultados pioneiros decorrentes da migração que algumas instituições públicas portuguesas encetaram já no sentido da utilização de Software Livre, esclarecem quanto às vantagens deste tipo de software, em termos de gestão racional e eficiente dos dinheiros públicos mas, também, em termos de implementação de uma política de cidadania dirigida para os princípios e para os valores morais, ao desaconselhar procedimentos ilícitos (crack de software) por se tornarem desnecessárias com a utilização de Software Livre.

6. CONCLUSÃO

No início deste artigo assumimos como desiderato a procura de respostas para questões que agora recordamos:

1- Quanto gastam as nossas instituições públicas com Software Comercial;

2- Seriam as diferenças de desempenho entre Software Comercial e Software Livre suficientes (e suficientemente importantes) para justificar os assinaláveis custos cometidos à aquisição e renovação de licenças de software Comercial, tanto mais que se trata de dinheiros públicos.

O desenvolvimento dos processos de inventariação e análise dos dados recolhidos através da plataforma Base.gov permitiu responder de forma clara a ambas:

1- Tendo por base apenas os valores relativos ao período 2008-2013,

disponíveis nesta plataforma, podemos concluir que 113 000 000€ é uma factura a pagar muito cara e escusada. Muito cara, porque os recursos económicos e financeiros do país não a permitem suportar, e porque este procedimento, generalizado a quase toda a Administração Pública, torna insustentável um processo de desenvolvimento económico e social coeso e sem assimetrias. É uma factura escusada, porque existem soluções alternativas em Software Livre, soluções que permitem fazer as mesmas tarefas sem custos com aquisição ou renovação de licenças.

2- As diferenças de desempenho entre Software Comercial e Software Livre não são suficientemente importantes de forma a inviabilizar um processo de migração, na medida em que, de um modo geral, o que aquele software faz, o Software Livre também faz. Diferenças ao nível da velocidade de processamento em contexto de grandes volumes de dados a processar, não parecem ser suficientemente importantes e dissuasoras da opção pelo Software Livre, se atendermos aos custos associados à aquisição de Software Proprietário e aos riscos decorrentes de procedimentos ilícitos para contornar esses mesmos custos. Por outro lado, a adopção de normas e formatos abertos para o arquivo e transmissão de informação, que é uma das vias para alcançar a (desejada) plena interoperabilidade, permite a independência do fornecedor de software e garante a equidade no acesso à informação e serviços de natureza espacial por parte dos cidadãos e empresas, leitura que decorre da própria letra da legislação portuguesa sobre o assunto, em concreto, a Lei nº 36/2011 e a RCM nº 91/2012. Ora, o Software Livre, por natureza, é interoperável e adopta normas e formatos abertos. Acresce, ainda, o facto de o OE2013 ser muito claro quanto à utilização de software na Administração Pública portuguesa. E porque este trabalho não quer desmerecer a integridade intelectual dos seus autores, clara e assumidamente fervorosos e incondicionais adeptos do Software Livre, deve ser dito que há ainda um caminho robusto a percorrer pelas soluções de Código Aberto.

Mas a Comunidade está atenta e, certamente, irá resolver ou, melhor, resolvendo, na esperança de que a jangada de SIG, que se vai movimentando sem rumo, se converta numa plataforma comum, muito mais ampla, e que acabe, por fim, por encontrar a sua loxódroma.

Observação: Os autores escrevem em conformidade com as normas em vigor antes da implementação do Novo Acordo Ortográfico.

BIBLIOGRAFIA

- GONÇALVES, Catarina (2012) - SIG em Código Aberto e Património Urbano. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 86 p.
- PEREIRA, Alexandre Libório (2012) - “Normas Abertas nos Sistemas Informáticos do Estado: Quo Vadis?”. Revista CEDOUA, FDUC, 1/15, 39 - 43.
- PINHO, Ricardo (2011) - “O uso do software Livre SIG no ensino”. FOSSGIS Brasil, N.º2, 30-35. Disponível em http://issuu.com/fossgisbrasil/docs/revista_fossgis_brasil_ed_02_junho_2011/30?e=3400601/5941420 (acedido em 19 de Março de 2014).
- SANTOS, J. Gomes, COELHO, Rogério, MIRANDA, Luís (2008) - “Serviços KML para concepção e partilha de ‘mashups’ em ambiente web2.0; Interfaces ArcGIS-Google Maps como exemplo de um novo ‘geoweb-paradigma’: ‘Consumer-Generated Media’”. Cadernos de Geografia, N.ºs. 26 e 27, 189-196.
- SÁTIRO, Talita & SIMÕES, Sílvio (2013) - “Comparação entre dois Sistemas de informação geográfica (ArcGIS e gvSIG) na elaboração de um mapa de potencialidade para a silvicultura baseado em elementos do meio físico - a bacia do rio Paraíba do Sul (Porção Paulista)”. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13 a 18 de Abril de 2013, 5147-5154. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1113.pdf> (acedido em 19 de Março de 2014).
- STALLMAN, Richard & WILLIAMS, Sam (2010) - Free as in Freedom (2.0): Richard Stallman and the Free Software Revolution. Free Software Foundation, Boston, 229 p.
- Decreto-Lei n.º 59/99. Diário da República, Série I-A - N.º 51, de 2 de Março de 1999. Lisboa. Portugal.[Este diploma foi revogado pelo(a) Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro!]
- Decreto-Lei n.º 197/99. Diário da República, Série I-A - N.º 132, de 8 de Junho de 1999. Lisboa. Portugal.
- Decreto-Lei n.º 223/2001. Diário da República, Série I-A - N.º 184, de 9 de Agosto de 2001. Lisboa. Portugal.
- Decreto-Lei n.º 66-B/2012. Diário da República, 1.ª série - N.º 252 - 31 de Dezembro de 2012. Lisboa. Portugal.
- Directiva 2004/17/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de Março de 2004.

Directiva 2004/18/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de Março de 2004.

Lei n.º 66-B/2012. Diário da República, 1.ª série - N.º 252 - 31 de dezembro de 2012 (Orçamento de Estado 2013).

WEBGRAFIA (ENDEREÇOS ELECTRÓNICOS)

<http://www.base.gov.pt/base2/html/codigo/ccp.shtml>, (Acedido pela última vez em 27 de março de 2014).

<http://scrif.igeo.pt/cartografiacrif/2007/crif07.htm>, (Acedido pela última vez em 20 de março de 2014).

http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/carta_administrativa_oficial_de_portugal__caop_/caop__download/, (Acedido pela última vez em 20 de março de 2014).

<http://www.gnu.org>, (Acedido pela última vez em 10 de março de 2014).

<http://www.fsf.org/>, (Acedido pela última vez em 10 de março de 2014).

<http://www.esriportugal.pt/solucoes/sig-profissional/arcgis-for-desktop-standard/>), (Acedido pela última vez em 27 de março de 2014).

SESSÃO 9

COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 36

DIRETÓRIO DE GEOPORTAIS PORTUGUESES (GEOPORTAIS.COM)

PINHO, Ricardo Miguel^{1,2}; GONÇALVES, José Alberto¹

¹ Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território; Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto, Portugal; Tel.: 22-0402000; Fax: 22-0402009; email: jgoncal@fc.up.pt

² Administração do sítio geoportais.com; email: ricardo.pinho@geoportais.com

RESUMO

A evolução nos últimos anos das tecnologias de internet e dos Sistemas de informação geográfica tem convergido no aparecimento de portais dedicados à disponibilização e consulta de informação geográfica através da Internet, adiante designados por “geoportais”. O presente trabalho tem por objetivo estudar e propor uma metodologia adequada para a avaliação dos serviços prestados pelos geoportais aos seus utilizadores. Começou-se por responder às perguntas: que geoportais existem em Portugal? quais os seus promotores? que funcionalidades oferecem?

Não existindo em Portugal nenhum repositório capaz de facultar a informação necessária para responder a essas perguntas, foi necessário desenvolver um trabalho de levantamento, o mais exaustivo possível, dos geoportais nacionais.

Para alcançar este objetivo optou-se por uma metodologia baseada na criação de um sítio na internet: <http://www.geoportais.com>, oferecendo um diretório de apontadores para geoportais portugueses, com o objetivo de constituir uma lista de todos os casos existentes em Portugal e incentivar os utilizadores a contribuírem para a manter atualizada e o mais completa possível.

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_36

No presente trabalho, descreve-se a metodologia adoptada e apresentam-se os resultados obtidos, assim como algumas conclusões sobre os mesmos.

PALAVRAS-CHAVE

Geoportal, IDE, Diretório de apontadores, Sistemas de informação geográfica, Mapas interativos.

PORTUGUESE GEOPORTALS LINK DIRECTORY (GEOPORTAIS.COM)

ABSTRACT

The recent evolution of the Internet and Geographic Information Systems technologies has converged in the appearance of portals, known as “geoportals”, dedicated to making geographic information available to query and consultation through the Internet.

This work aims to study and propose a methodology for the evaluation of services provided by geoportals. We began by addressing the questions: “Which geoportals exist in Portugal? Who promotes them? What *features* do they offer?”

Since there is no entity or repository that provides the information needed to answer these questions in Portugal, the need arises to develop a survey work, of the most comprehensive kind possible, which will cover existing geoportals.

To accomplish this objective we developed a methodology based on a website <http://www.geoportais.com>, offering a directory of links to geoportals, aiming to provide a comprehensive list of all existing cases in Portugal and encouraging users to contribute to keeping it updated and as complete as possible.

In this paper we describe the methodology and present the results obtained as well as some conclusions regarding those results.

KEYWORDS

Geoportal, SDI, Link directory, Geographic information systems, Online maps.

1. INTRODUÇÃO

A evolução nos últimos anos das tecnologias de Internet e dos Sistemas de informação geográfica tem convergido no aparecimento de portais dedicados à disponibilização e consulta de informação geográfica através da Internet, adiante designados por “geoportais”.

A possibilidade de inclusão e disponibilização da componente geográfica

da informação em aplicações Web tem sido aproveitada por instituições públicas e privadas para melhorar as soluções e serviços na internet que prestam aos seus utilizadores.

Assistimos nos últimos anos a um crescimento progressivo do número de geoportais disponíveis, dos quais um número significativo de implementações é promovido pelo estado e instituições públicas, resultado do reconhecimento do interesse público na disponibilização de informação geográfica, para o conhecimento, a transparência, a democracia e o desenvolvimento social e económico dos países e regiões. Neste sentido muitas dessas instituições têm investido recursos públicos significativos no fomento à criação de geoportais.

Em particular, os municípios portugueses criaram no seu sítio oficial na internet, áreas dedicadas à disponibilização dos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), recorrendo a geoportais, dando cumprimento ao disposto na lei 56/2007, de 31 de agosto.

A própria Comissão Europeia (European Commission, 2007) fomenta a criação de geoportais e Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) através da diretiva INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in the European Community*). Esta diretiva comunitária, transposta para a legislação portuguesa em 2009, estabelece um enquadramento legal para a criação gradual e harmonizada de uma infraestrutura europeia de informação geográfica que permitirá a disponibilização aos utilizadores, de serviços integrados de informação de natureza espacial. Para o efeito, obriga os estados membros a gerirem e a disponibilizarem os dados e os serviços de informação geográfica de acordo com princípios e regras comuns, levando as instituições produtoras de informação geográfica a investir no estabelecimento de normas de acesso, na partilha de dados e na disponibilização de serviços. Com o decorrer da implementação da diretiva assiste-se a um aumento progressivo do número de geoportais promovidos por instituições públicas portuguesas e prevê-se a continuidade desta tendência num futuro próximo.

Também se assiste a um grande dinamismo no desenvolvimento de soluções tecnológicas que sustentam os geoportais, existindo hoje uma diversificada oferta de soluções de *software* para o efeito. A acompanhar

esta diversidade, as instituições mundiais responsáveis pela definição de normas, têm desenvolvido esforços para apresentar novas normas e especificações que garantam a interoperabilidade das soluções, como é o caso das recentes especificações da OGC (*Open Geospatial Consortium*) e do INSPIRE.

Em paralelo, empresas multinacionais nas áreas das tecnologias de informação e internet, têm vindo a integrar de forma acelerada a informação geográfica nos seus produtos e serviços, aproveitando as novas áreas e oportunidades de negócio que essa integração proporciona. Produtos como o *Google Earth* e *Bing Maps*, oferecem ao cidadão comum o acesso gratuito a uma vasta quantidade informação geográfica de todo o planeta, com uma facilidade de utilização e eficiência que os têm popularizado e levado cada vez mais pessoas a perceberem as vantagens e a necessidade de utilização de informação geográfica.

Os geoportais oferecem hoje uma crescente e diversificada gama de funcionalidades aos seus utilizadores, começando pela consulta visual e inquirição de diversa informação geográfica, através da navegação em mapas interativos, passando por aplicações para fins específicos, como a emissão de plantas, consulta de processos particulares, registo de pretensões, etc, até mais recentemente à implementação de serviços de acesso online a dados geográficos por intermédio de protocolos e normas de comunicação, como é o caso dos WMS (*Web Map Service*), WCS (*Web Coverage Service*), WFS (*Web Feature Service*) e WPS (*Web Processing Service*) da OGC.

Assim, a forma e as funcionalidades oferecidas pelos geoportais encontram-se em permanente evolução e transformação, acompanhando a tendência das aplicações web de segunda geração, para uma crescente interação com o utilizador e um fluxo bilateral de informação, fomentando a produção de conteúdos geográficos pelos próprios utilizadores, como é o caso do projeto *Open Street Map*, um repositório livre de informação geográfica mundial.

A avaliação independente da qualidade e usabilidade de geoportais é importante para a implementação de melhorias nos seus serviços. Um estudo comparativo servirá também para distinguir os serviços prestados

por soluções públicas e privadas, identificar os pontos fortes e as fraquezas de cada solução, e realçar as efetivas vantagens dos geoportais, contribuindo para uma maior certeza do bom uso de dinheiros públicos e do cumprimento das obrigações legais, como a diretiva INSPIRE, a que o estado português está obrigado. Vários estudos deste tipo têm sido feitos recentemente ao nível mundial e ao nível nacional em alguns países (Harrie *et al.* 2011, He *et al.* 2011, Flink *et al.* 2011).

Não existindo estudos semelhantes desenvolvidos em Portugal e dado existirem já muitos serviços de geoportais em funcionamento no nosso país, torna-se importante desenvolver estudos que visem contribuir para conhecer os efeitos e benefícios dos geoportais nacionais, bem como contribuir para o seu melhoramento.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho enquadra-se num estudo de dissertação do curso de doutoramento em Engenharia Geográfica na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, que tem por objetivo: estudar, propor e desenvolver uma metodologia adequada para a avaliação dos serviços prestados pelos geoportais aos seus utilizadores. Para esse efeito foi necessário, numa primeira fase, responder às perguntas: que geoportais existem em Portugal? quais os seus promotores? quais os seus objetivos? que funcionalidades oferecem?

Não existindo em Portugal nenhuma entidade ou repositório capaz de facultar a informação necessária para responder a essas perguntas, considerou-se necessário desenvolver um trabalho de levantamento e caracterização, o mais exaustiva possível, dos geoportais em funcionamento em Portugal.

Para alcançar este objetivo optou-se por uma metodologia baseada num sítio na internet: <http://www.geoportais.com>, disponibilizando de forma livre na internet um diretório de apontadores para geoportais portugueses, com o objetivo de criar uma lista completa dos casos existentes em Portugal e incentivar os utilizadores a contribuírem para a manter atualizada e o mais completa possível.

No presente trabalho, descreve-se a metodologia adoptada, apresentam-se os resultados obtidos e algumas conclusões sobre os mesmos.

3. METODOLOGIA ADOPTADA

Para responder à pergunta: “*Que geoportais existem em Portugal?*” procurou-se identificar quais as vias seguidas pelo utilizador comum para encontrar informação geográfica na internet e assim chegar a um geoportal. A hierarquia das vias seguidas que se considerou ser a mais provável foi, em primeiro lugar o recurso a motores de busca, posteriormente a catálogos na internet e finalmente aos sítios oficiais das instituições produtoras de informação geográfica. Apresenta-se o resumo de simulação de pesquisa seguida e os resultados obtidos.

3.1. Pesquisa na Internet

3.1.1. Motores de busca

A primeira abordagem testada para pesquisar geoportais foi através do mais popular motor de busca, o Google, na qual se identificaram as palavras-chave utilizadas com maior sucesso:

“informação geográfica”, “dados geográficos”, “sig”, “geoportal”, “mapa interativo”, “mapa pdm” e “portal geográfico”.

Estas pesquisas apresentam variadíssimos resultados, dependendo das palavras-chave utilizadas. No geral esta via mostrou-se bastante eficiente na localização de geoportais, desde que se utilizem as palavras-chave indicadas. Refira-se que os resultados poderiam ser melhores, caso fosse mais consensual o uso de termos em Portugal para a descrição e designação da informação geográfica e dos geoportais.

3.1.2. Catálogos na Internet

A pesquisa através de motor de busca orienta em parte para catálogos de sítios, portais, que incluem apontadores para geoportais. Apresentam-se assim alguns destes catálogos agregadores de apontadores, como portais,

fóruns, blogs, etc. Restringindo a pesquisa para Portugal, encontraram-se os seguintes catálogos agregadores de informação, que disponibilizam informação geográfica:

- Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) ¹

O SNIG é a infraestrutura nacional de dados espaciais que inclui o seu próprio geoportal, para pesquisar, visualizar e explorar a informação geográfica sobre o território nacional, produzida pelas entidades públicas e também por privados. Faculta também um catálogo de diversas aplicações, onde foi possível encontrar alguns apontadores para geoportais de outras instituições, nas categorias de “Visualização/Exploração de IG” e em “SIG Municipais e Roteiros”. Trata-se de uma lista pouco extensa e bastante incompleta, com pouco mais de uma dezena de referências.

- Lista de fontes na Wiki da comunidade Portuguesa do Open Street Map (OSM_PT)²

Uma lista mais extensa, com mais de três dezenas de entradas (32), foi produzida pela comunidade de utilizadores portugueses do Open Street Map (OSM), um geoportal de informação geográfica livre a nível mundial. Utilizando a sua plataforma Wiki, que permite a edição livre de qualquer utilizador registado, foi criada esta lista de Fontes de informação geográfica nacional, identificando assim diversos projetos de geoportais nacionais.

- Rede Comum de Conhecimento (RCC)³

A RCC é uma plataforma colaborativa de apoio à partilha de iniciativas de modernização, inovação e simplificação administrativas da Administração Pública. O seu objetivo é divulgar práticas da Administração Central, Regional e Local e dos países de língua oficial portuguesa, disponibilizando informação relevante de projetos em áreas como a modernização e simplificação administrativa, interoperabilidade, governo inclusivo,

¹ Disponível online no endereço url (acedido em 28 de Março, 2014): http://snig.igeo.pt/Portal/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=90

² Disponível online no endereço url (acedido em 28 de Março, 2014): http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Lista_de_fontes

³ Disponível online nos endereços url (acedidos em 28 Março 2014): <http://www.rcc.gov.pt/paginas/searchresults.aspx?k=sig> e <http://www.rcc.gov.pt/paginas/searchresults.aspx?k=geoportal>

distribuição de serviços públicos, entre outros.

Efetuada uma pesquisa utilizando palavras-chave adequadas, como: sig, geoportal e geoportais, é possível identificar diversos projetos de geoportais financiados e promovidos pela Administração Pública.

Em todos estes diretórios, verificou-se uma significativa desatualização da informação onde, parte dos apontadores já não direcionam para o projeto anunciado.

3.1.3. Geoportais Municipais

Constatou-se que a grande maioria dos municípios portugueses disponibilizam ferramentas e aplicações Web do género de geoportais, através dos seus sítios oficiais. No entanto, nem todos os sítios municipais possuem essa informação e em grande parte deles a sua indicação na página principal é pouco evidente, dificilmente reconhecida e localizada em locais do sítio pouco visíveis para o utilizador comum, comprometendo logo à partida a sua utilização.

Após esta primeira tentativa de inventariar os geoportais existentes em Portugal, constata-se que não é fácil, ao utilizador potencialmente interessado, chegar ao endereço do sítio, utilizando os métodos mais populares, devida à escassa e dispersa divulgação do acesso a esses projetos.

3.2. Diretório Livre de Geoportais

Perante a situação encontrada, procurou-se ultrapassar as dificuldades criando um diretório público na internet, de modo a agregar apontadores para todos os geoportais conhecidos e permitir aos utilizadores contribuir para o completar, recorrendo ao paradigma do *crowdsourcing*.

Decidiu-se desenvolver uma iniciativa criando um sítio agregador de apontadores para projetos deste tipo, utilizando o domínio geoportais.com, lançando o desafio à comunidade de constituir um diretório livre e o mais atualizado possível de apontadores para geoportais portugueses.

3.2.1. Descrição da estrutura do sítio

A metodologia seguida foi constituir um sítio de diretório de apontado-

res que oferecesse aos interessados uma lista já significativa de geoportais e onde fosse implementada uma funcionalidade de pesquisa para facilitar a identificação do geoportal desejado. A complementar essa lista, uma funcionalidade que permitisse ao próprio utilizador sugerir e adicionar geoportais que tivesse conhecimento e não encontrasse no diretório.

- Desenho funcional

Procurou-se criar um sítio simples e de fácil utilização, direcionado em primeiro lugar para responder à necessidade do utilizador que procura apontadores para geoportais.

Assim a página inicial do sítio deveria disponibilizar e salientar a listagem de geoportais e seus apontadores e dar acesso imediato aos mecanismos de pesquisa sobre os mesmos. A Figura 1 mostra a página inicial criada, seguindo esses requisitos.

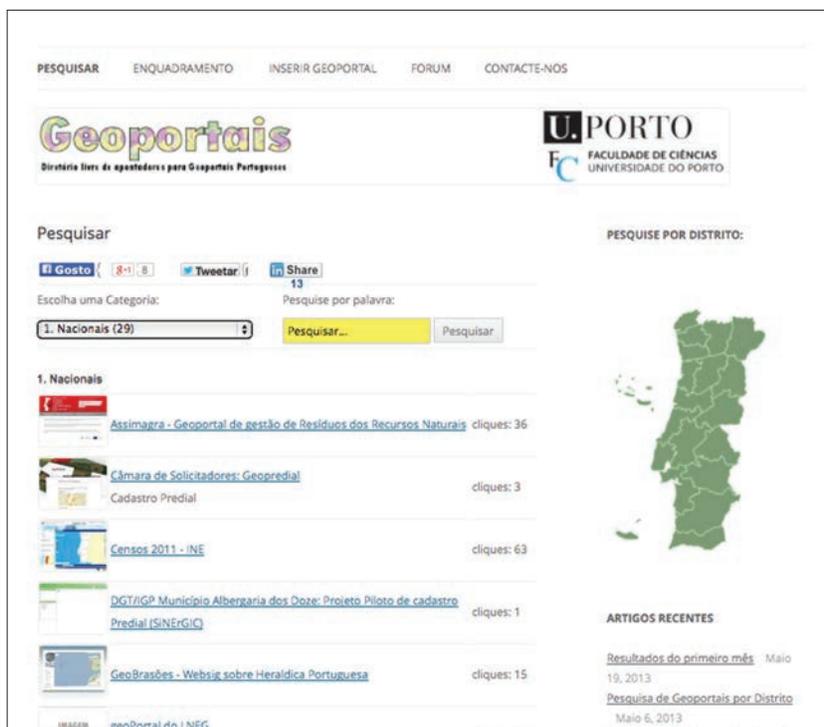


Figura 1 - Página inicial do sítio geoportais.com

Os mecanismos de pesquisa implementados foram: **a pesquisa por categoria**, relacionada com o âmbito territorial: Nacional, Regional e

Municipal; **a pesquisa por palavra**, permitindo filtrar os geoportais por palavras na sua designação e descrição; e posteriormente **a pesquisa por distrito**, permitindo filtrar os geoportais regionais e municipais por cada um dos 18 distritos de Portugal continental e das duas regiões autónomas da Madeira e dos Açores.

Em segundo lugar procurou-se destacar a ferramenta que permite ao utilizador sugerir novos apontadores e contribuir para a melhoria do diretório. Na Figura 2 apresenta-se a página com o formulário que permite a qualquer utilizador propor um novo apontador.

Figura 2 - Página de inserir novo apontador

Para além destas duas principais funcionalidades, pretendeu-se incluir também mecanismos de comunicação bilateral entre os utilizadores e administradores do diretório, e entre os próprios utilizadores. Para este efeito deveria incluir; uma página de contato, para o utilizador entrar em contato e comunicar com os administradores do sítio de forma pri-

vada; um mecanismo de notícias (*post's*) que permitisse periodicamente disponibilizar informações aos utilizadores; um fórum que permitisse a comunicação aberta e interativa entre os próprios utilizadores e também com os administradores. Na Figura 3 visualiza-se a página para envio de uma mensagem privada aos administradores.

PESQUISAR ENQUADRAMENTO INSERIR GEOPORTAL FORUM CONTACTE-NOS

Geoportais
Diretório livre de apontadores para Geoportais Portugueses

U. PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Contacte-nos

PESQUISE POR DISTRITO:

Contacte-nos diretamente, preenchendo o formulário abaixo.
A informação fornecida será tratada de forma confidencial.
Obrigado!

O seu nome (obrigatório)

O seu e-mail (obrigatório)

Assunto

A sua mensagem

Enviar

ARTIGOS RECENTES

[Resultados do primeiro mês](#) Maio 19, 2013

[Pesquisa de Geoportais por Distrito](#) Maio 6, 2013

[Adesão à iniciativa na primeira quinzena](#) Maio 3, 2013

[Geoportais.com lançado publicamen-](#)

Figura 3 - Página de mensagem de contacto)

Para além destes mecanismos, o sítio deveria também incluir uma página explicativa e descritiva do projeto, para que os utilizadores se inteirassem do seu enquadramento. Na Figura 4 apresenta-se a página com o texto de enquadramento e esclarecimento escolhido. De notar que esta não foi colocada como página inicial.



Figura 4 - Página de comunicação de enquadramento

- Solução Tecnológica

Depois de pesquisar e testar algumas das inúmeras soluções existentes para a criação de sítios para diretório de apontadores, optou-se numa fase de arranque, pela utilização do popular e livre: WordPress. Esta solução de criação de *blog's* extremamente versátil, com a reconhecida capacidade de inclusão de *plugins*, conforme se apresenta na Figura 5, mostrou-se adequada à implementação do desenho funcional descrito e capaz de permitir uma célere e fácil configuração do sítio com os referidos requisitos.

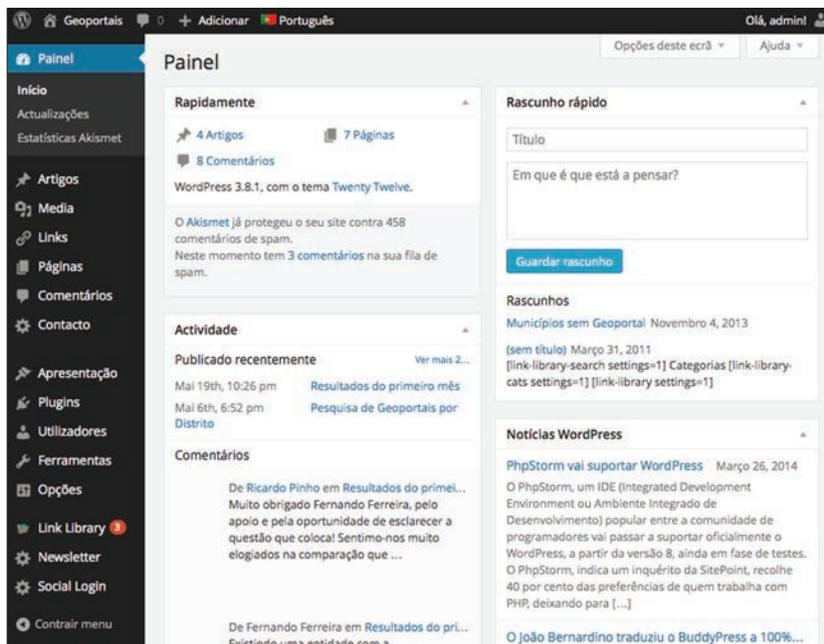


Figura 5 - Página de administração do WordPress

Para a inclusão do diretório de apontadores, instalou-se o plugin: **Link Library**, desenvolvido por Yannick Lefebvre, que implementa um conjunto de ferramentas de registos, listagem e pesquisa de apontadores (Links). Na Figura 6 é possível visualizar alguns dos plugins utilizados.

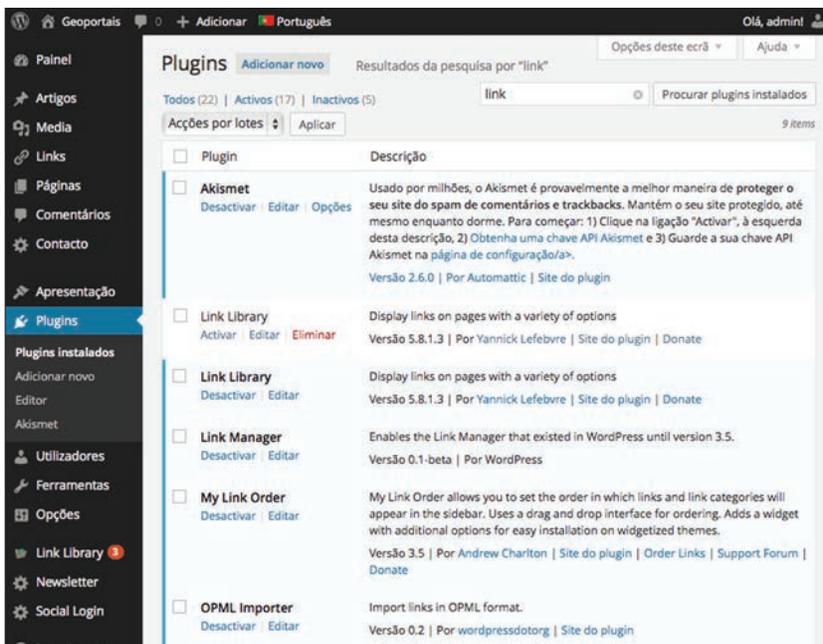


Figura 6 - Página de administração de plugins

Foram utilizados diversos outros plugin's como: o *Contact Form 7* para a ferramenta de contato, o *bbPress* para a ferramenta de fórum, o *WP Socializer* para interligação com redes sociais.

Na Figura 7 apresenta-se o desenho final do sítio visualizado no interface de desenho de página do WordPress.

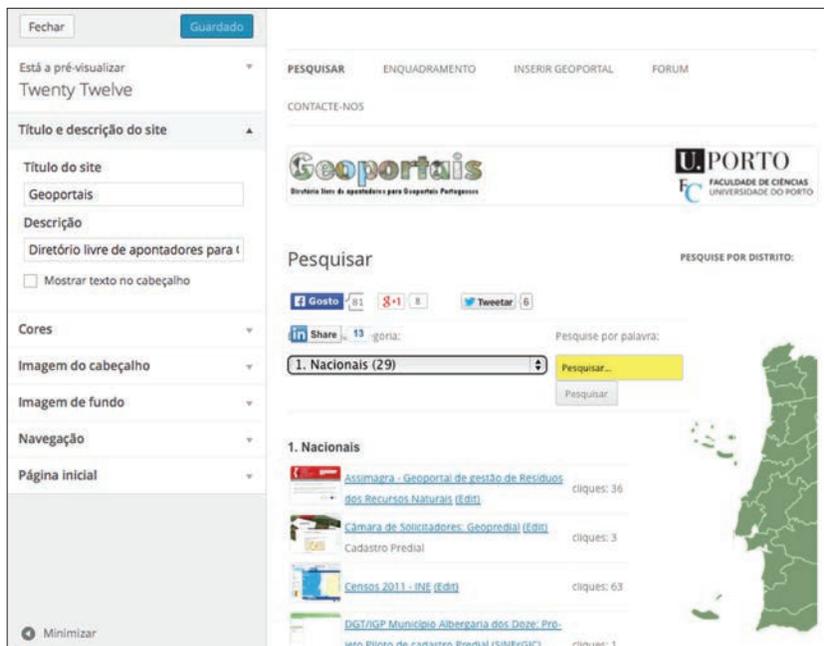


Figura 7 - Página de desenho do aspeto final do sítio

3.2.2. Processo de implementação

Após o processo de instalação, configuração, desenho e testes, o sítio foi carregado inicialmente com 118 apontadores para geoportais conhecidos, recolhidos nas pesquisas de internet descritas anteriormente.

- Campanha de divulgação

O sítio foi publicamente lançado no dia 17.Abril.2013 tendo sido divulgado em diversas listas de discussão nacionais, designadamente as que juntam utilizadores da área de Sistemas de informação geográfica, designadamente: lusogis, osgeo-pt, eng_geografos, e por contatos pessoais e em redes sociais: *Tweeter*, Facebook, Google+, etc.

- Estatísticas de acessos

O número de acessos inicial foi significativo, com 319 visitas ao sítio no primeiro dia (18, quinta-feira). No segundo dia (19, sexta-feira) manteve-se o número elevado de acessos com 256 visitas. Nos dias seguintes,

de fim-de-semana, o número de acessos baixou significativamente para uma média aproximada de 50 visitas por dia. Até ao final da primeira quinzena (1.Abril) o sítio recebeu 1131 visitas de 832 visitante únicos.

No fim da primeira quinzena, com o anúncio público da nova funcionalidade de pesquisa por distrito, assistiu-se a um novo pico de acessos com 232 visitas (no dia 7.Maiο). Logo no dia seguinte o nível de acessos voltou a descer estabilizando nas 20 visitas diárias.

Ao fim do primeiro mês o sítio recebeu 1721 visitas de 1215 visitante únicos. A Figura 8 mostra a estatística dos acessos diária, durante o primeiro mês, efectuada com a ferramenta Google Analytics.

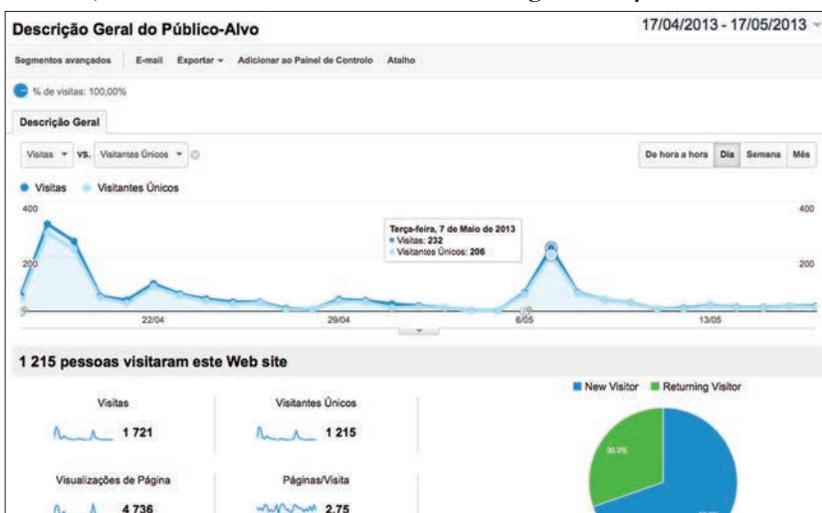


Figura 8 - Gráfico do Google Analytics com as estatísticas de acessos ao sítio no primeiro mês

Nos meses seguintes, o sítio recebeu em média entre 80 e 100 visitas mensais. A Figura 9 mostra o número de visitas mensais desde o seu lançamento, de acordo com o Google Analytics.

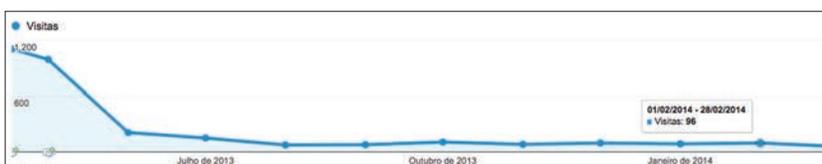


Figura 9 - Gráfico de visitas mensais desde o seu lançamento

- Contribuições

No dia de anúncio público existiam 118 apontadores para geoportais. Ao fim de uma quinzena existiam 171 apontadores, mais 53 novos apontadores oriundos do contributo dos utilizadores. No final do primeiro mês recebeu-se mais de 70 novos apontadores do contributo dos visitantes.

Em paralelo desenvolveu-se uma campanha de levantamento dos geoportais municipais com base na pesquisa em todos os sítios oficiais dos municípios. Foi assim alcançado um número total de 281 apontadores para geoportais municipais.

Durante o primeiro mês obtiveram-se 235 novos apontadores, totalizando 353 em todas as categorias.

3.2.3. Inquérito Municipal

Tendo-se constatado que grande parte dos municípios disponibilizam soluções do tipo geoportal, procurou-se verificar se no diretório se encontravam todas as soluções, uma vez que alguns dos municípios não estavam listados.

No total, foram identificados 104 municípios que não possuíam apontadores para geoportais no diretório. Desenvolveu-se um inquérito via email, dirigido ao Presidente da Câmara Municipal, para os endereços oficiais desses municípios, a pedir que confirmasse se o Município não possuía nenhuma solução do tipo geoportal.

Os emails foram enviados em duas fases (27.05.2013 e 5.07.2013), tendo apenas 40 municípios respondido aos emails, 9 ao primeiro e 31 ao segundo.

Dos que responderam, 30 confirmaram que não possuíam e 10 indicaram que possuíam, sendo estes de imediato acrescentados ao diretório.

No final do inquérito conclui-se que 214 municípios têm geoportal e 94 não têm geoportal, 30 confirmados pelo próprio e 64 não confirmados.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste contexto consideram-se como resultados os apontadores para geoportais existentes no diretório. Sobre eles é necessário ter em consi-

deração os seguintes aspetos:

O conjunto de apontadores é dinâmico e vai-se alterando ao longo do tempo. Poderão aparecer novos, outros podem deixar de funcionar ou podem alterar os apontadores url para o geoportal.

É comum existirem diversos apontadores para aplicações distintas do mesmo geoportal, ou a mesma entidade promotora disponibilizar diferentes apontadores para geoportais com fins distintos.

Os resultados apresentados devem ser vistos numa perspetiva temporal e dinâmica, procurando-se sempre manter o registo histórico da sua evolução.

4.1. Número de apontadores

É apresentada a contagem do número de apontadores existentes no diretório, procurando não salientar casos individuais.

4.1.1. Por categoria

Apresenta-se, na Figura 10, a evolução do número de apontadores por categoria ao longo do primeiro mês, comparando a sua evolução em relação ao número existente no lançamento.

Categorias	17.04.2013	01.05.2013	17.05.2013	(novos)
1. Nacionais	14	22	23	+9
2. Regionais	16	29	36	+20
3. Municipais	80	109	281	+201
4. Outros	2	3	4	+2
5. Fontes	6	8	9	+3
TOTAIS	118	171	353	+235

Figura 10 - Quadro de evolução do número de apontadores por categoria

4.1.2. Por Distrito

No final do primeiro mês, 17.Maio, foi concluída a associação dos apontadores de geoportais, de âmbito regional e municipal, aos respectivos distritos abrangentes. É apresentada, na Figura 11, a resultante distribuição geográfica por distrito do número de apontadores para geoportais identificados até essa data.

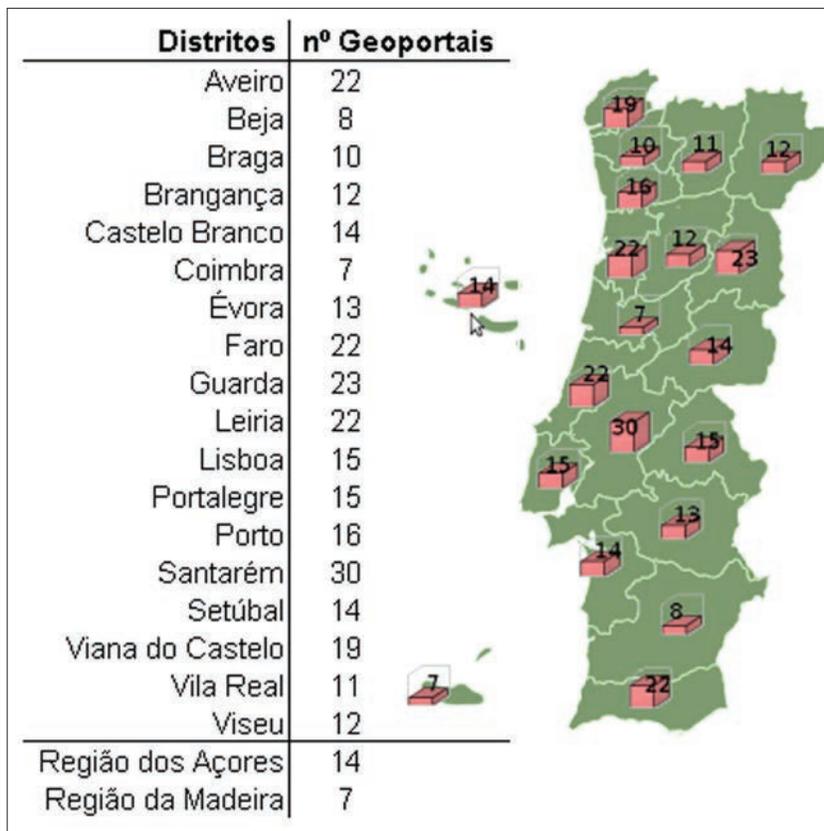


Figura 11 - Mapa de distribuição dos apontadores por Distrito

De realçar que o número de apontadores para geoportais municipais não corresponde diretamente ao número de entidades promotoras de geoportais no distrito. O número de apontadores é sempre superior, uma vez que podem existir vários apontadores para aplicações distintas e que fazem parte da mesma entidade promotora.

4.1.3. De Municípios

Tendo em consideração o resultado do inquérito, concluído no final de Outubro de 2013, verificou-se que existem 306 apontadores para geoportais municipais, correspondente a 214 municípios com geoportal. Os remanescentes 94 municípios não têm geoportal, 30 confirmados pelo próprio e 64 não confirmados. Na Figura 12 representam-se no mapa a

vermelho os municípios sem geoportal.

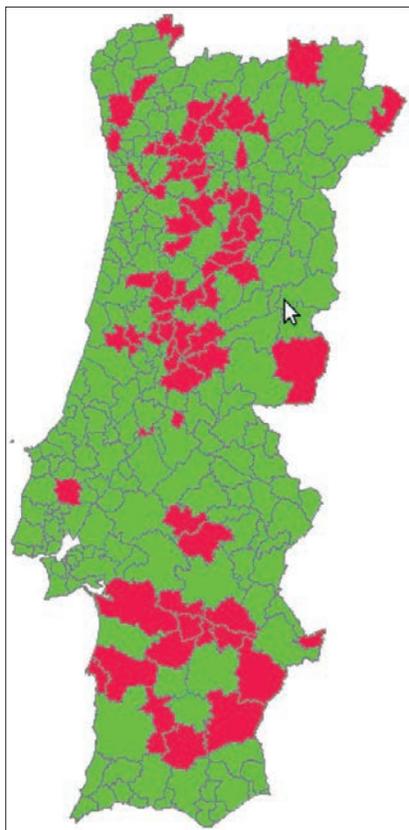


Figura 12 - Mapa de municípios sem geoportal (a vermelho)

Dos 214 municípios que têm geoportal, existem casos individuais que possuem 8, 7, 5 e 4 apontadores, 17 casos com 3 apontadores, 35 casos com 2 apontadores, mas a grande maioria, 158 casos, têm apenas um apontador.

4.2. Discussão dos Resultados

4.2.1. Número total de geoportais

Mesmo agregando os diversos apontadores de diversas aplicações do mesmo promotor, designadamente os municipais, foi possível conhecer um número surpreendentemente de geoportais em Portugal, bastante

próximo dos 300, designadamente: 214 municipais, 36 regionais e 23 nacionais. Mesmo para quem se dedica profissionalmente à área, esta realidade poderia não ser perceptível antes da existência deste diretório.

4.2.2. Geoportais municipais

A maioria das soluções de geoportais são promovidas por municípios, geralmente integrados nos seus sítios oficiais na Internet. No entanto, a visibilidade e destaque do acesso ao geoportal no seu sítio oficial raramente permite ao utilizador interessado aperceber-se da sua existência, comprometendo logo à partida a sua utilização.

Verifica-se também que alguns Municípios optaram por basear a solução de geoportal, em projetos e infraestruturas regionais, reduzindo assim custos. Embora a solução seja sempre apresentada ao utilizador como um apontador e aplicação de âmbito geográfico limitado ao concelho.

5. CONCLUSÕES

A adoção de um método interativo e participativo para levantamento dos geoportais nacionais mostrou-se eficaz e simultaneamente útil. Apesar de os contributos dos utilizadores não ter sido a maior fonte de informação, permitiu chamar a atenção para o estudo e temática, sabendo-se por comunicações recebidas, que o diretório tornou-se útil a muitos utilizadores.

Verificou-se que o sucesso e dinâmica do sítio geoportais depende muito de iniciativas de divulgação e promoção do mesmo. É possível alcançar níveis mais elevados de afluência e participação, caso se promovam periodicamente ações de divulgação e promoção do sítio.

Esperava-se uma resposta mais célere e participativa por parte dos municípios a uma pergunta simples via email de, “não tem geoportal?”. Em futuros inquéritos a desenvolver deverá ser tomada em conta esta realidade e tentar desenvolver processos alternativos de comunicação e interação com os promotores de modo a obter maior eficácia na resposta dos mesmos.

Perante a constatação de um elevado número de geoportais e o desconhecimento generalizado da sua existência, poderá chegar-se à conclusão de que os geoportais estão a ser divulgados de forma deficiente por parte dos seus promotores.

O geoportais.com vem em certa medida contribuir para colmatar esta lacuna, ao centralizar os apontadores para geoportais num único diretório, facilitando e promovendo a sua utilização por parte de possíveis interessados.

6. PRÓXIMOS PASSOS

Perante os resultados obtidos e as necessidades previstas no desenvolvimento do estudo de dissertação, prevê-se continuar a desenvolver o diretório de geoportais portugueses nas seguintes vertentes:

6.1. Melhor caracterização dos geoportais

Para facilitar a pesquisa e conhecimento prévio do geoportal por parte do utilizador, propõe-se progressivamente alargar a caracterização de cada apontador, designadamente: o tipo de serviços prestados e o tipo de informação facultada.

6.2. Incentivar os visitantes a retornar ao sítio

Para uma maior divulgação do diretório propõe-se a elaboração de relatórios periódicos, mensais ou trimestrais, com estatísticas dos geoportais existentes e destaque de novos apontadores. Para a divulgação pretende-se implementar um serviço de notícias (“*newsletter*”) que permita a distribuição desta informação através de email, tweets e posts no *Facebook* e *Google+*.

BIBLIOGRAFIA

European Commission (2007). Establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE), Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007, Brussels: European Commission.

- FLINK, H.-M., J. Oksanen, U. Pysalo, M. Rönneberg, L. Sarjakoski (2011). Usability Evaluation of a Map-Based Multi-Publishing Service. In *Advances in Cartography and GIScience (Selection from ICC2011)*, p.239-257.
- HARRIE, L., S. Mustière, H. Stigmar (2011). Cartographic quality issues of view services in geoportals. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, Vol. 46, No. 2, p. 92-100.
- HE, X., H. Persson, A. Östman (2011). Geoportal Usability Evaluation. *International Journal of Spatial Data Infrastructures*, 2011.

ARTIGO 37

INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS DE REGISTRO E CADASTRO ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

*AMORIM, Amilton¹; VICTORINO, Priscila da Silva²;
CARMO, Alisson Fernando Coelho do³ & JULIÃO, Rui Pedro⁴*

^{1,2,3} Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia; Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas; Departamento de Cartografia - Tel.: +551832295500; Rua Roberto Simonsen, 305. CEP- 19060-900 - Presidente Prudente - SP; amorim@fct.unesp.br ; priscila.svictorino@hotmail.com; alisondocarmo@gmail.com

⁴ e-GEO-FCSH/UNL; Avenida de Berna, 26-C 1069-061 Lisboa; Tel: +351 21 790 83 00; email: rpj@fch.unl.pt

RESUMO

O avanço da informática, o desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas e o surgimento de profissionais capacitados para atuar na área, revelam às prefeituras e aos serviços registrais novas possibilidades de intercâmbio de informações entre estas duas instituições. Tal fato permite uma melhor descrição da realidade legal e geométrica dos imóveis, além de possibilitar que esses dados sejam compartilhados entre outros sistemas computacionais e disponibilizados aos usuários em formato digital. Dessa forma, este trabalho consiste em investigar estratégias para a integração entre os sistemas de Cadastro e Registro de Imóveis, utilizando um Sistema de Informações Geográficas desenvolvido para este propósito, por meio de tecnologias para disponibilização de mapas interativos na Internet. Este método, ainda em desenvolvimento neste protótipo, considera a necessidade dessas áreas em adquirir informações contidas em ambos os sistemas, bem como o aperfeiçoamento da gestão administrativa na tomada de decisões. Os primeiros resultados

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_37

apontam para uma melhoria do atendimento ao usuário, agilizando o processo na solicitação de informações referentes aos imóveis.

PALAVRAS-CHAVE

SIG Cadastral, Cadastro técnico multifinalitário, Integração entre os sistemas de cadastro e registo.

INTEGRATION BETWEEN SYSTEMS CADASTRE AND REGISTRY THROUGH A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

ABSTRACT

The advancement of computer technology, the development of Geographic Information Systems and the emergence of professionals qualified to work in this area, **have shown** to county and registry services new possibilities for information exchange between these two institutions. This fact allows a better description of the legal and geometric reality of the properties, and it also enables these data to be shared between other computing systems and made available to users in digital format. So, this work consist in investigate methods of integration between the Cadastre and Registration systems using Geographic Information Systems (GIS) developed for this purpose, through the technologies for interactive maps on the Internet. This method, still under development in this prototype, considers the need for these areas to acquire information contained in both systems, the improvement of administrative management in decision making. The first results indicate an improvement of customer service, streamlining the process in the solicitation of information related to real estate.

KEYWORDS

Cadastral GIS, Multipurpose technical cadastre, Integration between systems cadastre and registry.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de ser uma atividade muito antiga, a Cartografia, que serviu como importante instrumento de navegação e registo de terras ao Homem por muitos anos, chegou a um ponto que não bastava mais ter feições do espaço objeto representadas analogicamente, mesmo tendo evoluído da rocha ao papel. As exigências começaram a ser cada vez maiores, de acordo com a apresentação de novas tecnologias que foram desenvolvidas

a partir do avanço tecnológico, principalmente, nas áreas de Eletrônica e Informática.

Com o avanço tecnológico nessas áreas, surgiu a possibilidade de se informatizar os mapeamentos (digital) e ainda acoplar dados aos mesmos, por meio de Banco de Dados (atributos), juntamente, novas demandas e anseios surgiram.

O avanço tecnológico em Cartografia, nas duas últimas décadas, foi muito forte quando comparado com o avanço no último século. Logo após o surgimento dos sistemas computacionais de desenho, os chamados CAD (*Computer Aided Design*), surgiram os Bancos de Dados Geográficos (BDG) com aplicações, até então, apenas sonhadas por pesquisadores.

Quando se fala em Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), não se pode deixar de falar em Cartografia, que é base de sua construção e modelagem, e muito menos na inovação tecnológica quem vem viabilizando a execução de trabalhos inovadores nesta área.

Por outro lado, o mesmo avanço tecnológico que tem viabilizado projetos nesta área, principalmente pelo desenvolvimento de instrumentos inovadores e redução de custos, também tem provocado uma grande preocupação com o uso indiscriminado de instrumentos inadequados para a implantação de sistemas cadastrais, em razão da facilidade de acesso que se tem a produtos cartográficos de baixo custo ou até gratuitos.

O Sistema Registral da Propriedade visa dar publicidade, autenticidade e segurança aos atos jurídicos, portanto pode-se dizer que o Registro de Imóveis não registra o imóvel propriamente dito, mas sim os direitos relativos a eles. O direito de propriedade é abstrato, não sendo palpável, ou seja, não é o imóvel, e sim o “direito” que uma ou mais pessoas detém sobre o bem cadastrado e adequadamente descrito (RAMBO, 2011).

Uma das principais tendências mundiais que vem sendo observada, além da utilização de informações cadastrais para múltiplas finalidades, é a utilização dessas para resolver problemas de descrição dos imóveis, fortalecendo um dos princípios registrais (especialidade), que tem por objetivo a descrição inequívoca dos imóveis para individualizar os registros. No entanto, sabe-se que essa descrição, que sempre ficou a cargo

do próprio sistema de registo de imóveis, nem sempre consegue se apresentar como “inequívoca”.

Acredita-se que se possa contribuir significativamente para a minimização desses problemas, utilizando o Cadastro Territorial Multifinalitário como um sistema de disponibilização de informações que podem ser utilizadas diretamente pelo sistema de registo de imóveis.

Pretende-se assim mostrar alguns resultados, obtidos até o momento, no sentido de se propor um método para a interconexão do sistema cadastral de uma cidade de pequeno porte com o sistema de registo de imóveis, utilizando ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG), implementado a partir de dados cadastrais dos imóveis que, até então, são utilizados apenas para fins tributários.

Para que seja viável a interconexão do Cadastro com o Registo de Imóveis serão necessárias algumas adaptações no atual sistema cadastral, principalmente no que diz respeito ao rol de informações disponíveis e sua compatibilização com as necessidades do sistema de registo de imóveis.

Acredita-se que, com a utilização do Sistema de Informações Geográficas desenvolvido a partir de dados cadastrais, os procedimentos de registo serão melhorados, principalmente pelo fato do atendimento ao princípio registral da especialidade ser simplificado.

Neste contexto, este trabalho visa investigar os aspectos envolvidos na modelagem e desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas que auxilie na integração entre as informações dos sistemas de Cadastro Territorial Multifinalitário e Registo de imóveis de um município. Dessa forma, objetiva-se que a implementação dos mapas interativos e dinâmicos, disponibilizados na Internet possa auxiliar o acesso dos usuários a estas informações de forma simples e intuitiva.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

2.1. Interconexão entre o Cadastro Territorial Multifinalitário e Registo de Imóveis

O Cadastro Territorial Multifinalitário e o Registro de Imóveis são instituições diferentes com objetivos distintos, porém ambos possuem dados e informações referentes ao mesmo objeto, que é o imóvel. O registro de imóveis exerce o controle sobre informações a respeito do proprietário do imóvel e a forma de aquisição do mesmo, enquanto o Cadastro realiza, entre outras funções, a atividade de definir a localização geográfica da parcela territorial e seu respectivo valor venal.

Segundo Jacomino (2000 apud CARNEIRO, 2003) “a Lei de Registros Públicos estabelece que os imóveis matriculados devem estar especializados, ou seja, perfeitamente descritos e caracterizados, com todas as minudências que permitam individuá-los e estremá-los de quaisquer outros”.

Assim, para garantir o princípio registral da especialidade é necessário, de acordo com Carneiro (2003), que “o Cadastro forneça ao Registro de imóveis os dados descritivos e gráficos dos imóveis, especialmente medidas lineares, superficiais e limites, como também os dados que os individualizem dentro dos mapas oficiais. Porém, é preciso que o Registro Imobiliário, por sua vez, forneça ao Cadastro as modificações das titularidades de domínio dos imóveis, derivadas de atos de disposição por vontade do titular”.

O processo de intercâmbio de informações, entre essas duas entidades, deve ser cuidadosamente elaborado para que seja assegurada a unicidade de cada propriedade e evite a superposição de áreas. A tarefa da determinação da localização geográfica da parcela territorial contribui para que esta seja descrita com todos os seus limites e confrontações, considerando o princípio da especialidade. Para tanto, é importante que as bases e dados cartográficos estejam georreferenciados, ou seja, referenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro.

Atualmente, existem softwares que viabilizam o desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas voltados à Web, muitos gratuitos e de código aberto (Software Livre). Tais tecnologias podem ser utilizadas na criação de mapas dinâmicos, por meio de consultas espaciais baseadas nas necessidades do usuário. Esta forma avançada de difusão e interligação de dados é um importante recurso que pode facilitar o acesso às informações relacionadas ao cadastro imobiliário urbano municipal e

contribuir com o processo de modernização da gestão pública.

Mesmo com o frequente desenvolvimento e avanço dos recursos tecnológicos, muitos órgãos públicos tem dificuldades para promover a integração das informações que pertencem a um mesmo contexto, mas com origens e finalidades diferentes, como é o caso das informações provenientes do Cadastro Territorial Multifinalitário e o Registro de Imóveis. É comum encontrar duplicidades e ambiguidade das informações em razão da individualização dos métodos de manipulação, muitas vezes manuais, ou seja, não informatizados.

2.2. Sistema de Informação Territorial - SIT

Comumente confundido com um simples Sistema de Informações Geográficas, o SIT possui características que o diferenciam de um SIG, principalmente pelo fato de ser um sistema baseado em parcelas, que registra direitos, restrições e responsabilidades, podendo ser desenvolvido para múltiplas finalidades, utilizando dados do Cadastro Territorial Multifinalitário, tornando-se um importante instrumento de apoio ao planeamento (AMORIM & YAMASHITA, 2008; FIG, 2010).

Um SIG pode ser implementado como um sistema para captura, armazenamento, verificação, integração, análise e apresentação de dados sobre a Terra, espacialmente referenciados. Obrigatoriamente, inclui um banco de dados georreferenciados e outros softwares apropriados. Um SIT é um sistema de aquisição, processamento, armazenamento e distribuição de informações sobre a terra. Assim pode-se entender que um SIG pode ser utilizado como ferramenta para implementação de um SIT (SASS & AMORIM, 2013; WILLIAMSON *et al.*, 2010).

De acordo com os Artigos 4º e 5º, da Portaria MC - 511/2009, o SIT é formado pelos dados do CTM relacionados ao Registro de Imóveis e acrescentados os dados dos cadastros temáticos (BRASIL, 2009).

De acordo com SASS & AMORIM (2013), essas definições nos levam a entender que um Cadastro Territorial Multifinalitário informatizado dá origem ao SIT, composto de hardware, software, pessoas, dados e infraestrutura de rede, com o objetivo de gerenciar o CTM, e possivelmente o

Registo de Imóveis, além de disponibilizar dados alfanuméricos e gráficos para apoiar a gestão territorial.

Tão importante quanto a implementação deve-se considerar os processos de atualização, processamento e distribuição dos dados espaciais para o apoio à tomada de decisão (LARSSON, 1996; SASS & AMORIM, 2013).

Considerando a disponibilização de dados e informações, um SIT deve ser projetado para prever formas de fornecimento de dados como produtos que, inclusive possam ser comercializados (como mapas e documentos descritivos), ou em forma de serviços especificamente solicitados. Sendo assim, espera-se que um SIT possa fornecer atributos, que podem ser apresentados de forma textual ou numérica e dados espaciais, que podem ser apresentados em mapas (DALE & MCLAUGHLIN, 1990).

2.3. Sistema Gerenciador de Banco de Dados - SGBD

Um banco de dados consiste em um conjunto de dados inter-relacionados e organizados de forma que seus dados possam ser facilmente manipulados. Esta é a maneira mais viável de armazenar uma grande quantidade de dados, como por exemplo, os dados cadastrais de um município (DALAQUA *et al.*, 2004).

Segundo Date (2000), o SGBD é a ferramenta que conecta o usuário ao banco de dados, ou seja, todas as intervenções feitas pelo usuário ao banco de dados são feitas por meio do SGBD. Tais intervenções podem ser descritas como, acrescentar e remover arquivos ou tabelas, e também buscar e atualizar dados. Dentre os SGBDs atuais mais popularmente utilizados, temos o PostgreSQL.

O PostgreSQL, utilizado neste trabalho, é um SGBD objeto-relacional de código aberto, robusto, confiável e flexível. É considerado objeto-relacional por implementar, além das características de um SGBD relacional, algumas características de orientação a objetos, como herança e tipos personalizados. O PostgreSQL possui recursos como: consultas complexas, chaves estrangeiras, integridade transacional, controle de concorrência multi-versão, suporte ao modelo híbrido objeto-relacional, entre outros (POSTGRESQLBR, 2014).

A linguagem SQL é uma linguagem de definição e manipulação de dados, isto é, com a referida linguagem podemos definir e construir tabelas/entidades, e também manipular diversas relações para a obtenção dos resultados desejados (MALAMAN & AMORIM, 2010).

2.4. Servidor de mapas Web Services

Os servidores de mapas permitem aos usuários a interação com a informação espacial, possibilitando o acesso às informações no formato original, e conseqüentemente, consultas em diferentes níveis de complexidades (PARMA, 2006).

Segundo Miranda (2003) para possibilitar a publicação de mapas pela *Web*, alguns aspectos devem ser analisados, pois algumas funções básicas de SIG, como mudanças de escala, navegação, consulta ao banco de dados, interação com o mapa, entre outras, precisam ser implementadas.

O *MapServer*, utilizado neste trabalho, pode ser descrito como um conjunto de recursos e ferramentas de código aberto (*Open Source*) que permite o desenvolvimento de aplicações geográficas em ambientes de Internet e Intranet. Ele foi desenvolvido com a utilização de outros projetos de *software* livre sob patrocínio da NASA (EUA) a partir de 1996. Sua plataforma de operação compreende aos sistemas *Unix-like* e *Windows*. Este sistema é o servidor de mapas de código aberto mais popular na área das geotecnologias e tem seu uso bastante difundido ao redor do mundo (MIRANDA, 2002).

MapServer é um Web service que pode ser implementado como um sistema individual CGI (Common Gateway Interface) ou como módulo interno de linguagens de programação, como PHP, a partir da utilização da biblioteca MapScript, sendo possível assim, utilizar seus recursos dentro do contexto de execução do ambiente de programação.

Este sistema, oferece recursos para a construção e disponibilização de mapas a partir de consultas em diferentes tipos de bases de dados, como um SGBD - dados armazenados em um banco de dados controlados por SGBD - ou Shapefile - dados armazenados em um arquivo com definições geoespaciais.

As consultas e definição dos mapas são direcionadas a partir de um arquivo declarativo nomeado de mapfile. O mapfile armazena informações para a construção das camadas de representação do mapa e pode ser construído dinamicamente, a partir de uma linguagem de programação como o PHP.

2.5. XML (eXtensible Markup Language)

A crescente utilização de Web services, e conseqüente integração de diferentes tecnologias, exige a definição de um padrão de comunicação a ser respeitado, independente da tecnologia utilizada. Este é o propósito do XML: oferecer uma estrutura padronizada para a representação de qualquer conteúdo, para favorecer a integração de sistemas.

O XML é uma linguagem de marcação de texto que pode ser utilizada para descrever diversos tipos de dados, de forma hierárquica, com o objetivo de facilitar a distribuição de dados, principalmente pela Internet. XML é independente de plataforma, tanto de hardware como de software, permitindo que aplicações distintas sejam capazes de manipular o mesmo conjunto de dados definidos em um arquivo XML por meio de operações de leitura e escrita do arquivo.

Esta também é uma linguagem utilizada como base para outras linguagens, ressaltando sua flexibilidade e capacidade de extensão, como por exemplo, o XHTML (formato para páginas Web), o MathML (formato para expressões matemáticas), SVG (formato para gráficos vetoriais), GML (formato para dados geográficos), entre outros (OGC, 2011).

2.6. Integração de Tecnologias de Desenvolvimento WEB

A utilização de serviços e ferramentas voltadas para o desenvolvimento de mapas digitais na Web tem crescido ao longo dos tempos. Existem diversas ferramentas disponíveis para a construção e disponibilização de mapas no ambiente Web, como aquelas abordadas por Schmidt e Weiser (2012), os quais apresentam uma evolução histórica dos serviços de Web Mapping (disponibilização e acesso de mapas no ambiente Web) e concluem afirmando sobre a forte tendência de transformação dos mapas,

a priori construídos de forma estática, para sua concepção dinâmica, referente tanto à elaboração colaborativa dos mapas quanto ao consumo do conteúdo inseridos no mapa.

A quantidade crescente de serviços de Web Mapping disponíveis pode ser conferida à constante evolução e disponibilização de ferramentas que permitem a manipulação destes objetos, como bancos de dados espaciais, servidores e gerados de mapas, visualizadores, entre outros. No entanto, para permitir a integração entre os diferentes componentes que viabilizam a construção do contexto de um SIG ou SIT, é necessária a utilização de mecanismos capazes de estabelecer a comunicação entre os mesmos, papel este, desempenhado por linguagens de programação que efetuam a ligação entre os componentes.

Basicamente, assim como as camadas de apresentação, aplicação e de dados que definem a arquitetura genérica proposta por Luaces *et al.* (2004) para a construção de um SIG, o fluxo de execução de sistemas destas categorias é geralmente baseado na utilização de um visualizador que exhibe um mapa construído dinamicamente por meio de processamento e consulta à uma base de dados espacial. Como o foco de um SIG ou SIT é o contexto Web, a construção da interface de visualização deve ser baseada em tecnologias que possam favorecer sua disponibilização e execução em um navegador de Internet.

Uma das abordagens, e a que foi utilizada neste projeto, consiste na construção da interface de visualização utilizando a linguagem de marcação HTML (linguagem para construção de páginas Web) integrada com a capacidade de interação oferecida pela linguagem de scripts Javascript que pode realizar requisições assíncronas de dados, por meio de AJAX, para a camada de processamento desenvolvida em PHP. PHP é uma linguagem de programação robusta voltada, principalmente, para o desenvolvimento de sistemas e aplicativos Web. Sua principal característica reside no fato de ser executada no ambiente do servidor Web (Server-side), oferecendo o cenário ideal para a construção de Web services, ou seja, sistemas que oferecem serviços de processamento, disponíveis a outras aplicações através da Web.

Uma vez que a camada de processamento recebe uma requisição, esta efetua o tratamento dos dados e realiza a consulta a um banco de dados espacial, como o PostgreSQL com a extensão PostGIS, para que no final do ciclo, as informações retornadas do banco de dados possam ser representadas em um mapa construído dinamicamente por um servidor ou gerador de mapas, como o MapServer.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o levantamento cadastral de 2010, executado por Malaman e Amorim (2010) no município de Ribeirão dos índios - SP.

Os dados cadastrais se referem às características físicas e geométricas dos imóveis, relacionadas com os atributos dos respectivos proprietários. Dessa forma, pôde-se desenvolver os aplicativos a partir dos dados reais, que podem ser utilizados para as duas finalidades de interesse deste trabalho (Cadastro e Registro), uma vez que o Banco de Dados Cadastrais contempla a maioria dos dados necessários para o referido desenvolvimento.

3.1. Desenvolvimento

3.1.1. Modelagem do banco de dados

A primeira etapa para a concepção de um sistema é o planejamento da modelagem dos dados de entrada. Especificamente neste trabalho, existem dois principais aspectos envolvidos relacionados ao armazenamento dos dados: modelagem das informações relacionadas ao Sistema de Cadastro Imobiliário e modelagem das informações referentes ao Sistema de Registro de Imóveis. As relações entre todos esses aspectos necessitam ser mantidas e vinculadas com o tempo em que ocorrem.

Partindo desse princípio, a modelagem do Cadastro e Registro é alcançada através da definição de duas entidades separadas, mas dependentes e correlacionadas, com suas informações específicas representadas por

propriedade e proprietário, respectivamente.

A entidade “propriedade” contém informações relativas às características da parcela, incluindo as informações geográficas/geométricas. No entanto, para manter a compatibilidade com a base de dados utilizada a ser aproveitada, optou-se por manter estas características geométricas em uma entidade separada, denominada “lote”, que se refere a cada parcela.

Na Figura 1 pode ser observado o Modelo de Entidade e Relacionamento que define a modelagem do banco de dados. Vale ressaltar a utilização do campo “ssqqlff” como identificador das entidades e relacionamentos referentes ao lote e propriedade.

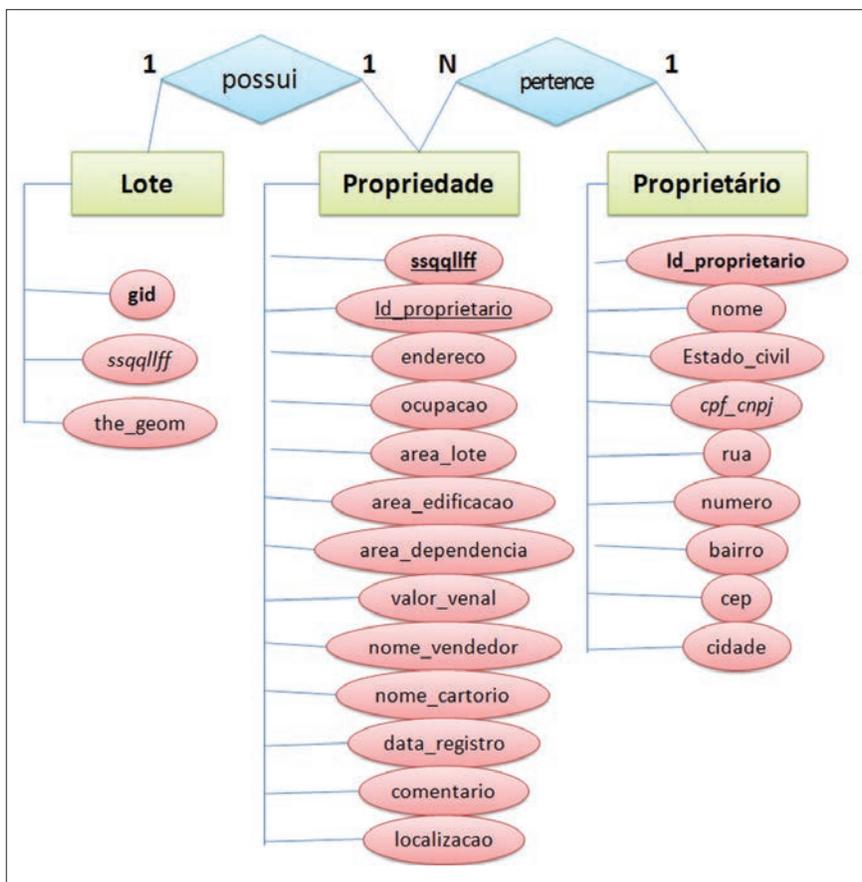


Figura 1 - Relacionamento entre as entidades

3.1.2. Elaboração do banco de dados

Além da entidade “Lote” que contém as geometrias e identidades de todos os imóveis do município definiram-se outras tabelas com seus respectivos atributos, os quais podem incorporar informações referentes ao Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis.

Foram adicionadas ao banco de dados de Ribeirão dos Índios duas novas tabelas denominadas “Proprietário” e “Propriedade”. A primeira se refere aos dados relacionados à descrição do proprietário do imóvel como nome do proprietário, endereço, CPF/CNPJ, estado civil, entre outras informações. A segunda diz respeito às características da parcela que a identifica, tornando-a única e inconfundível. Esta tabela contém dados como o identificador da parcela, endereço, data de registro, nome do antigo proprietário, dimensão da testada, profundidade, área da parcela, área da edificação, valor venal e a descrição geométrica da parcela, que inclui as coordenadas de seus respectivos limites.

É importante ressaltar que as informações que não foram obtidas pelo levantamento cadastral e que são de interesse dos sistemas de Cadastro e Registro, foram simuladas no banco de dados para enriquecer o resultado da análise e permitir testes mais condizentes com o contexto real da aplicação.

3.1.3. Definição da Arquitetura

Após a modelagem inicial do banco de dados, é necessário um estudo sobre os recursos a serem implementados no sistema, para que seja possível definir seus componentes e responsabilidades específicas.

Um dos recursos essenciais para este tipo de sistema é a capacidade de criação de filtros dinâmicos, configurados de acordo com a necessidade do usuário. Esses filtros são diretamente relacionados com a modelagem do banco de dados, pois, caso não seja possível a utilização e consumo de determinado dado armazenado, este dado armazenado passa a ser inútil.

Como os dados que compõem a modelagem do banco de dados podem variar de acordo com o contexto de aplicação, principalmente os dados dos proprietários e parcelas, que podem agregar dados censitários adi-

cionais, é necessário que os filtros possam se adaptar de acordo com a modelagem utilizada, sem a necessidade de reimplementação ou geração de novos códigos do sistema.

Para isso, adotou-se uma representação em formato XML, para definir as entidades e seus respectivos campos que integram o banco de dados, ressaltando a importância da utilização da estrutura XML para permitir a integração do sistema em outros contextos. Todos os parâmetros de acesso e manipulação do banco de dados devem ser descritos no arquivo de configuração XML, como nome do banco, dados da conexão com o banco de dados e modelagem das entidades a serem consideradas.

Uma vez que a representação da modelagem é realizada em um formato conhecido, os filtros de seleção dos dados podem ser construídos dinamicamente a partir da leitura deste arquivo XML e carregados através de processamento assíncrono com JavaScript/AJAX para obtenção dos valores correspondentes.

A integração de diferentes tecnologias facilita a criação de componentes específicos responsáveis por exercer tarefas únicas no sistema. A chamada modularização do sistema é uma estratégia que agrega muitos benefícios ao processo de desenvolvimento, principalmente à fase de manutenção e atualização posterior. Neste sentido, foi adotada uma arquitetura modular, na qual cada componente é responsável por desempenhar sua funcionalidade específica e se comunicar com as camadas adjacentes.

Na Figura 2 é apresentado um diagrama que corresponde ao fluxo de interação dos módulos implementados, com diferentes tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados deste trabalho têm-se um protótipo de SIG Cadastral, desenvolvido como um sistema Web, no qual o usuário pode analisar um determinado conjunto de dados e realizar diversas consultas de interesse tanto para os sistemas de Registro de Imóveis quanto para o Cadastro Imobiliário Urbano.

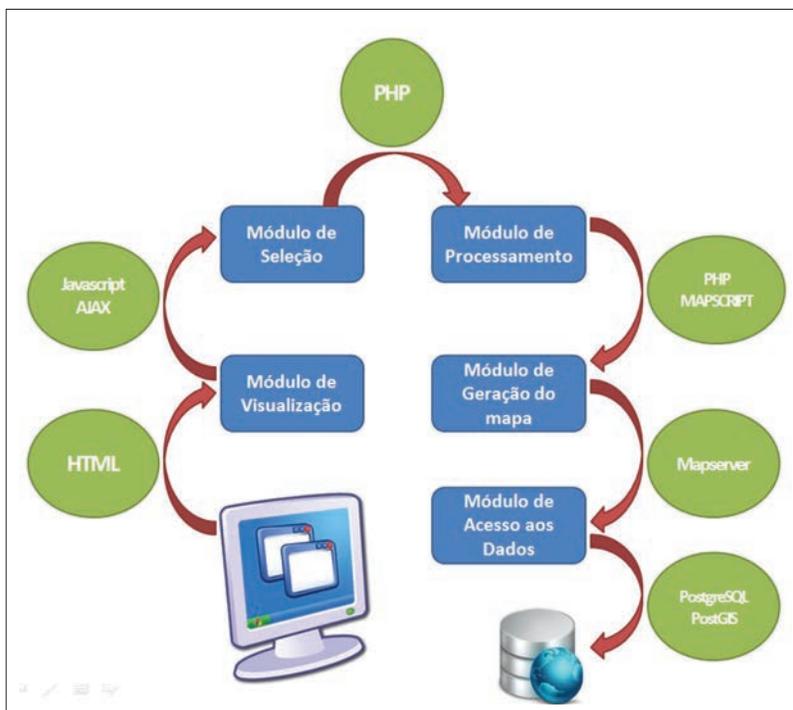


Figura 2 - Arquitetura definida para o sistema desenvolvido

O usuário tem a possibilidade de visualizar a localização de cada imóvel matriculado juntamente com suas informações cadastrais (Figura 3), verificar todos os imóveis confrontantes e ter conhecimento de quais e quantos são os imóveis registrados dentro de um setor fiscal, bem como os imóveis pertencentes a um determinado proprietário (Figura 4). Além das consultas apresentadas, pode-se buscar informações relativas a valores venais, atualizações de logradouros, bem como a verificação dos atos de desmembramentos, remembramentos e mudanças de proprietários.

Para que o cadastro seja autêntico e reflita a realidade de um município é importante que não haja exclusão de informações, com exceções das situações de retificações, e sim atualizações no banco de dados baseadas na inserção de novos registros. Sendo assim, num caso em que uma parcela seja desmembrada em outras duas, as informações do antigo imóvel serão armazenadas no banco de dados e duas novas parcelas serão criadas com referência à primeira, ou seja, a primeira deixa de existir, mas continua arquivada.

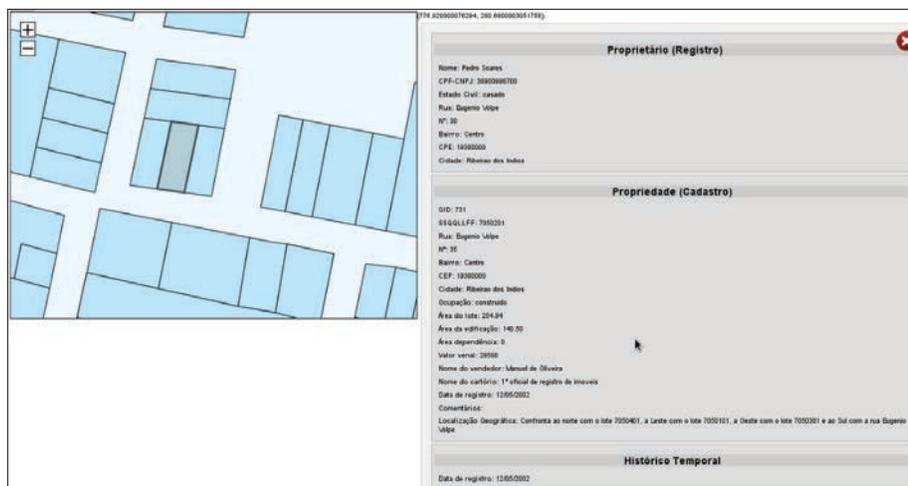


Figura 3 - Visualização das características de uma determinada parcela

Um dado importante que permite discriminar uma parcela da outra evitando a superposição de imóveis, é a sua localização geográfica por meio das coordenadas georreferenciadas que definem os limites de cada parcela. O sistema desenvolvido neste trabalho possibilita também que o usuário localize uma propriedade pelas suas respectivas coordenadas.

Existe um importante recurso que pode ser implementado em projetos futuros que é a relação do espaço temporal das informações referentes aos proprietários e parcelas e a visualização dessas no sistema. É necessário que, a partir de um novo registro, apenas as novas informações sejam visualizadas, porém as antigas devem continuar armazenadas no banco de dados, fazendo o mesmo papel dos antigos arquivos.

5. CONCLUSÕES

Apesar do presente trabalho ainda estar em fase de desenvolvimento, com resultados preliminares, pode se concluir que os Sistemas de Informações Geográficas são instrumentos fundamentais que podem auxiliar na integração de dados pertencentes aos sistemas cadastrais e registrais, levando em consideração que os SIG permitem o armazenamento, manipulação, análise de informações geográficas e possibilitam a visualização destas através da criação de mapas temáticos.

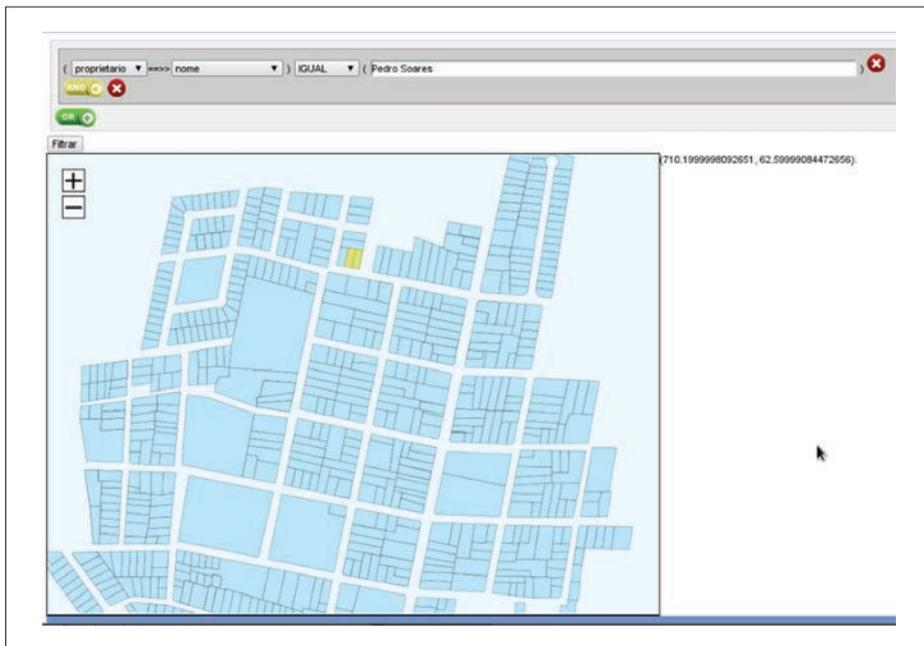


Figura 4 - Busca por parcelas pertencentes a um determinado proprietário

Além dos órgãos de Cadastro e Registro de Imóveis é importante também que a população tenha acesso a algumas informações a respeito de suas respectivas parcelas, uma vez que, o SIG Cadastral desenvolvido como um sistema Web, além de disponibilizar informações com mais agilidade e menor custo, é um sistema de fácil acesso para o usuário.

São diversas as consultas que um sistema de intercâmbio de informações entre os Sistemas de Cadastro e Registro permite. Para isso, é necessário que as informações estejam sempre atualizadas e que os dados sejam confiáveis. Respeitando essas premissas e fazendo uso das tecnologias e estratégias de implementações corretas, a disponibilização, análise e exploração das informações pode ser realizada de maneira célere e transparente, mas, sobretudo, permitido maior segurança jurídica ao processo.

Quanto a manutenção do sistema e atualização dos dados, pouco ainda se tem a concluir, uma vez que será necessário o acompanhamento do funcionamento do sistema proposto, que dependerá do próprio usuário.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado à um dos autores e pelo apoio financeiro que permitiu a apresentação deste artigo no evento.

BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, Amilton *et al.* (2008) - Cadastro técnico multifinalitário via internet: um importante instrumento de apoio ao planeamento municipal. Revista Brasileira de Cartografia, v 60/2, p. 119-125.
- BRASIL. Portaria N° 511, de 8 de dezembro de 2009. Portaria do Ministério das Cidades: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros, p. 75.
- CARNEIRO, Andréa. Flávia (2003) - Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis. Instituto de registo imobiliário do Brasil. Porto Alegre.
- DALE, Peter. F. & MCLAUGHLIN, John. D. (1990) - Land information management: an introduction with special reference to cadastral problems in third world countries. Reprinted (with correction). Oxford. Oxford University Press, p. 10-15.
- DATE, Christopher. J. (2000) - Introdução aos Sistemas de Bancos de Dados. Rio de Janeiro, Editora Campus.
- FIG - Federação Internacional dos Geômetras (2010). Comissão 7. Statement on the cadastre. Disponível online no endereço url: https://www.fig.net/commission7/reports/cadastre/statement_on_cadastre.html. (acesso em 9 de março, 2013).
- FILHO, Jugurta. Lisboa (1995) - Introdução ao SIG - Sistemas de Informações Geográficas. Curso de Pós Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do rio Grande do Sul - UFRS. Porto Alegre, RS. Disponível online no endereço url: <http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/ti.pdf>. (Acesso em 10 de Fevereiro, 2014)
- GONÇALVES, Rômulo. Parma (2008) - Modelagem conceitual de banco de dados geográfico para Cadastro Técnico Multifinalitário em municípios de pequeno e médio porte. Viçosa - MG, Brasil. Disponível online no endereço url: http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1446. (acesso em 9 de Fevereiro, 2014).
- JACOSKI, Claudio. Alcides *et al.* (2006) - Projeto de Cadastro Técnico Multifinalitário para aplicação no Projeto SIG Chapecó. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis - SC, Brasil.

- KINBERGER, Michaela & PUCHER, Alexander (2005) - Open Source GIS als Alternative im Desktop-Bereich - Evaluation freier Software im Bereich Geoinformation. In: CORP 2005. Wien, Österreich.
- LARSSON, Gerhard. Land registration and cadastral systems. Reprinted. England, UK, Longman Group, 1996 p. 19-22.
- LUACES, Miguel Rodriguez *et al.* (2004) - A generic framework for GIS applications. In Proceedings of the 4th international conference on Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS'04). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 94-109. Disponível online no endereço http://dx.doi.org/10.1007/11427865_8 (acesso em 26 de Fevereiro, 2014)
- MALAMAN, Carolina. Scherrer & AMORIM, Amilton (2010) - Utilização do software gvSig no Cadastro Técnico Multifinalitário do município de Ribeirão dos Índios - SP. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC. p. 1-10.
- MIRANDA, José. Iguelmar (2002) - Diretivas para disponibilizar mapas na Internet. Campinas: Embrapa. Série documentos.
- MIRANDA, José. Iguelmar & SOUZA, Kleber. Xavier. Sampaio (2003) - Como publicar mapas na Web. In: Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, 2003, Belo Horizonte: INPE. p. 349-355.
- NASCIMENTO, Jairon. Alcir. Santos. do & MAURO, Cláudio. Antônio. de (2006) - A sustentabilidade ambiental urbana a partir de uma perspectiva espacial: o caso das cidades da Amazônia brasileira. Mercator - Revista de Geografia da UFC. Numero 09.
- OGC, Open Geospatial Consortium. Disponível online no endereço url: <http://www.opengeospatial.org/>. (acesso em 15 de Fevereiro, 2014).
- PARMA, Gabriel. Cremona (2006) - Mapas Cadastrais na Internet: Servidores de mapas. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis. *Anais*.
- PHILIPS, Jürgen (1996) - Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários. In: Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2. Florianópolis. *Anais*. p. 170 -183.
- PIEROZZI, Ivo. Jr *et al.* (2006) - Geotecnologias e geoinformação para a gestão territorial municipal. *Infogeo*. Curitiba, PR. n.41. p.23-24.
- POSTGRESQLBR: PostgreSQL. Brasil. Disponível online no endereço url: <http://www.postgresql.org.br/>. (acesso em 09 Fevereiro, 2014).
- SCHMIDT, Manuela & WEISER, Paul (2012) - Web Mapping Services: Development and Trends. In: Michael Peterson (Ed.). *Online Maps with APIs and WebServices*. Springer Berlin Heidelberg, 2012, 13-21. Disponível online no endereço http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-27485-5_2 (acesso em 26 de Fevereiro, 2014)

- QUEIROZ, Juliano (2007) - SGBD: O que é? Disponível online no endereço url: <http://espacoinfo.net/o-que-e-sgbd-bd-ii/>. (acesso em 09 de Abril, 2013).
- RAMBO, Jacir. Antonio (2011) - Contribuição jurídica para a retificação administrativa georreferenciada de Imóvel Urbano nos Registros de Imóveis brasileiros. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. UFSC. Florianópolis - SC.
- SASS, Glaucia. Gabriel & Amorim Amilton (2013) - Análise temporal a partir do Cadastro Territorial Multifinalitário. Revista Brasileira de Cartografia. No 65/2: 383-291. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. ISSN: 1808-0936
- WILLIANSO, Ian et. al. (2010) - Land Administration for Sustainable Development. 1st ed. Redlands - California, Esri Press. p. 1-20.

ARTIGO 38

GEOGESTÃO APLICADA AO ESPAÇO UNIVERSITÁRIO: CARACTERÍSTICAS DO ESPAÇO ARQUITETÔNICO FACILITADORAS DO APRENDIZADO

CHOAS, Mona Lisa Lobo de Souza¹ & BEZERRA, Maria do Carmo de Lima.²

¹ Centro de Pesquisa em Arquitetura da Informação - Faculdade de Ciência da Informação da Universidade de Brasília (Brasil) Centro de Pesquisa em Arquitetura da Informação, Faculdade de Ciência da Informação Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto Central de Ciências - ICC, Bl. B Subsolo Centro, Asa Norte, Brasília, Brasil Tel: +55 61 31076318; e-mail: arqmona05@gmail.com

² Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto Central de Ciências - ICC, Bl. B Subsolo Centro, Asa Norte, Brasília, Brasil Tel: +55 61 32570406; e-mail: macarmo@unb.br

RESUMO

O artigo aborda características do espaço arquitetônico facilitadoras do aprendizado em instituições de nível superior e seu armazenamento em sistema de informações para gerenciamento nas universidades, apoiando a requalificação de espaços e sua alocação, no que se refere à distribuição dos espaços entre as diferentes unidades acadêmicas. Como base conceitual, utiliza-se do conhecimento sobre a qualidade arquitetônica do espaço e sua capacidade de transmitir sensações a seus usuários: a Psicologia Ambiental; o Bioclimatismo; e a Ergonomia. Foi utilizada a base conceitual da Geogestão e a técnica de Arquitetura da Informação para um módulo de apoio à tomada de decisão. A metodologia fundamentou-se na pesquisa bibliográfica; na aplicação de questionários junto aos professores do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (UnB) para validação e ajuste das características dos espaços; e, ainda, no estudo do atual sistema de informações geoespa-

ciais da UnB. Como resultado, a pesquisa apresenta o primeiro conjunto de características fruto da pesquisa bibliográfica e a definição das classes a serem agregadas ao sistema de Geogestão da Universidade de Brasília.

PALAVRAS-CHAVE

Geogestão, Espaço arquitetônico, Espaço de aprendizagem, Universidade de Brasília.

GEO-MANAGEMENT APPLIED TO UNIVERSITY SPACE: EASY-LEARNING CHARACTERISTICS OF THE ARCHITECTURAL SPACE

ABSTRACT

The article discusses the architectural space characteristics that help learning in university institutions and their storage system for information management in order to supporting the space development and its allocation regarding the space allocation among different academic units. As a conceptual basis it is used the knowledge about architectural space quality and its ability to transmit sensations to users: environmental psychology; bioclimatism; and ergonomics.

Geo-management and information technic in architecture support decision-making. The methodology was based on literature; questionnaires along with professors of Architecture and Urbanism at the University of Brasilia (UnB) for validation and tuning characteristics of spaces and also study the current system of geospatial information at UnB. As a result, the research presents a set of characteristics found in literature and class definition to be aggregated to Geomanagement system in Brasilia University.

KEYWORDS

Geo-management, Architectural space, Teaching learning, Brasilia University.

1. INTRODUÇÃO

A motivação da pesquisa refere-se à reduzida produção de conhecimento sobre o papel do espaço arquitetônico no desempenho das funções do ensino superior e a decorrente carência de informações georreferenciadas para apoio à gestão dos *campi* universitários no país no que diz respeito à demanda diária de alocação de espaços existentes, expansão ou construção de novos edifícios e requalificação de espaços. A questão colocada foi: como identificar as características do espaço arquitetônico que favoreçam a aprendizagem e seus atributos nos diferentes campos

disciplinares?

Parte-se da premissa de que o ensino não é aespacial, sendo possível estabelecer relações entre a função deste e a função do espaço, que levem a um maior rendimento da primeira, associando o espaço à dinâmica de inovação e modernização do ensino pelos diferentes tipos de tecnologia. Considera-se, ainda, que a identificação das variáveis dessa relação entre funções pode ser gerenciada para alocar adequados espaços às diferentes demandas de ensino na universidade utilizando sistema de Geogestão.

A articulação arquitetura e educação apresenta múltiplas dimensões, que podem ser tecidas em conjunto, uma vez que ambas são, também isoladamente, pluridimensionais. Para Beltrame e Moura (2009), as questões pertinentes à interação entre espaço físico, atividades pedagógicas e comportamento humano devem ser consideradas prioritárias no processo de elaboração do projeto arquitetônico. O ambiente e os elementos que o compõem formam um conjunto inseparável que interfere diretamente nas pessoas que nele estão inseridas.

Para a abordagem do espaço educativo no ensino superior e a dinâmica de seus processos de forma integrada, o conceito de Sommer (2002) sobre forma e função é utilizado, o que implica entender que os edifícios devem ser construídos, em primeiro lugar, para a função (sua utilidade para o usuário), não para a forma (como alguns arquitetos olham). Suas afirmações são apoiadas em pesquisas sobre a estrutura da sala de aula e como ela afeta o aprendizado.

Referindo-se especificamente a escolas, Prescott (1987) *apud* Elali (2003) indica a importância de se entender que os efeitos do ambiente educativo são mediados pela política institucional, de modo que modelos demasiadamente limitadores dos comportamentos espontâneos dos estudantes (excessivamente inibidores e/ou modeladores de suas ações) demonstram não suportar seu desenvolvimento. Tal compreensão aponta para a necessidade de as propostas nessa área valorizarem a flexibilidade tanto do ambiente físico quanto do programa, os quais precisariam ser reconhecidos/decodificados pela comunidade escolar como adequados/aptos ao abrigo dos mais diversos tipos de exigência dos usuários.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

A identificação das variáveis envolvidas na relação entre função do ensino e função do espaço nos abre um campo de gestão na universidade, que diz respeito à otimização na alocação de espaços adequados às diferentes demandas de ensino.

A utilização dos dados espaciais integrados a metadados para auxiliar na tomada de decisão gerencial tem sido um grande desafio para o geoprocessamento nesta década. Sobre o assunto, têm discorrido vários autores, como Câmara *et al.* (2001a), Câmara *et al.* (2001b), Lima-Marques (2007), Moura (2003), Cordovez (2002), Queiroz e Ferreira (2006), Davis Jr. (2000), entre outros.

A preocupação em compartilhar dados geográficos entre instituições públicas, privadas, acadêmicas e a sociedade em geral vem consolidando a estruturação das chamadas Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE), ou em inglês *Spatial Data Infrastructure* (SDI), com o objetivo de evitar a duplicação de esforços entre organizações públicas, melhorar a qualidade e reduzir os custos de coleta e acesso das informações espaciais, aumentar os benefícios que podem advir do uso de dados geográficos disponíveis em atividades de gestão, planejamento, pesquisa e outras para as quais o conhecimento do território seja importante (FGDC, 2007 *apud* DOMINGUES & FRANÇOSO, 2008).

Para Cordovez (2002), o geoprocessamento é mais que uma tecnologia, é uma metodologia de gestão, e seus limites na administração estão na imaginação do gestor, e não na própria tecnologia. Conhecer onde os problemas ocorrem e poder visualizá-los espacialmente facilita muito seu entendimento, auxiliando na tomada de decisões. O estágio atual das geotecnologias permite fazer uma análise espacial que combine o mapeamento com informações físicas, demográficas, geográficas, topográficas ou de infraestrutura etc.

A gestão pública pode ser entendida como um conjunto de órgãos, serviços e agentes do Estado, bem como das demais empresas públicas (autarquias), que asseguram a satisfação das necessidades coletivas variadas, tais como segurança, saúde, cultura, educação, lazer e bem-estar

da população (PORTAL DA CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2012).

Cada vez mais se faz necessário introduzir novas formas de gestão que conduzam a maior motivação, produtividade e obtenção de resultados que possam traduzir-se em benefícios concretos para a sociedade. Assim, a conciliação dos dados e informações, gráficos e alfanuméricos, provenientes de diversas fontes em um banco de dados atualizado constitui uma ferramenta importante no processo de modernização gerencial das administrações públicas.

A Geogestão, por sua vez, constitui-se num sistema baseado em informações georreferenciadas, o qual permite que os processos de tomada de decisão contemplem a disposição física dos atributos das instalações, o uso dos espaços físicos, a alocação dos recursos humanos, a estrutura organizacional dos espaços físicos, a sinalização, dentre outros (SANTA ROSA, 2011).

Segundo o autor, parte-se do princípio de que tudo se encontra definido no espaço e georreferenciado, logo, podem-se utilizar todos os operadores espaciais no conceito de gestão. Todas as funções da gestão podem ser vinculadas a esses operadores. Com isso, podemos definir funções dos processos estimadas pelo tempo e espaço, uma vez que toda a logística fica intrínseca na Geogestão, que é diferente da gestão tradicional.

Na gestão tradicional não há a funcionalidade de tempo, local etc., por exemplo, reforma da sala de aula. O número de alunos e o número de salas de aula. Quanto espaço físico é preciso para comportar x alunos? Quais são as salas ideais para atender x alunos? A distribuição das salas precisa seguir a norma existente (laboratórios, salas de aula teórica etc.), pois cada espaço possui dimensões diferenciadas. Com a aplicação da Geogestão, as funções já estão relacionadas. A gestão tradicional trabalha com uma logística estanque, ao passo que, na Geogestão, a logística é dinâmica.

A base da Geogestão é a Geoinformação, que é a união de tão valiosa informação a um atributo geográfico, ou seja, ela tem um endereço, carrega consigo as coordenadas (longitude, altitude e latitude) do local a que se refere, apresentando como fundamento básico a construção de

representações computacionais do espaço geográfico (GEONET, 2012).

Por sua vez, a Arquitetura da Informação constitui-se numa técnica aplicável a qualquer ambiente informacional, sendo este compreendido como um espaço localizado em um contexto; constituído por conteúdos em fluxo; e que serve a uma comunidade de usuários. A finalidade da Arquitetura da Informação é, portanto, viabilizar o fluxo efetivo de informações por meio do desenho de ambientes de informação (LIMA-MARQUES & MACEDO, 2005).

2.1. As relações entre espaço arquitetônico e ensino

Entender a visão dos diferentes campos disciplinares envolvidos no tema é essencial, bem como identificar a recorrência de resultados semelhantes encontrados no que se refere às características do espaço que podem apoiar o aprendizado, objeto da pesquisa bibliográfica empreendida e sintetizada na sequência do artigo.

2.1.1. Psicologia Ambiental

Segundo Gifford (2002), a Psicologia Ambiental estuda a transação entre os indivíduos e seus ambientes físicos. Nessas transações, os indivíduos mudam o ambiente, e seu comportamento é mudado pelo ambiente. Psicologia Ambiental inclui a pesquisa e a prática direcionadas para o fazer de construções mais humanas e para melhora do nosso relacionamento com o meio ambiente natural.

Para os psicólogos ambientais, como Campos-de-Carvalho *et al.* (2011), o ambiente possui um conceito multidimensional. Ele é constituído pelo espaço físico - construído ou natural - e pelas pessoas, acompanhadas das condições sociais, econômicas, políticas, culturais e psicológicas. Devido à relação intrínseca e dinâmica entre pessoa e ambiente, quando é modificado um de seus componentes, os demais se alteram e surge uma nova configuração espacial.

A arquitetura do espaço físico destinado ao aprendizado exerce a sua mais potente influência sobre o comportamento de um modo indireto, promovendo formas particulares de organização social. Em nenhum ou-

tro local isso é mais evidente do que nos espaços físicos destinados aos propósitos educacionais.

Os efeitos do espaço físico sobre o aprendizado devem ser analisados sob quatro dimensões: o próprio aprendizado, os sentimentos com relação ao aprendizado, o comportamento social relacionado ao aprendizado e os aspectos de saúde e estresse do aprendizado (WEINSTEIN apud GIFFORD, 2002).

2.1.2. Ergonomia

A etimologia do vocábulo Ergonomia não especifica bem o objeto dessa disciplina definida como o conjunto de conhecimentos a respeito do desempenho do homem em atividade, a fim de aplicá-los à concepção das tarefas, dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção. O objetivo das pesquisas em Ergonomia é “o estudo das trocas regulamentadoras entre o ambiente profissional e o trabalhador” (LAVILLE, 1977, 7).

Segundo este autor, o homem vive e trabalha num ambiente que poderíamos caracterizar por meio de medidas físicas: meio térmico, meio sonoro, meio luminoso e meio vibratório, sendo que ele só pode conservar a integridade de seu organismo quando esses meios não ultrapassam certos limites. A Ergonomia aplica-se, então, em determinar as características ótimas desses meios, de acordo com o tipo de atividades executadas.

2.1.3. Bioclimatismo

Para Serra (1987) e Evans & Schiller (1910), *apud* Amorim (1998), as características da Arquitetura que influenciaram na economia de energia e na eficiência energética, quando inseridas no projeto arquitetônico de modo a otimizar as relações energéticas com o ambiente natural para alcançar o conforto ambiental, definem a Arquitetura Bioclimática, a qual consiste no desenho dos edifícios tendo em consideração as condições climáticas, utilizando os recursos disponíveis na natureza (sol, vegetação, chuva e vento) para minimizar os impactos ambientais e reduzir o consumo energético, sendo utilizada desde a antiguidade.

Segundo Amorim (1998), variáveis do clima, como a ventilação, e va-

riáveis da arquitetura, como características projetuais (orientação solar, aberturas, materiais e componentes, cores e sombreamentos) são denominados variáveis bioclimáticas, e definem a Arquitetura Bioclimática. Essas variáveis estão relacionadas à tipologia arquitetônica e, naturalmente, aos estilos característicos de cada região.

Alguns estudos já comprovaram que condições desfavoráveis de conforto ambiental, térmicas, luminosas e acústicas, que resultam em variações climáticas, comprometem o bem-estar e o aproveitamento didático dos alunos que estejam nos ambientes. Os fatores externos podem contribuir ou retardar o processo de ensino-aprendizagem dependendo da natureza de cada elemento. Corroborando esta afirmação, Sommer (1973) destaca as condições ambientais da sala de aula (a acústica, a temperatura, a insolação, a ventilação e a luminosidade) como fatores que podem interferir no desenvolvimento didático. Acrescenta que estas podem refletir-se em fatores tão diversos como a sociabilidade dos usuários, seu desempenho acadêmico e mesmo em sua saúde.

A partir das pesquisas nesses campos disciplinares, foram propostas categorias para agrupar o conjunto de características identificadas nas pesquisas com alguma relevância na relação espaço/aprendizagem. Procurou-se a recorrência com que determinadas características espaciais eram citadas como relevantes no processo de avaliação do desempenho do espaço para função acadêmica, o que está sintetizado nas tabelas 1 e 2. A pesquisa ainda apontou a importância do Projeto Político Pedagógico (PPP) como norteador das atividades e necessário para definição dos atributos espaciais facilitadores da aprendizagem.

Quadro I - Principais características dos espaços arquitetônicos e relevância no ensino/aprendizado na visão dos autores

Campo disciplinar	Autores																								
	Características	Sommer (1973)	Castro et al. (2006)	França (1994) apud Elai (2003)	Serra (1987)	Lavilla (1977)	Amorim (1998)	Máta e Maia (2006)	Oliveira (1998) apud Elai (2003)	Nogueira (2011)	Silva e Guerra (2012)	Paulo Freire (1994) apud Almeida e Rocha (2007)	Neufert (1976) apud Meliati (2004)	Reis e Lay (2006)	Barguil (2006)	Meliati (2004)	Carpintero (2008)	Rocha (2005)	Veiga (2002)	Bernstein (1990) apud Carpintero 2008)	Gifford (1997) apud Barros et. al. (2005)	Gunther (2003)	Hall (1981) apud Rocha et al. (2005)	Funari e Kowaltowski (2005)	
Bioclimatismo	Iluminação																								
	Ventilação																								
	Acústica																								
	Conforto térmico																								
	Sonorização																								
	Climatização																								
Ergonomia	Cores																								
	Dimensão																								
	Flexibilidade/ espaços adaptabilidade																								
	Multifuncionalidade na Infraestrutura																								
	Tecnologia equipamentos																								
	Estética																								
	Acessibilidade																								
	Mobiliário e/equipamentos																								
Psicologia Ambiental	Comunicação visual																								
	Espaço pessoal, privacidade, territorialidade																								
	Mobilidade																								
	Amplidão, nichos, Distâncias interpersonais																								

Fonte: Elaboração própria

Quadro II - Características (atributos) dos espaços físicos necessárias ao ensino/aprendizagem

Campo disciplinar	Conceito	Atributo	Descriptor
Biolclimatismo/Conforto ambiental	Os fatores externos podem contribuir ou retardar o processo de ensino-aprendizagem dependendo da natureza de cada elemento.	Iluminação	Fenômeno físico resultante da exposição de uma fonte de luz num ambiente que pode absorver ou refletir a luz, tornando-se visível.
		Ventilação	Variável bioclimática que proporciona conforto ambiental das edificações a partir da temperatura.
		Conforto visual	Grau de satisfação visual produzido pelo ambiente iluminado. Propõe reduzir ofuscamentos visuais, equilibrar a iluminância e ampliar a reprodução de cores, permitindo que o olho tenha uma perfeita dimensão dos espaços do ambiente, volume das formas, texturas dos materiais e fidelidade de cores.
		Acústica	Ramo da Física que estuda o som. O som é um fenômeno ondulatório causado pelos mais diversos objetos, e se propaga através dos diferentes estados físicos da matéria.
		Conforto térmico	Condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico circunjacente. Ter conforto térmico significa que uma pessoa, usando uma quantidade normal de roupas, não sente nem frio nem calor demais. Definição dada ao processo de fazer com que um meio ambiente qualquer permaneça numa faixa de temperatura simpática aos organismos biológicos que se quer preservar.
		Sonorização	Reforço de som para que um evento dependente da produção de som possa ser assistido por uma massa de espectadores que, pelo tamanho ou quantidade de pessoas, não conseguiria ouvir o evento.
		Climatização	Definição dada ao processo de fazer com que um meio ambiente qualquer permaneça numa faixa de temperatura simpática aos organismos biológicos que se quer preservar.
		Cores	Além de funcionar como instrumento de melhora da condição visual (pela reflexão), a cor, como já foi mencionado, tem funções terapêuticas.
Ergonomia	Conjunto de conhecimentos a respeito do desempenho do homem em atividade, a fim de aplicá-los à concepção das tarefas dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção.	Dimensão	Porcentagem de área destinada às funções do ensino superior, conforme definido em Norma técnica – ABNT.
		Flexibilidade dos espaços, adaptabilidade	É necessário que os projetos de escolas pensem edificações que possam ser modificadas e adaptadas ao longo dos anos.
		Multifuncionalidade na Infraestrutura	A disposição da infraestrutura física da escola concorre para o sucesso do trabalho pedagógico dos meios físicos nos recintos escolares e das áreas abertas.
		Tecnologia/equipamentos	Com o avanço tecnológico existente em nossa sociedade, o ambiente escolar sofre modificações, as quais influenciam o processo ensino-aprendizagem.
		Estética	A categoria estética refere-se não exclusivamente aos elementos arquitetônicos de uma edificação ou de um espaço urbano, mas à relação estética destes com as edificações e espaços abertos adjacentes e nas proximidades.
		Acessibilidade	Facilidade de acesso para todas as pessoas, normais ou com necessidades especiais (portadores de deficiências, acidentados, gestantes, idosos e crianças).
		Mobiliário e equipamentos	O mobiliário deve ser flexível, adaptável por meio de rodízios; e os equipamentos de tecnologia sem fio (wireless) permitem diversos arranjos de acordo com as atividades a serem desenvolvidas, contribuindo para a adaptabilidade do ambiente.
		Comunicação visual	Conjunto de conhecimentos e técnicas que buscam maior eficácia na transmissão visual de mensagens, verbais ou não verbais.
Psicologia Ambiental	Indivíduos por meio de suas ações modificam o ambiente e ambientes por meio de suas configurações influenciam o comportamento humano.	Espaço pessoal, territorialidade, privacidade	Espaço pessoal – espaço invisível que circunda o indivíduo e funciona como um regulador das relações interpessoais. Territorialidade – baseado em controle percebido, tentado ou real. Privacidade – controle seletivo do acesso a si mesmo ou a seu "grupo", igualmente supõe uma outra pessoa, cujo acesso precisa ser controlado.
		Mobilidade,	O grau de mobilidade afeta o acesso a duas classes de elementos: (a) bens materiais e ideias importantes subjetiva e objetivamente; e (b) affordances do ambiente.
		Amplidão, nichos,	Amplidão possibilita a adaptabilidade do ambiente, permitindo o ajuste das distâncias interpessoais. Nichos são configurados por mobiliário e/ou estruturas físicas (como paredes e materiais de acabamento) e destacam o espaço pessoal.
		Distâncias interpessoais	Referem-se às distâncias adequadas para contato ou não contato, podendo gerar reações comportamentais positivas ou negativas.

Fonte: Elaboração própria

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Como metodologia, combinam-se vários métodos, a começar pela pesquisa bibliográfica sobre as características espaciais facilitadoras do aprendizado nos campos descritos na base conceitual (quadro 2), seguida de sua validação por meio de estudo da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Brasília no que se refere às diretrizes pedagógicas do curso, de onde emanam os campos disciplinares que devem ser ministrados para a formação do arquiteto e correspondem aos usos, o que remete às características próprias dos espaços em apoio à atividade de ensino.

O método utilizado será a aplicação de questionários junto ao quadro de professores da FAU-UnB, responsáveis pelas diferentes disciplinas em que está estruturado o curso. A tabulação da pesquisa permitirá a confirmação e ajuste das características do espaço arquitetônico que possibilitará a formatação de um módulo do sistema de Geogestão, com usos possíveis tanto na alocação de espaços quanto no fornecimento de insumos à projeção e requalificação de espaços na universidade.

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS - MÓDULO ACADÊMICO NO SISTEMA DE GEOINFORMAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

No campo da gestão da universidade pública no Brasil, tem-se colocado como um imperativo melhorar a qualidade dos serviços prestados, bem como a capacidade gerencial, e, para tanto, faz-se necessário um novo modelo de gestão universitária, com maior capacidade de ação, com mecanismos de controle social e acesso à informação (MARQUES, 2000).

A Geogestão aplicada à Universidade levará a um modelo de controle, gerenciamento, desempenho e transparência, focado em resultados orientados para a tomada de decisão e satisfação do cidadão. Com isso, informações produzidas nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), mas de interesse nacional, poderão ser acessadas pelo Governo Federal e Regional devido ao estabelecimento de padrões de intercâmbio de informações.

A Universidade de Brasília (UnB) possui os *campi* nas cidades de

Planaltina, Gama e Ceilândia, no Distrito Federal, e o maior deles é o Campus Universitário Darcy Ribeiro, localizado no Plano Piloto de Brasília, que abriga mais de 120 edificações, praças, vias e estacionamentos distribuídos por uma área de 550 hectares, onde circulam cerca de 35.000 pessoas e 25.000 veículos diariamente, e possui um total de 550.000 metros quadrados de área construída. Além dos *campi* há as unidades dispersas, como a Fazenda Água Limpa, o Hospital Universitário de Brasília, o Edifício OK, o Edifício Anápolis, entre outros.

A Universidade de Brasília vem enfrentando os desafios referentes ao processo de avaliação institucional, da qualidade de sua gestão e do ensino, pesquisa e extensão, e, dentro desta ótica, faz parte a criação de sistemas de informações cadastrais georreferenciadas e integradas, que permitam a devida atualização e controle sobre os dados cadastrais dos *campi* e, conseqüentemente, da gestão universitária.

4.1. O sistema existente e suas possibilidades

A Universidade de Brasília, até 2006, dispôs de um sistema de dados alfanuméricos - Sistema de Registro e Concessão de Uso (SIRC), que articulava seu espaço físico e a estrutura organizacional, capaz de registrar e armazenar informações de todos os Centros de Custo e Órgãos vinculados. Os espaços físicos são identificados por características como: localização da edificação no *campus*; o tipo de uso que o espaço tem; endereço; funcionamento que ocorre no espaço etc.

A organização e a praticidade com que as informações são extraídas dos relatórios do sistema são fatores muito positivos, e fazem com que a comunidade seja atendida em vários tipos de demanda, em sua maioria de caráter administrativo. A seguir, são apresentadas algumas telas possíveis emitidas pelo sistema.

Na primeira parte temos um bloco de parâmetros referentes ao espaço físico do que procuramos.

Unb/Universidade de Brasília
PRC/Prefeitura do Campus

Sistema de Informações de Registro e Concessão de Uso

Fale conosco : ccvprc@unb.br Manual Prc UnB Trocar Senha Sair

Espaço Físico

Campi/Unidades Dispersas: menu Gleba: menu Bloco menu Ala : menu

Edifícios : menu Módulo: menu

Pavimento menu Código do Ambiente

Centro de custo / Orgão

menu menu

Unidade

Ambiente

Nomenclatura

Uso

Macro Uso menu Sub-Uso menu

Busca limpar

Figura 1 - Tela inicial do SIRC

Fonte: PRC/UnB (2006)

Observe a tela abaixo e veja o que temos nesse bloco.

Sistema de Informações de Registro e Concessão de Uso

Fale conosco : ccvprc@unb.br Manual Prc UnB Trocar Senha Sair

Espaço Físico

Campi/Unidades Dispersas: menu Gleba: menu Bloco menu Ala : menu

Edifícios : menu Módulo: menu

Pavimento menu Código do Ambiente

Figura 2 - Bloco de parâmetros referentes ao espaço físico

Fonte: PRC/UnB (2006)

O parâmetro *Campi/Unidades Dispersas* é o primeiro que é mostrado, e por ele começamos a identificar o endereço de um espaço físico. Ao selecionar esse campo, serão mostrados todos os *campi* e unidades dispersas que estão cadastrados no sistema. Selecione um campo e prossiga com a consulta.

Figura 3 - Menu com os *Campi* e as Unidades Dispersas

Fonte: PRC/UnB (2006)

O próximo campo localizado à direita é a Gleba. Esse campo somente será visualizado pelo usuário caso nenhum outro parâmetro tiver sido selecionado ou o *campus* escolhido tiver sido o *Campus* Universitário Darcy Ribeiro. Selecione uma das opções e prossiga com a consulta.

Figura 4 - Menu Gleba

Fonte: PRC/UnB (2006)

O parâmetro seguinte a ser escolhido é o Bloco. Na tela seguinte, selecione uma das opções e prossiga com a consulta.

Figura 5 - Menu Bloco

Fonte: PRC/UnB (2006)

O próximo campo a ser escolhido é a Ala. Esse campo somente será visualizado pelo usuário caso nenhum outro parâmetro tiver sido escolhido ou o prédio escolhido tiver sido o Instituto Central de Ciências ou

a Faculdade de Tecnologia. Selecione uma das opções e prossiga com a consulta.

Sistema de Informações de Registro e Concessão de Uso

Manual Prc UnB Trocar Senha Sair

Espaço Físico

Campi/Unidades Dispersas: menu Gleba: Menu Bloco: Menu Ala: Menu

Edifícios: menu Módulo: Menu

Pavimento: Menu Código do Ambiente:

Figura 6 - Menu Ala
Fonte: PRC/UnB (2006)

O campo seguinte é o Edifício. Nele podemos escolher os edifícios referentes somente ao *campus* selecionado. Se o usuário não escolher nenhum outro parâmetro, o campo Edifícios mostrará todos os edifícios de todos os *campi* cadastrados. Selecione um campo e prossiga com a consulta.

Espaço Físico

Campi/Unidades Dispersas: menu Gleba: Menu Bloco: Menu Ala: Menu

Edifícios: menu Módulo: menu

Pavimento:

Centro de

- Administrção
- Almoxarifado Central
- Anexo da FINATEC
- Anexo do CEFTRU (em construção)
- Anexo do Laboratório de Fruticultura
- ASTUB (em construção)
- AUTOTRAC

menu

- Banco Real
- BCE - Biblioteca Central
- Biotério Central
- Campus de Planaltina
- Casa do Caseiro
- Casa do Estudante Universitário - Graduação - Bloco A
- Casa do Estudante Universitário - Graduação - Bloco B
- Casa do Estudante Universitário - Pós-Graduação - Bloco K
- Casa do Professor
- Casa Oscar Niemeyer
- Casas de Vegetação - Fitopatologia
- Casas de Vegetação - Fruticultura
- Castelo D'água

Figura 7 - Menu Edifícios
Fonte: PRC/UnB (2006)

O próximo parâmetro a ser analisado é o Módulo. Nesse campo, aparecem para o usuário os números 1 ao 26, lembrando que esse campo somente será visualizado caso nenhum outro parâmetro tiver sido selecionado, o prédio escolhido tiver sido o Instituto Central de Ciências ou o *campus* escolhido tiver sido o *Campus* Universitário Darcy Ribeiro. Selecione um campo e prossiga com a consulta.

The screenshot shows a web form titled 'Espaço Físico'. It contains several dropdown menus and text input fields. The 'Módulo' dropdown menu is open, displaying a list of numbers: 25, 20, 24, 23, 10, 9, 12, 16, and 17. Other fields include 'Campi/Unidades Dispersas', 'Gleba', 'Bloco', 'Ala', 'Edifícios', 'Pavimento', 'Centro de custo / Órgão', and 'Unidade'.

Figura 8 - Menu Módulo
Fonte: PRC/UnB (2006)

O campo seguinte é o Pavimento, e nele podemos escolher em que pavimento do edifício queremos encontrar o espaço físico. Se nenhum parâmetro tiver sido escolhido, essa caixa de seleção, então, mostrará todos os pavimentos que estão cadastrados. Selecione um campo e prossiga com a consulta.

O próximo parâmetro é o Código do Ambiente. Esse campo é aberto para digitação, portanto o usuário deve somente utilizá-lo caso ele conheça o código correto para que a busca realizada possa trazer algum registro válido. Nesse campo, colocamos o código adotado para cada ambiente. Selecione um campo e prossiga com a consulta.

The screenshot shows the same 'Espaço Físico' form, but now the 'Pavimento' dropdown menu is open. It displays a list of options: 'Menu', 'SUBSOLO 1', 'SUBSOLO 2', 'TÉRREO', 'SOBRELOJA', '1º PAVIMENTO', '2º PAVIMENTO', '3º PAVIMENTO', '4º PAVIMENTO', '5º PAVIMENTO', and '6º PAVIMENTO'. The other fields in the form remain the same as in Figure 8.

Figura 9 - Menu Pavimento
Fonte: PRC/UnB (2006)

Na segunda parte, temos um bloco de parâmetros referentes aos Centros de Custo e Órgãos. Observe a tela abaixo e veja o que temos nesse bloco.



Figura 10 - Centros de Custo e Órgãos

Fonte: PRC/UnB (2006)

No primeiro menu desse bloco de informações, temos os Centros de Custo divididos por categoria. A seleção desse menu faz uma filtragem no menu ao lado, onde são mostrados somente os Centros de Custo/Órgãos relacionados com a categoria selecionada no primeiro menu. Selecione um campo e prossiga com a consulta.

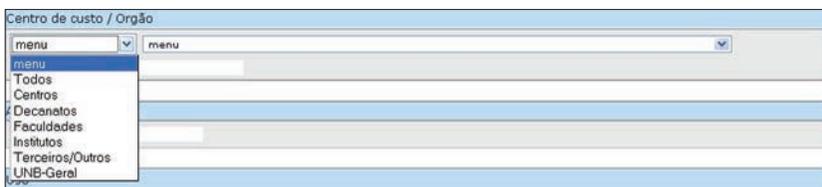


Figura 11 - Menu Centros de Custo e Órgãos

Fonte: PRC/UnB

O segundo menu mostra o resultado da escolha feita no menu de categorias de Centros de Custo e Órgãos. Caso o primeiro menu não seja escolhido, serão mostrados todos os centros de custo cadastrados no sistema. Para efeitos práticos, a escolha de um centro de custo selecionando primeiro a categoria e depois o centro de custo referente a ele, ou escolher o centro de custo diretamente sem fazer a escolha da categoria, não trará qualquer registro diferente que ambos tenham. Selecione um campo e prossiga com a consulta.



Figura 12 - Menu de categorias de Centros de Custo e Órgãos

Fonte: PRC/UnB (2006).

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Projeto Geogestão dos Espaços Físicos da Universidade de Brasília está sendo implementado pela Faculdade de Ciência da Informação, mais especificamente no Centro de Pesquisa em Arquitetura da Informação/CPAI, desde 2010. Sua base de dados está contemplada em planilhas em Excel (dados alfanuméricos), e apresenta dificuldades na extração das informações dos espaços físicos, edificações e malha urbana dos *campi* da UnB, que se encontram em plantas cadastrais extensão DWG (dados geográficos).

A partir da transformação dos dados geográficos em DWG para arquivos shapefile estes serão inseridos no banco de dados espacial Postgree/PostGIS, e, após a realização do relacionamento das novas tabelas do módulo acadêmico e as existentes, será reestruturada a modelagem dos dados, contemplando as novas classes.

Utilizando o software Postgre/PostGIS em linguagem SQL (Structure Query Language), por meio da ferramenta Query Builder do PgAdmin serão efetuadas consultas por junção espacial e análises diversas no que se refere aos objetos espaciais (dado geográfico que possui uma localização geográfica, expressas como coordenadas em um mapa) e seus atributos descritivos.

A utilização dos softwares Geoserver, Tomcat e GeoNetwork para disponibilização de projetos de localização de camadas de informação existentes no Banco de Dados na Web possibilitará a geração de mapas interativos cadastrais e metadados, dados sobre os dados, que descrevem conteúdo, condição, histórico, localização e outras características do dado, no ambiente Web, referentes às consultas realizadas no Banco de Dados no PostgreSQL/PostGIS.

5.1. Aprimoramentos para um sistema de Geogestão

A implantação da base do sistema de Geogestão da Universidade de Brasília constituir-se-á na base para a implementação do módulo acadêmico que contemple a pesquisa das características facilitadoras do aprendizado, pois ter-se-á um ambiente com o controle e informações

confiáveis de dados espaciais para referenciar as informações.

Utilizando da arquitetura da informação, iniciou-se o desenho do modelo relacional com várias classes que contêm várias tabelas relacionadas, sendo que o módulo académico vem adicionar/integrar novos dados ao Projeto Geogestão para conhecer as necessidades de cada campo disciplinar em tempo real, possibilitando tanto uma melhor alocação de espaços quanto subsidiando a requalificação e projeção de novos espaços.

Na estrutura da modelagem dos dados alfanuméricos do cadastro de espaço físico serão acrescentadas às novas classes para implementação do módulo académico as seguintes:

Quadro III - Classes e atributos do módulo académico

CLASSES	ATRIBUTOS
Cursos	Nome Órgão Interno Órgão Externo Sigla do Curso Departamento Ambiente Período Código
Disciplinas	Nome Código Órgão Interno Órgão Externo Departamento Ementa Tipo - Optativa, Obrigatória, Módulo Livre, Estágio Supervisionado Número de Créditos Pré-Requisito Ambiente Horário Dia da Semana
Classe Pessoa	Nome Órgão Interno Órgão Externo Departamento Titulação - Graduação, Mestrado, Doutorado, Pós-Doutorado Tipo - Substituto, Visitante etc.
Função	Nome
Estrutura do currículo	Disciplinas obrigatórias e/ou optativas, estágios, trabalho de conclusão do curso, período
Nível de ensino	Graduação, pós-graduação, pesquisa e extensão
Características do espaço	Conforto ambiental - visual, térmico, acústico, luminoso Psicologia Ambiental - espaço pessoal, mobilidade, distância interpessoal etc. Ergonomia - mobiliário, comunicação visual

Fonte: Elaboração própria

6. CONCLUSÃO

A validação e o ajuste do quadro de características facilitadoras da aprendizagem estão sendo testados para o caso da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, com questionários aplicados a todos os professores responsáveis por disciplinas da grade curricular específica e posterior definição do indicador de cada característica para inserção no sistema.

Esse procedimento deverá ser adotado nos demais cursos, de modo a se ter características gerais e específicas por campo disciplinar, capazes de alimentar o sistema de Geogestão da Universidade de Brasília.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Claudia Maria de *et al.* (2007) - Geoinformação em urbanismo: Cidade Real X Cidade Virtual. Oficina de Textos, São Paulo, 366 p.

AMORIM, Claudia Naves David (1998) - Desempenho Térmico de Edificações e Simulação Computacional no Contexto da Arquitetura Bioclimática: estudo de caso da Região de Brasília. Dissertação de Mestrado em Arquitetura apresentada à Universidade de Brasília.

BARGUIL, Paulo Meireles (2006) - O Homem e a conquista dos espaços. O que os alunos e os professores fazem, sentem e aprendem na escola. UFCE, Fortaleza, 427 p.

BARROS, Raquel R. M. Paula *et al.* (2005) - “Conforto e Psicologia Ambiental: A Questão do espaço pessoal no Projeto Arquitetônico”. ENCAC-ELACAC 2005, Maceió, Alagoas, Brasil - 5 a 7 de outubro de 2005.

BELTRAME, Maria Bontorin & MOURA, Graziella Ribeiro Soares (2009) - “Edificações escolares: Infraestrutura Necessária ao Processo de Ensino e Aprendizagem Escolar. Projeto Saber”. Revista Travessias, Vol. 3, N^o 2. Disponível online no endereço url: http://www.unioeste.br/prppg/mestrados/letras/revistas/travessias/ed_006/EDUCA%C7AO/PDF/EDIFICA%C7%D5ES%20ESCOLARES.pdf (acedido em janeiro, 2013).

CÂMARA, Gilberto *et al.* (2001a) - Introdução à Ciência da Geoinformação: Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação. INPE (INPE-8563-PRE/307. São Paulo/SP), São José dos Campos.

CÂMARA, Gilberto *et al.* (2001b) - Fundamentos Epistemológicos da Ciência da GeoInformação. Disponível online no endereço url: www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap5-epistemologia.pdf. (acedido em março, 2009).

- CAMPOS-DE-CARVALHO, Mara Ignez *et al.* (2011) - “Ambiente”, *in* CAVALCANTE, Sylvia & ELALI, Gleice (orgs.): *Temas básicos em Psicologia Ambiental*. Vozes, Petrópolis, 28-43.
- CARPINTERO, Antonio Carlos & ALMEIDA, Jaime Gonçalves (2008) - **Teorias do espaço educativo**. Módulo 10. Universidade de Brasília, 106 p.
- CASTRO, Iara Souza *et al.* (2006) - *Cognição e Percepção Visual: a Influência da Iluminação artificial sobre uma Atividade de Trabalho realizada em um ambiente informatizado confinado*. 14º Congresso Brasileiro de Ergonomia, Curitiba/PR. Disponível online no endereço url: http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Linguagem%20Visual/cognicao_e_percepcao_visual.pdf (acedido em dezembro, 2013).
- CORDOVEZ, Juan Carlos Gortaire (2002) - “Geoprocessamento como Ferramenta de Gestão Urbana”, *in* Anais do I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju/SE, 17 e 18 de outubro de 2002. Disponível online no endereço url: http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr1/pdfs/pa_pu_01.PDF (acedido em janeiro, 2010).
- DAVIS JÚNIOR, Clodoveu Augusto (2000) - *Múltiplas Representações em Sistemas de informação Geográficos*. Tese de Doutorado em Ciências da Computação apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais.
- DOMINGUES, Cristiane Vaz V. & FRANÇOSO, Maria Tereza (2008) - “Aplicação de Geoprocessamento no Processo de Modernização da Gestão Municipal”. *Revista Brasileira de Cartografia*, ISSN 1808-0936, Nº 60/01. Disponível online no endereço url: <http://www.rbc.lsie.unb.br/index.php/rbc/article/viewFile/56/56>. (Acedido em janeiro, 2012).
- ELALI, Gleice Azambuja (2003) - “O ambiente da escola: uma discussão sobre a relação escola-natureza em educação infantil”. *Estudos de Psicologia*, Vol. 8, Nº 2, 309-319. Disponível online no endereço url: <http://www.scielo.br/pdf/epsic/v8n2/1904> (acedido em 2 março, 2013).
- FUNARI, Teresa B. S & KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. (2005) - “Arquitetura Escolar e Avaliação Pós-ocupação”. ENCAC-ELACAC, Maceió, Alagoas, Brasil. Disponível online no endereço url: pesqdoris.e-social.com.br/publicacoes/?task=getfile&file=pub (acedido em novembro, 2013).
- GEONET (2012). Disponível online no endereço url: <http://geonet.ctbctelecom.com.br/glossario.cfm> (acedido em setembro, 2012).
- GIFFORD, Robert (2002) - *Environmental Psychology, Principles and Practice*. 3rd, Ed. Optimal Books, Canadá.
- GUNTHER, Hartmut (2003) - “Mobilidade e affordance1 como cerne dos Estudos Pessoa-Ambiente”. *Estudos de Psicologia*, Vol. 8, Nº 2, 27.
- LAVILLE, Antoine (1977) - *Ergonomia*. EPU, EDUSP, São Paulo, 99 p.

- LIMA-MARQUES, Mamede & MACEDO, Flavia Lacerda Oliveira de (2005) - "Arquitetura da Informação: base para a Gestão do Conhecimento", in TARAPANOFF, K. (org.): *Gestão da Informação e do Conhecimento em Organizações*. Glonal Editora, 1ª ed., São Paulo, 177-192.
- LIMA-MARQUES, Mamede (2007) - *Arquitetura da Informação*. Disponível online na url: <http://aprender.unb.br/course/view.php?id=1014> (acedido em junho, 2009).
- MARQUES, Maria da Conceição da Costa (2000) - *Alguns Aspectos da Gestão Pública na Administração Central em Portugal*. Universidade Aberta Comunicación presentada en el I Encuentro Iberoamericano de Contabilidad de Gestión. Valencia - Noviembre. Disponível online no endereço url: <http://www.observatorio-iberoamericano.org/paises/spain/art%C3%ADculos%20diversos%20sobre%20contabilidad%20de%20gesti%C3%B3n/I%20Encuentro%20Iberoamericano%20Cont.%20Gesti%C3%B3n/Proyecciones%20Sectoriales/MariaCCosta.pdf> (acedido em agosto, 2012).
- MATAI, Patrícia Helena Lara dos Santos & MATAI, Shigueharu (2006) - "Ensino Cooperativo: Espaço Físico" in *Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia Universidade de Passo Fundo*, 1314-1328. Disponível online no endereço da url: <http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/1113769.pdf> (acedido em 25 maio, 2010).
- MELATTI, Sheila Pércia do Prado Cardoso (2004) - *A arquitetura escolar e a prática pedagógica*. Joinville, 2004. Disponível online na url: http://www.tede.udesc.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=277 (acedido em outubro, 2013).
- MOURA, Ana clara Mourão (2003) - *Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano*. Ed. da Autora, Belo Horizonte, 294 p.
- NOGUEIRA, Esther (2011) - *A importância do espaço como fator de desenvolvimento, Aprendizagem e Bem Estar das crianças e professoras e como parte integrante da ação pedagógica - 3ª Formação PAIC*. Secretaria Municipal de educação. Educação Infantil de Juazeiro do Norte. Disponível online na url: http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F27271184%2F897245085%2Fname%2FUNKNOWN_PARAMETER_VALUE&ei=LC8qUb3sN4eW8gTfzoGgBg&usg=AFQjCNFESyFqbSZ5kvBUYIYbCsZw08Ze9A&sig2=g6fVyvNfdtRaB32FQytZtg&bvm=bv.42768644,d.eWU (acedido em janeiro, 2013).
- PORTAL DA CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (2013). Disponível online no endereço url: http://www.camara.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=350&Itemid=135 (acedido em setembro, 2013).
- QUEIROZ, Gilberto Ribeiro & FERREIRA, Karine Reis (2006) - *Tutorial sobre Bancos de Dados Geográficos - GeoBrasil*. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 104 p.

- REIS, Antônio Tarcísio da Luz & LAY, Maria Cristina Dias (2006) - “Avaliação da qualidade de projetos - uma abordagem perceptiva e Cognitiva” - “Evaluation of design quality - a perceptive and cognitive Approach”. *Ambiente Construído*, ISSN 1415-8876, Vol. 6, Nº 3, 21-34. Disponível online na url: <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3710/2057> (acedido em abril, 2013).
- ROCHA, Isabel Amália Medero (2005) - O Espaço Arquitetônico entre o real e o Virtual. Simulação ou realidade? Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Curso de Arquitetura e Urbanismo. Disponível online no endereço url: http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2005_517.content.pdf (acedido em maio de 2013).
- SANTA ROSA, Antonio Nuno de Castro (2011) - Geogestão Dinâmica. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, Brasília-DF.
- SERRA, Geraldo (1987) - O Espaço Natural e a Forma Urbana. Editora Nobel, São Paulo, 211 p.
- SILVA, Gomes da & GUERRA, Denise Sans (2012) - Reflexões sobre o Diálogo entre Espaços Físicos e o Cotidiano na Educação Infantil. GT-07, PUC-RJ - GT: Educação de Crianças de 0 a 6 Anos/Nº 07. PUC/Rio. Disponível online no endereço url: <http://www.anped.org.br/reunioes/29ra/trabalhos/trabalho/GT07-1891--Int.pdf> (acedido em janeiro, 2013).
- SOMMER, Robert (1973) - Espaço Pessoal: As Bases Comportamentais de Projetos e Planejamentos. Pedagógica e Universitária Ltda., São Paulo, 220 p.
- SOMMER, Robert (2002) - “O desenvolvimento e a aplicação dos conceitos de espaço pessoal”, in DEL RIO, Vicente et al. (orgs.). Projeto do lugar - colaboração entre psicologia, arquitetura e urbanismo. Contra capa, Rio de Janeiro, 392 p.
- UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (2006) - Manual do Sistema de Informação de Registro e Concessão de Uso - SIRC, Brasília-DF.
- VEIGA, Ilma Passos Alencastro (2002) - Projeto político-pedagógico da escola: uma construção possível. Papirus, 14ª ed., Campinas, 192 p.

ARTIGO 39

INTEGRAÇÃO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO EM SIG: APLICAÇÃO AO CASO DA DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

RIBEIRO, Alexandra^{1,2} & CARDOSO, Alberto²

¹ Dep. Eng. Civil - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra do Instituto Politécnico de Coimbra (Portugal); Instituto Superior de Engenharia de Coimbra; Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora; 3030 -199 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 790 200; Fax: +351 239 790 221; email: alexr@isec.pt

² Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra (Portugal); Dep. Eng. Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra Pólo II - Pinhal de Marrocos 3030 -290 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 790 000; Fax: +351 239 701 266; email: alberto@dei.uc.pt

RESUMO

Apesar da separação científica na maneira como os Sistemas de informação geográfica (SIG) e os modelos de simulação ambiental são construídos e utilizados, a necessidade contínua de estabelecer algum nível de integração entre ambos, para além da mera utilização de ambos, é conduzida pelo reconhecimento crescente que a avaliação integrada de todos os aspetos físicos, bióticos, sociais e económicos ambientais, é uma exigência do desenvolvimento sustentável. Pretende-se com este trabalho explorar as potencialidades de dois exemplos de software de SIG na integração dum modelo de simulação ambiental. Para tal, recorreu-se ao modelo Storm Water Management Model, um modelo de simulação hidrológica e hidráulica de sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas, e ao software de SIG ArcGIS e QGIS. O primeiro é comercial e o segundo de código aberto. Apresenta-se aqui um exemplo de aplicação dum sistema de drenagem dual numa área residencial. Os coletores foram dimensionados para um período de retorno de 2 anos, através de simulações iterativas.

PALAVRAS-CHAVE

Sistemas de informação geográfica, ArcGIS e QGIS, Integração, Modelação hidrológica e hidráulica, SWMM.

INTEGRATION OF SIMULATION MODELS IN GIS: APPLICATION TO THE CASE OF URBAN STORM WATER DRAINAGE

ABSTRACT

Despite the scientific separation in how Geographic Information Systems (GIS) and environmental simulation models are constructed and used, the continuous need to establish some level of integration between the two, apart from the mere use of both, is driven by the growing recognition that the integrated assessment of all physical aspects, biotic, economic, social and environmental is a requirement of sustainable development. This work aims to explore the potential of two examples of GIS software in the integration of an environmental simulation model. For such, a model of hydrologic and hydraulic simulation of storm water drainage systems, the Storm Water Management Model, was used, and the GIS software ArcGIS and QGIS. The first is commercial and the second is open source. An example of application of dual drainage system in a residential area is presented here. The pipes were designed for a 2 -yr storm event through iterative simulations.

KEYWORDS

Geographic information systems, ArcGIS and QGIS, Integration, Hydrologic and hydraulic modelling, SWMM.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da separação científica na maneira como os Sistemas de informação geográfica (SIG) e os modelos de simulação ambiental são construídos e utilizados, a necessidade contínua de estabelecer algum nível de integração entre ambos, para além da mera utilização de ambos, é conduzida pelo reconhecimento crescente que a avaliação integrada de todos os aspetos físicos, bióticos, sociais e económicos ambientais, é uma exigência do desenvolvimento sustentável (Clayton & Radcliffe, 1996; Aspinall & Pearson, 2000).

1.1. A integração de modelos de simulação ambientais e SIG

A utilização conjunta dos SIG e dos modelos de simulação ambientais teve início por volta dos anos 80 do século XX (Brimicombe, 2010, cap. 7). As duas tecnologias são bastantes diferentes. Os SIG focam-se nas representações da localização, na distribuição espacial dos fenómenos/ entidades geográficas e nas relações entre estas no espaço. Essas são geralmente representações de carácter estático. Por sua vez, os modelos de simulação ambientais estão sobretudo interessados nos estados do sistema, em balanços de massa e na conservação da energia, ou seja, focados em quantidades (populações, produtos químicos e água) variáveis no tempo. No entanto, certamente com a ajuda dos SIG, e usando como exemplo o casos dos modelos hidrológicos, estes poderão mais facilmente passar do tratamento 1D das bacias de drenagem (e.g., cálculo de parâmetros espaciais médios), para uma abordagem de parâmetros espacialmente distribuídos. O cálculo de declives e da orientação de encostas, a delimitação das bacias, a discretização do tipo e do uso do solo, o cálculo da interpolação de parâmetros com base em amostragens, e o delineamento de limites de cheia, tornam-se bastante facilitados pela utilização dos SIG.

Brandmeyer e Karimi (2000) propuseram a seguinte tipologia de integração: i) transferência de dados num sentido (one-way data transfer); ii) integração fraca (loose coupling); iii) integração partilhada (shared coupling); iv) integração por junção (joined coupling); e, integração de ferramentas (tool coupling). Na prática, o enfoque tem sido na integração fraca e na partilhada, onde as tecnologias (SIG e modelos de simulação) permanecem separadas. Em geral, apesar da existência da modelação ambiental dentro dos SIG, o papel predominante dos SIG na modelação ambiental tem sido para (Goodchild, 1993; Clark, 1998):

- **Pré-processamento de dados geoespaciais** com vista à sua entrada nos modelos de simulação. Isto envolve a integração de diferentes conjuntos de dados armazenados em formatos distintos, transformações, como sejam as de matricial para vetorial, operações de buffer, criação de novas layers por sobreposição, seleção e álgebra de mapas.
- **Assistência nas tarefas de modelação**, como sejam as tarefas de calibração e de construção de cenários.

- **Pós-processamento dos resultados** da simulação para visualização e análise posterior usando processamento cartográfico ou álgebra de mapas, e.g., para determinar o impacto nos aglomerados urbanos, usos do solo, etc..

A integração dos modelos de simulação ambientais dentro dos SIG (integração por junção; *joined coupling*) tem beneficiado muito com os avanços nas linguagens de programação suportadas pelos SIG e com as ferramentas que estes disponibilizam para facilitar o uso dessas linguagens. Há uma forte tendência para a disponibilização de linguagens de scripting por parte dos SIG comerciais (e.g., ArcGIS, MapInfo, Geomedia) e não comerciais (e.g., QGIS, gvSIG, uDig), para além de outras linguagens de programação de alto nível (e.g., C#.NET, VB.NET, Java). A utilização destas linguagens tornam a introdução dos dados, a visualização e a computação mais rápidas e fáceis do que a programação de raiz com base nas linguagens FORTRAN e C++. Outra direção pela qual algum software SIG tem enveredado, é a disponibilização de interfaces gráficas para a construção de modelos sob a forma de fluxogramas (cf. infra secção 3), o que permite ao utilizador encadear graficamente operações espaciais (e não só) em modelos de simulação.

1.2. A integração de modelos de simulação hidrológica e hidráulica e SIG: o caso particular da drenagem de águas pluviais urbanas

De acordo com Shamsi (2005, pág. 259-260), a integração dos modelos de simulação H&H e os SIG segue uma tipologia com pontos comuns à apresentada na secção 1.1. Segundo este autor, a integração de modelos de simulação H&H dentro do software SIG é o método que representa o relacionamento mais próximo entre as duas tecnologias, e fornece a base para um sistema de suporte à decisão para uma gestão efetiva dos sistemas de drenagem urbana.

Um software de modelação H&H de sistemas de drenagem pluvial urbana de maior divulgação é o Storm Water Management Model (SWMM), da autoria da Environmental Protection Agency (EPA) dos EUA (cf. infra secção 2)¹. Trata-se dum software de acesso livre.

¹ Embora o SWMM tenha sido inicialmente desenvolvido para a modelação H&H de sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas, também é utilizado em situações de drenagem

Existem várias soluções comerciais de integração do SWMM e de outro software do género com software SIG. Destacam-se as seguintes soluções: InfoSWMM, PCSWMM, MIKE Urban, SewerGEMS, XP-SWMM e SOBEK. Shamsi (2005, cap. 13) descreve vários outros exemplos de integração, nomeadamente entre o SWMM e o ArcView, precursor do software de SIG ArcGIS, do Environmental Systems Research Institute (ESRI).

Atualmente, alguns casos do software acima referido apresentam extensões para o ArcGIS.

Quanto à integração do SWMM em software open source, refere-se a iniciativa inpc com de integração dentro do gvSIG, e a iniciativa inp.PINS. Esta última consiste numa ferramenta cujo funcionamento se sintetiza da seguinte forma: i) gera o ficheiro de entrada para o SWMM a partir de dados SIG (shapefiles e um modelo digital do terreno em formato matricial); ii) manualmente, o utilizador abre a aplicação SWMM e preenche os restantes dados, aqueles que não estão associados a nenhuma entidade física ou geográfica, executando-a de seguida; iii) finalmente, combina os resultados do SWMM com o modelo digital do terreno, com vista à delimitação dos limites de cheia no formato shapefile.

1.3. Objetivo do trabalho

Pretende-se com este trabalho explorar as potencialidades de dois exemplos de software de SIG na integração do SWMM (versão 5.0.022). Um dos casos é comercial e com forte penetração no mercado internacional, o ArcGIS (versão 10.2) da ESRI. O outro é de código livre, o QuantumGIS ou QGIS (versão 2.0.1 -Dufour), tendo, portanto, à partida a vantagem de ser gratuito.

Quer o ArcGIS quer o QGIS disponibilizam o Python como linguagem de scripting e um ambiente de geoprocessamento semelhante, o que facilita a integração do modelo H&H dentro do SIG. Espera-se, ainda, que deste trabalho possam sair algumas pistas para futuras integrações de

de águas residuais domésticas e industriais, ou em situações em que ambas se combinam.

modelos de simulação ambiental e SIG.

Este documento está estruturado da seguinte forma: na secção 2, apresentam-se as principais características do software SWMM; na secção 3, explica-se em termos gerais o ambiente de geoprocessamento do ArcGIS e do QGIS; na secção 4 resumem-se as fases de integração e compara-se a integração nos dois SIG; a secção 5 é dedicada ao exemplo de aplicação e à discussão dos resultados. Finalmente, na secção 6, apresentam-se as principais conclusões e o trabalho a desenvolver no futuro.

2. O SOFTWARE SWMM

O SWMM implementa um modelo dinâmico de precipitação -escoamento para a simulação da quantidade e da qualidade do escoamento superficial, especialmente em zonas urbanas. Tanto pode ser usado na simulação de redes de drenagem para um único evento pluvioso, como na simulação contínua ao longo do tempo (Rossman, 2009).

O modelo conceptual do SWMM está dividido em quatro compartimentos: atmosfera, superfície, subterrâneo e transporte. A precipitação é gerada no compartimento atmosfera e recebida pelo compartimento superfície; infiltra-se pelo compartimento subterrâneo ou é conduzida até ao compartimento transporte, o qual inclui coletores, canais, bombas, reguladores, unidades de armazenamento ou tratamento.

Este modelo conceptual é implementado através de um conjunto interligado de objetos, cada um com uma função específica. Os pluviómetros representam um dado evento pluvioso, descrito por ietogramas. As sub-bacias drenantes recebem esta precipitação e são caracterizadas por: área, largura, declive, percentagem de impermeabilidade, depressões de armazenamento e propriedades do solo. As sub-bacias podem ainda ser divididas em usos do solo específicos. Assim que a precipitação é recebida por uma sub-bacia, pode infiltrar-se de acordo com um destes métodos de infiltração: Horton, Green - Ampt ou SCS Curve Number. A água não infiltrada é transformada em escoamento superficial e é

transportada através de uma rede de canais e coletores até uma saída final. Este transporte pode ser feito considerando os seguintes métodos de escoamento hidráulico: regime permanente, onda cinemática e onda dinâmica (ou difusa). A equação de Manning é utilizada para descrever a relação entre o caudal que passa nas condutas, a secção transversal, o raio hidráulico e o declive das mesmas. A poluição gerada pelo evento pluvioso é modelada recorrendo à concentração de poluentes e funções de propagação dos mesmos, definidas para cada tipo de uso do solo.

Algumas das entidades do modelo SWMM têm uma natureza física ou geográfica (e um conjunto inerente de atributos alfanuméricos), o que permite representá-las num mapa, e em particular num SIG.

A Figura 1 ilustra a forma como algumas dessas entidades físicas podem ser organizadas por forma a representar um sistema de drenagem.

O SWMM permite conhecer a evolução dos níveis de água e de qualidade da mesma em cada sub-bacia, assim como o caudal, a altura de escoamento e a qualidade da água em cada coletor e canal, durante um período de simulação composto por múltiplos intervalos de tempo (Rossman, 2009).

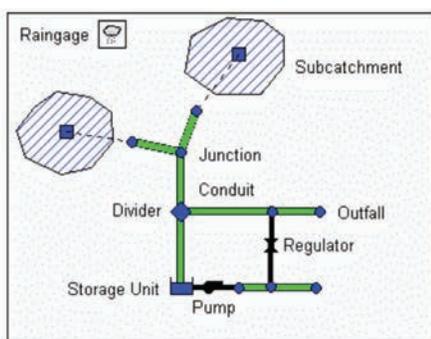


Figura 1 - Exemplo de entidades físicas do SWMM (figura retirada de Rossman, 2009)²

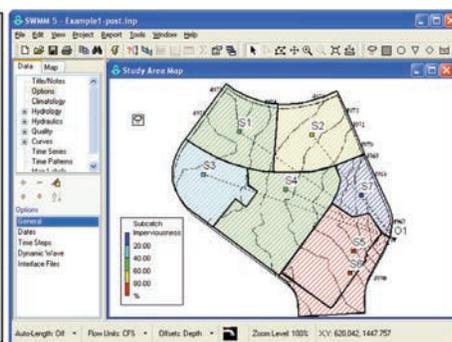


Figura 2 - Interface gráfica do SWMM 5

O SWMM foi desenvolvido para o sistema operativo Windows e apresenta uma interface gráfica (Figura 2) onde o utilizador pode: i) editar

² raingage: pluviómetro; subcatchment: sub-bacia; junction: nó; storage unit: unidade de armazenamento; pump: bomba; regulator: regulador; conduit: coletor, canal natural ou artificial; outfall: saída do sistema

manualmente os dados de entrada da área de estudo; ii) proceder a simulações hidrológicas, hidráulicas e de qualidade da água; iii) visualizar os resultados sob a forma de mapas, gráficos e tabelas; iv) e realizar análises estatísticas simples.

Para além da interface gráfica, é ainda disponibilizado um ficheiro executável (swmm5.exe) e um ficheiro dynamic link library (swmm5.dll). Estes podem ser integrados noutras aplicações e, desta forma, permitir a reutilização dos algoritmos do SWMM noutras plataformas de trabalho. Ambos recebem como entrada um ficheiro de dados em formato de texto e devolvem dois ficheiros, um de texto e outro binário. O ficheiro de texto contém o relatório da execução, incluindo mensagens de erro e tabelas de sumário dos resultados. O ficheiro binário contém os resultados duma simulação, em instantes predefinidos no ficheiro de entrada, para os elementos do sistema (coletores, canais, sub-bacias, bombas, etc.). É da responsabilidade da aplicação que interaja com o motor computacional do SWMM (.exe ou .dll) construir o ficheiro de entrada, caso não exista, aceder e mostrar os resultados contidos nos ficheiros de saída.

Juntamente com o ficheiro swmm5.dll, vem um conjunto de ficheiros com as declarações das funções presentes na biblioteca dll, para aplicações desenvolvidas em C/C++, Visual Basic for Applications (VBA) e Delphi. Existe um módulo Python (SWMM5_0.4.1.0; <https://pypi.python.org/pypi/SWMM5/>), embora não da autoria da EPA, que possibilita o acesso às funções da biblioteca dll a partir de aplicações programadas em Python. Uma das vantagens da utilização desse módulo reside na facilidade de acesso ao ficheiro de resultados. O conteúdo deste ficheiro é rapidamente convertido em estruturas de dados do Python, nomeadamente listas, dicionários e geradores, que por sua vez poderão ser convertidas em dados reconhecidos pelo SIG (shapefiles, *feature* classes, tabelas alfanuméricas, ficheiros csv, etc.), através de scripts em Python.

3. O AMBIENTE DE GEOPROCESSAMENTO DO ARCGIS E DO QGIS

Existem bastantes semelhanças entre o ambiente de geoprocessamento

do ArcGIS e o do QGIS. Os elementos fundamentais de ambos, muito idênticos, são: a ferramenta, a caixa de ferramentas, o modelo e construtor gráfico de modelos, o gestor do histórico de geoprocessamento, o processamento em batch e a linha de comandos de Python. Em ambos os casos, podem ser desenvolvidas ferramentas em Python (scripts). Os modelos não são mais que ferramentas encadeadas por forma a constituírem um fluxograma de trabalho. As ferramentas e os modelos podem ser parametrizados. Em função da tipologia dos parâmetros (e.g., ficheiro do tipo a ou b, layer, campo, valor escalar, etc.) assim o SIG gera a caixa de diálogo condizente.

Para além destes elementos, quer o ArcGIS quer o QGIS permitem a construção de add-ins (ou plug-ins), de maneira a incorporar funcionalidades ainda mais sofisticadas e facilitar a comunicação gráfica com o utilizador, e.g., um conjunto de ferramentas numa barra de ferramentas.

Uma característica fundamental do ambiente de geoprocessamento de ambos os SIG, é a possibilidade de construir novas ferramentas, modelos e plug-ins com base, não só, nas funcionalidades do próprio sistema, mas também noutras disponibilizadas por terceiros ou elaboradas pelo próprio utilizador para outras situações. A palavra chave é a reutilização.

4. A INTEGRAÇÃO DO SWMM NO ARCGIS E NO QGIS

Em ambos os casos, a integração do SWMM é feita recorrendo a ferramentas programadas em Python e a modelos. Não foram desenvolvidos plug-ins. Os modelos desenvolvidos incorporam as ferramentas desenvolvidas de raiz, ferramentas/add-ins do sistema e ferramentas/add-ins de terceiros.

A integração compreendeu as seguintes fases:

1. Conceção do modelo lógico geoespacial adequado ao SWMM. Consideraram-se as entidades físicas e não físicas e as relações entre si. Este modelo contempla não só as entidades que constituem a entrada no sistema, mas também as de saída.

2. Conversão do modelo lógico anterior para um modelo físico (ou

de dados), baseado numa base de dados espacial relacional. No caso do ArcGIS utilizou-se a base de dados File Geodatabase (FGDB) e no caso do QGIS utilizou-se a base de dados PostgreSQL/PostGIS.

3. Importação de informação já existente para o modelo de dados anteriormente

definido. Nesta fase distinguiram-se duas situações:

3.1. Importação de dados provenientes do ficheiro de entrada (texto) do SWMM; desta forma é possível testar, no novo sistema, problemas anteriormente definidos no ambiente gráfico do SWMM.

3.2. Importação de informação relevante do cadastro da rede, por exemplo, em ficheiros CAD, shapefiles ou bases de dados.

4. Conversão do modelo de dados anterior para o ficheiro de entrada do SWMM.

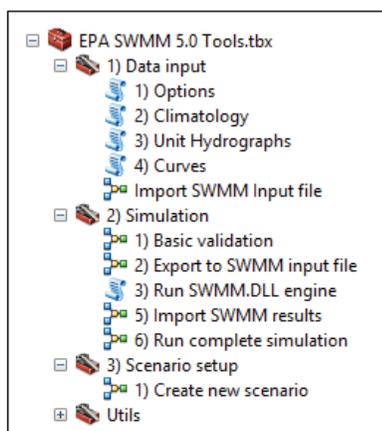
5. Simulação com o motor computacional do SWMM e conversão dos resultados do SWMM (em ficheiro binário) para o modelo de dados definido na fase 1. Esta ferramenta utiliza o módulo Python SWMM5_0.4.1.0 referido na secção 2.

6. Visualização e análise dos resultados recorrendo à combinação de diversas funcionalidades já existentes nos SIG, nomeadamente, simbologia, gráficos, perfis, animação gráfica e construção de relatórios, para visualização e comunicação do comportamento do sistema de drenagem ao longo do tempo.

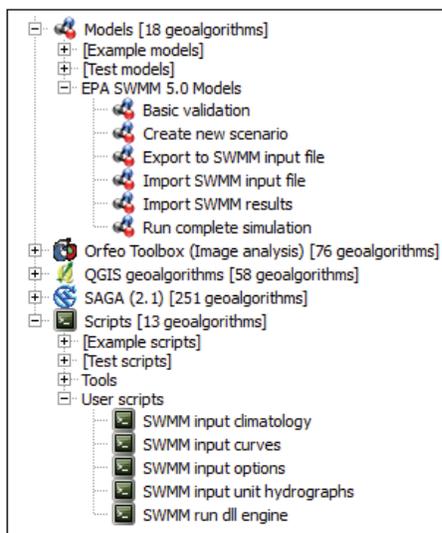
A Figura 3 mostra o conjunto de ferramentas e modelos desenvolvidos para o ArcGIS e para o QGIS.

4.1. Comparação da integração do SWMM no ArcGIS e no QGIS

Procurou-se, sempre que possível, reutilizar os procedimentos relativos a cada fase nos dois SIG. No entanto, cada um dos SIG disponibiliza uma interface de programação de aplicativos (Application Programming Interface, API) diferente, embora na mesma linguagem Python, o que conduz a implementações distintas. Além disso, as bases de dados utilizadas num e noutro caso têm especificidades próprias que também se traduzem em diferenças na implementação.



(a)



(b)

Figura 3 - Ferramentas e modelos desenvolvidos: (a) no ArcGIS; (b) no QGIS

A escolha de dois tipos diferentes de bases de dados e não apenas do PostGIS, deve-se ao facto de só recentemente a ESRI suportar este tipo. Verificou-se que a ligação e o acesso de leitura corriam bem, mas não se fizeram testes suficientes para garantir que todas as ferramentas do ArcGIS funcionariam de forma correta. Por outro lado, apesar de já existir uma File Geodatabase API livre, coloca-se o problema inverso no QGIS. O QGIS tem um bom suporte para o software livre, e, claro, a integração com o PostGIS é bastante boa. No entanto, apesar de ler a FGDB, detetaram-se alguns problemas ao nível da edição.

A forma de organizar e gerir as ferramentas no ArcGIS é mais intuitiva do que no QGIS (cf. supra Figura 3).

Embora a quantidade de ferramentas de edição geométrica do ArcGIS seja mais extensa, as do QGIS são bastante intuitivas e foram suficientes. Ambos os SIG possuem ferramentas de edição e validação topológica, necessárias para verificação da conectividade da rede antes de se gerar o ficheiro de entrada do SWMM. As do ArcGIS são mais completas, mas as do QGIS foram suficientes. Não foi utilizada nenhuma funcionalidade para a análise de redes.

O suporte de edição das tabelas de atributos (e outras) é semelhante nos dois casos, embora o QGIS apresente a vantagem de permitir a edição de tabelas na forma de “formulário”, o que em alguns casos é mais agradável para o utilizador. O preenchimento dos campos obrigatórios do modelo de dados desenvolvido com base em informação contida noutros campos, e a junção/relação de tabelas, são suportados em ambos os casos.

5. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

5.1. Descrição

Os testes foram realizados com base em 9 exemplos (Gironás, 2009). O SWMM está preparado para modelizar um conjunto muito variado de situações e esses 9 exemplos refletem essa variedade. Para garantir que a integração é bem sucedida, isto é, que conduz aos mesmos resultados das simulações realizadas exclusivamente no SWMM, optou-se pela utilização destes exemplos. Cada exemplo vem acompanhado de um ficheiro de dados em formato texto. Neste trabalho apresenta-se apenas um desses exemplos de aplicação (Gironás, 2009, pág. 118 -127).

O exemplo considerado diz respeito a uma zona residencial com uma área aproximada de 29 acre (\approx 11.7 ha). A zona foi dividida em 7 sub-bacias irregulares para melhor capturar o efeito da variabilidade da topografia, do tipo de cobertura e de características do solo, na geração de escoamento superficial.

O objetivo deste exemplo é simular um sistema de drenagem dual (AMK Associates, 2004). Estes sistemas têm duas partes distintas: “(1) uma superficial, sistema major ou principal, composta por ruas, canais naturais e artificiais, depressões e zonas de acumulação de água, entre outros; (2) uma rede de coletores, designada por sistema minor ou secundário. Quando a capacidade de carga do sistema de coletores é ultrapassada, a água sai dos coletores através das sarjetas, sumidouros e câmaras de visita, surgindo à superfície. Este volume de água em excesso pode ficar acumulado em pontos baixos, ser infiltrado, entrar novamente no sistema de coletores ou originar escoamento superficial” (Marques *et al.*,

2013, pág. 33). Habitualmente, o sistema de coletores é projetado para um período de retorno de 2 a 10 anos, enquanto o sistema de drenagem superficial pode ser projetado para lidar com eventos de 25 a 100 anos (Smith, 2006).

Neste exemplo, o sistema secundário é representado pelos coletores e sarjetas das ruas. Se este sistema entrar em sobrecarga, as ruas serão inundadas. O sistema principal é representado pelo “escoamento nas ruas” e pelo canal que atravessa o parque da zona. A rede de coletores foi dimensionada para um evento pluvioso de 2 anos. Resumindo, estudaram-se dois cenários de simulação:

Tabela 1 - Cenários de simulação; os aspetos que distinguem os cenário 1 do cenário base estão assinalados a negrito.

Cenário base		Cenário 1	
Período de retorno 2 anos		Período de retorno 2 anos	
Coletor	Diâmetro (ft)	Coletor	Diâmetro (ft)
P1	1	P1	1.33
P2	1	P2	1.5
P3	1	P3	1.5
P4	3	P4	1.67
P5	3	P5	1.83
P6	3	P6	2
P7	3	P7	2
P8	3	P8	3.17

A Figura 4 mostra as opções de análise consideradas para ambos os cenários. A Figura 5 mostra o ietograma (precipitação vs tempo) respeitante ao evento de 2 anos. Na Figura 6 é representado o cenário base de simulação, nomeadamente, todas as layers correspondentes às entidades físicas deste sistema de drenagem e algumas das respetivas tabelas de atributos, quer no ArcGIS quer no QGIS.

```
Flow Units ..... CFS
Process Models:
  Rainfall/Runoff ... YES
  Snowmelt .....NO
  Groundwater .....NO
  Flow Routing .....YES
  Ponding Allowed ..NO
  Water Quality ....NO
Infiltration Method ..HORTON
Flow Routing Method ..DYNWAVE
Starting Date .....JAN-01-2007
                    00:00:00
Ending Date .....JAN-01-2007
                    12:00:00
Antecedent Dry Days ..0.0
Report Time Step ....00:01:00
Wet Time Step .....00:01:00
Dry Time Step .....01:00:00
Routing Time Step ....15.00 sec
```

Figura 4 - Opções de análise dos cenários

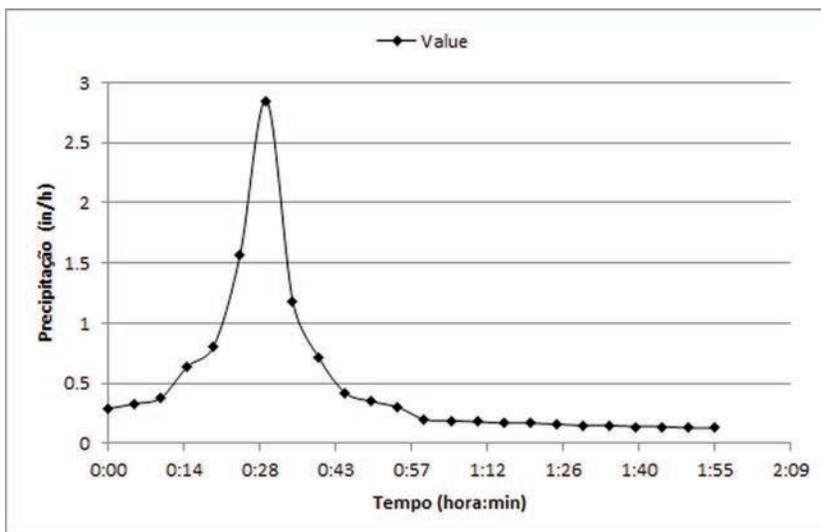
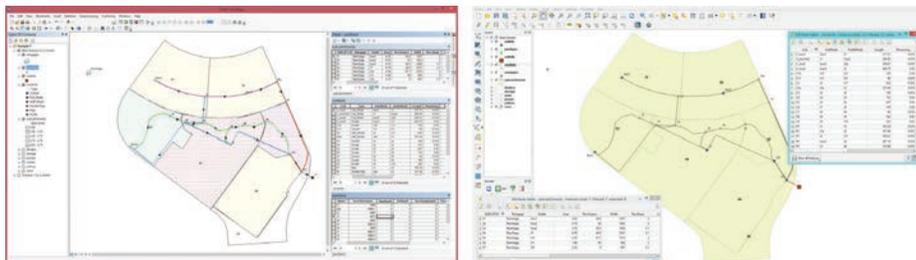


Figura 5 - Ietograma do evento com um período de retorno de 2 anos



(a) (b)

Figura 6 - Layers correspondentes ao cenário base e algumas das tabelas de atributos com dados de entrada: (a) no ArcGIS; (b) no QGIS

5.2. Discussão dos resultados

5.2.1. Resultados da simulação

Cenário base:

Os resultados da resolução do cenário base indicam que não há nós em sobrecarga ou inundados, pois as tabelas correspondentes às secções Node Surcharge Summary e Node Flooding Summary do relatório do SWMM vêm vazias. Contudo, os coletores P1, P2 e P3, entraram em sobrecarga, pois a tabela sumário de sobrecargas de condutas assim o indica (Tabela 2). Isto significa que o sistema de coletores se encontra subdimensionado.

Tabela 2 - Tabela sumário de sobrecarga de condutas

res_conduit_surcharge_sum						
Link	HoursFullBothEnds	HoursFullUpstream	HoursFullDnstream	Hours_AboveNormalFlow	HoursCapacityLimited	
P1	0.01	0.01	0.01	0.2	0.01	
P2	0.3	0.3	0.31	0.31	0.24	
P3	0.2	0.2	0.21	0.34	0.19	

Cenário 1:

O diâmetro das condutas foi iterativamente modificado por forma a obter uma solução onde os coletores não entrassem em sobrecarga, com um fator de segurança de, pelo menos, 15%, i.e., um rácio altura do coletor/altura de água inferior a 85% (Tabela 3, campo RatioMaxFullDepth). A mesma tabela (campo MaxVelocity) mostra que o critério da velocidade máxima nos coletores é verificado (10 ft/s).

De acordo com os critérios de drenagem, num evento de 2 anos não deve haver inundação das sarjetas das ruas (C2a, C2, C_Aux1, C_Aux2, C_Aux1to2). Tendo em conta as características das secções transversais consideradas para as sarjetas, se o rácio anterior for inferior a 0.38, não há risco da água galgar os passeios (Tabela 3). Logo, o sistema é apropriado em termos de fluxos de água nas ruas.

res_link_flow_sum								
	Link	Type	MaxFlow	DaysMaxOc	HoursMaxOcc	MaxVelocity	RatioMaxFullFlow	RatioMaxFullDepth
▶	C2a	CHANNEL	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C2	CHANNEL	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C3	CONDUIT	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C4	CONDUIT	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C5	CONDUIT	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C6	CONDUIT	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C7	CONDUIT	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C8	CONDUIT	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C9	CONDUIT	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C10	CONDUIT	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	C11	CONDUIT	41.45	0	12:35:00 AM	8.76	0.21	0.31
	C_Aux1	CHANNEL	6.59	0	12:35:00 AM	2.17	0.03	0.27
	C_Aux2	CHANNEL	7.65	0	12:35:00 AM	2.17	0.03	0.29
	C_Aux1to2	CHANNEL	0	0	12:00:00 AM	0	0	0.15
	C_Aux3	CONDUIT	0	0	12:00:00 AM	0	0	0
	P1	CONDUIT	6.58	0	12:35:00 AM	6.24	0.81	0.71
	P2	CONDUIT	7.66	0	12:35:00 AM	6.11	0.86	0.67
	P3	CONDUIT	7.51	0	12:36:00 AM	5.05	0.72	0.8
	P4	CONDUIT	4.2	0	12:35:00 AM	3.08	0.47	0.64
	P5	CONDUIT	6.54	0	12:36:00 AM	3.64	0.57	0.65
	P6	CONDUIT	9.79	0	12:36:00 AM	4.21	0.83	0.72
	P7	CONDUIT	18	0	12:35:00 AM	6.64	0.92	0.81
	P8	CONDUIT	29.33	0	12:35:00 AM	7.32	0.63	0.51

Tabela 3 - Tabela sumário do escoamento nos arcos (coletores, sarjetas, canais)

Para além das tabelas exibidas anteriormente, as bases de dados construídas suportam outras tabelas de resultados do SWMM, nomeadamente, tabelas com variáveis relativas a sub-bacias, nós e arcos (coletores, sarjetas, canais) para cada instante reportado pelo SWMM (Figura 7). A partir desta informação é possível mostrar visualmente, nos dois SIG, a evolução temporal destas variáveis.

The screenshot displays three data tables from a simulation software interface:

- res_node:** A table with columns: OBJECTID, Node, Date, Time, Inflow, Flooding, Depth, Head. It shows data for 12 nodes (1-12) on 1/1/2007, with values for Inflow, Flooding, Depth, and Head.
- res_subcatchment:** A table with columns: OBJECTID, Subcatch, Date, Time, Precipitation, Losses, Runoff. It shows data for 12 subcatchments (1-12) on 1/1/2007, with values for Precipitation, Losses, and Runoff.
- res_link:** A table with columns: OBJECTID, Link, Date, Time, Flow, Velocity, Depth, PercentFull. It shows data for 10 links (1-10) on 1/1/2007, with values for Flow, Velocity, Depth, and PercentFull.

Figura 7 - Tabelas de resultados dos nós, arcos e sub-bacias para cada instante

5.2.2. Resultados da integração

Para além dos resultados da simulação, importa discutir os resultados da integração propriamente dita. O desenvolvimento das ferramentas no ArcGIS e no QGIS foi feito com base nos site packages ArcPy e PyQGIS, respetivamente. É através destes “pacotes de módulos” que se pôde aceder programaticamente às funcionalidades dos dois SIG, usando a linguagem Python. Quer num caso quer noutro, foram usadas classes e funções que permitiram executar tarefas essenciais como: i) aceder a layers no mapa; ii) carregar layers a partir de fontes de dados vetoriais e rasters em diferentes formatos; iii) fazer inquirições; iv) selecionar subconjuntos de entidades (*features*); v) aceder à geometria e aos atributos das entidades; vi) realizar cálculos com base em atributos ou na geometria; vii) adicionar, apagar e calcular campos; viii) realizar operações espaciais do tipo união, interseção, recorte, etc.; ix) e criar novas entidades. Além disso, pelo facto da linguagem de programação ser a mesma, foi possível a aceder aos mesmos módulos disponibilizados por terceiros (e.g., NumPy).

No entanto, notaram-se alguns pontos menos bons do QGIS relativamente ao ArcGIS:

- A documentação no ArcGIS está centralizada e é bastante detalhada, algo que não acontece com o QGIS.

- A tipologia de parâmetros de entrada e de saída que se pode considerar em cada ferramenta é menor no caso do QGIS do que no caso do ArcGIS; isto significa que é necessário escrever mais código para realizar a validação dos parâmetros.
- Para algumas operações foi necessário escrever mais código no QGIS porque não existiam ainda ferramentas pré-programadas.

6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste trabalho integrou-se um modelo de simulação hidrológica e hidráulica de redes de drenagem de águas pluviais urbanas - o SWMM -, em dois exemplos de software SIG amplamente utilizados a nível internacional - o ArcGIS e o QGIS. Ambos os SIG possuem um ambiente de geoprocessamento e um conjunto de outras funcionalidades (simbologia, gráficos, perfis, animação gráfica) que facilitaram a integração pretendida. Embora hajam diferenças no processo de integração, o resultado final foi muito semelhante.

Há, no entanto, muitas melhorias a introduzir nos sistemas desenvolvidos. Destas, destacam-se as seguintes:

- Melhorar a comunicação com o utilizador, o que inclui a construção de mais ferramentas/modelos para automatizar algumas das tarefas atuais (e.g., junções e relações de tabelas, campos calculados, construção de modelos para gráficos). Um utilizador pouco familiarizado com os SIG poderá ter algumas dificuldades. Será, eventualmente, necessário criar alguns add-ins ou plug-ins a partir do trabalho desenvolvido.
- Melhorar a construção e a gestão de cenários de simulação no sentido de evitar a duplicação de informação.

Por outro lado, pretende-se ainda:

- Testar com um caso real, onde a delimitação das sub-bacias se faça de forma automática e se utilizem as funcionalidades dos SIG para a extração de parâmetros relativos a todos os aspetos da modelação H&H de sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas.

- Integrar os resultados do SWMM num modelo de delimitação de zonas de cheia.

BIBLIOGRAFIA

- AMK Associates, International, Ltd. (2004) - Dual drainage storm water management model, Program Documentation and Reference Manual, Release 2.1, Ontário, Canadá. ArcGIS. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute (ESRI). Retirado de <http://www.esri.com> [Acedido em 20/03/2014].
- ASPINALL, Richard, & PEARSON, Diane (2000) - “Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: Linking landscape ecology, environmental modelling and GIS”. *Journal of Environmental Management* 59: 299-319.
- BRANDMEYER, Jo Ellen & KARIMI, Hassan (2000) - “Coupling methodologies for environmental models”. *Environmental Modelling & Software* 15: 479-488.
- BRIMICOMBE, Allan (2010) - “GIS, environmental modeling and engineering” (2^a ed.). Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group.
- BRIMICOMBE, Allan J & LI, Yang & AL -ZAKWANI, Abdullah & LI, Chao (2009) - “Agent - based distributed component services in spatial modeling”. In *Computational science and its applications—ICCSA 2009*, ed. O. Gervasi *et al.*, 300-312. Berlin: Springer -Verlag.
- CLARK, Michael (1998) - “Putting water in its place: A perspective on GIS in hydrology and water management”. *Hydrological Processes*, 12: 823-834.
- CLAYTON, Anthony & RADCLIFFE, Nicholas (1996) - *Sustainability: A systems approach*. London: Earthscan Publications.
- FEDRA, Kurt (1993). “GIS and environmental modeling”. In *Environmental modeling with GIS*, ed. M.F. Goodchild, B.O. Parks, & L.T. Steyaert, 35-50. New York: Oxford University Press.
- GIRONÁS *et al.* (2009) - Storm water management model applications manual. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency.
- GOODCHILD, Michael (1993) - “The state of GIS for environmental problem -solving”. In *Environmental modeling with GIS*, ed. M.F. Goodchild, B.O. Parks, & L.T. Steyaert, 8-15. New York: Oxford University Press.
- MARQUES, Alfeu, *et al.* (2013) - *Hidrologia Urbana - Sistemas de Drenagem de águas pluviais urbanas*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Universidade de Coimbra.

- MCDONNELL, Rachael (1996) - "Including the spatial dimension: Using geographical information systems in hydrology". *Progress in Physical Geography* 20: 159-177.
- QGIS Development Team (2014) - QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Retirado de <http://qgis.osgeo.org> [Acedido em 20/03/2014].
- ROSSMAN, Larry (2009) - Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0. EPA/600/R -05/040, U.S. Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH.
- SENGUPTA, Raja, & BENNETT, David (2007) - "Agent -based modelling environment for spatial decision support". *International Journal of Geographic Information Science* 17: 157-180.
- SHAMSI, Uzair (2005) - GIS applications for water, wastewater, and stormwater systems. CRC Press.
- SMITH, Michael (2006) - "Comment on Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems", *Journal of Hydrology*, 317(3 -4), pp. 355 -363. Storm Water Management Model (SWMM). USA Environmental Protection Agency (EPA). Retirado de <http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/wq/models/swmm/> [Acedido em 20/03/2014].
- TSOU, Ming -Hsiang, & BUTTENFIELD, Barbara (2002) - "A dynamic architecture for distributed geographic information services". *Transactions in GIS* 6: 355-381.

ARTIGO 40

GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE LINHAS RECORRENDO A TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

TRAVANCA LOPES, José¹ & CATALÃO, João²

¹Academia Militar; Av. Conde Castro Guimarães, 2720-113 Amadora; Email: jose.lopes@academiamilitar.pt

² Faculdade Ciências da Universidade de Lisboa; Instituto D. Luiz, Campo Grande, 1749-016 Lisboa; jcfernandes@fc.ul.pt

RESUMO

No processo de produção cartográfica a generalização cartográfica é considerada uma das tarefas mais complexas de automatizar pois depende de vários fatores independentes como a razão entre as escalas envolvidas, características geométricas da linha, contextualização e relações topológicas, entre outras. No caso particular de linhas, a sua generalização visa a remoção de detalhes desnecessários minimizando a degradação da sua função, identidade ou forma. Neste artigo propõe-se uma abordagem integrada de generalização de curvas de nível recorrendo a um algoritmo de generalização de linhas e técnicas de IA (Inteligência Artificial). A metodologia inclui a caracterização numérica das curvas de nível (dimensão fractal, angularidade, comprimento da linha, desvio padrão dos seus segmentos), o seu uso no treino de três algoritmos de inteligência artificial (rede neuronal, árvores de decisão e de classificação e regressão) com as quais se calcula o valor de um parâmetro a usar no algoritmo de generalização. Por fim é utilizado um agente, que executa um leilão e escolhe o 'melhor' entre os resultados preditos pelos métodos de IA. Esta metodologia foi aplicada na generalização da altimetria da série M888 escala 1/25.000 do IGeoE para a série M782

escala 1/50.000. Esta metodologia poderá ser análogamente utilizada noutros temas cartográficos e englobando outros algoritmos ou cadeias de algoritmos.

PALAVRAS-CHAVE

Inteligência artificial, Generalização cartográfica, Redes neuronais, Árvores de decisão, Classificação de linhas.

1. INTRODUÇÃO

No presente, a generalização cartográfica é realizada nas NMA (National Mapping Agency) de forma interativa semiautomática, englobando duas ou mais séries cartográficas e abrangendo diversas escalas. Com esta abordagem obtemos uma simbiose homem/máquina, para efectuar uma tarefa onde se alia o conhecimento processual e cartográfico do cartógrafo ao automatismo da máquina. Por este motivo, é necessário que o cartógrafo tenha muita experiência, em cartografia, seja um profundo conhecedor das regras cartográficas e no emprego dos algoritmos de generalização, antevendo possíveis resultados e problemas. Só detendo este nível de conhecimento e experiência se poderá obter bons níveis de execução e rentabilidade.

O grande desafio que se coloca à ciência é obter o conhecimento do cartógrafo, englobando as duas vertentes mencionadas e, de alguma forma passar para o computador a decisão de escolher que parâmetros e algoritmos utilizar na generalização de cada uma das entidades cartográficas. Pretende-se com este trabalho adquirir e utilizar, parte deste conhecimento, detido pelos cartógrafos e utilizá-lo na generalização de curvas de nível.

Alguns autores consideraram a generalização cartográfica como um problema de optimização. Foram desenvolvidas algumas abordagens de optimização para a generalização cartográfica, como o método das snakes (Bader e Barrault 2000), elastic beams (Bader e Barrault 2001) e ajustamento por mínimos quadrados (Sarjakoski e Kilpeläinen 1999). Neste grupo podemos incluir o projecto AGENT, proposto por Ruas e Plazanet (1996). A proposta baseia-se num modelo controlado por um conjunto de

constrangimentos. O objectivo do projecto AGENT assenta na modelação da natureza holística da generalização, recorrendo a tecnologia multi-agente (Ruas 2000). Em vez de usar um plano centralizado no processo da generalização, usa constrangimentos locais, regionais e globais, que são armazenados nos agentes. Estes agentes são os objectos cartográficos (micro-agentes), grupo de objectos (meso-agentes) ou as classes de objectos (macro-agentes) que podem comunicar e afectar outros agentes.

2. DADOS E MÉTODOS

Os dados iniciais são as curvas de nível da série M888 do IGeoE na escala 1:25000. A equidistância natural desta série é de 10 metros. O objetivo é a sua generalização para a escala 1:50000, cuja equidistância natural é de 20 metros. Por isso, e neste caso particular, foram seleccionadas para teste do algoritmo de generalização apenas as curvas de nível cujas cotas sejam múltiplas de 20m. Foram também seleccionados da BDG (Base de Dados Geográficos) os vértices geodésicos, alguns pontos de cota e todas as linhas de água, conforme esquematizado na Figura 1.

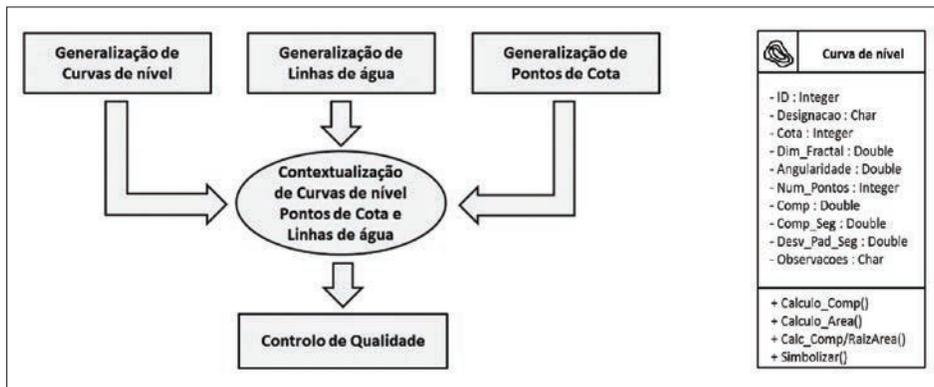


Figura 1 - Faseamento geral das actividades

Figura 2 - Atributos das Curvas de nível

Após a selecção das curvas de nível, é necessário efectuar a sua caracterização numérica, calculando a dimensão fractal, angularidade, média do comprimento dos segmentos, número de pontos etc. e adicionar estes

valores como atributos das linhas, ver Figura 2. Estes parâmetros são usados com entrada no processo de seleção do parâmetro ótimo para generalização das curvas de nível de acordo com o algoritmo de generalização de linhas proposto por Lopes (2006). Este algoritmo generaliza as curvas de nível com base num parâmetro de tensão a aplicar a cada linha. De acordo com este autor a tensão a aplicar é função dos parâmetros característicos da linha (previamente determinados). A tensão a aplicar a cada linha é determinado recorrendo a métodos de inteligência artificial, de acordo com as características geométricas específicas de cada curva de nível (Bernhardt 1992, Balboa 2008, Plazanet 1998). Por último efetua-se a contextualização, resolução de conflitos e avaliação dos resultados.

O projecto engloba uma Base de Dados do conhecimento que armazena as regras cartográficas utilizadas e as prioridades das entidades, para efeitos de generalização, conforme representado na Figura 3.

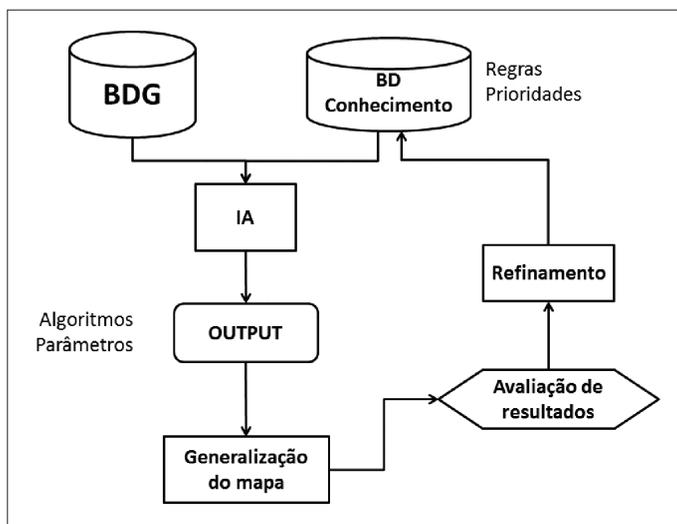


Figura 3 - Esquema geral da metodologia aplicada

3. GENERALIZAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL

3.1. Uso da IA na generalização de curvas de nível

A generalização das curvas de nível é efectuada com o algoritmo proposto por Lopes (2006). Este algoritmo requer um valor para a tensão a

aplicar a cada curva de nível que depende das características geométricas da curva, conforme Figura 4. Pretende-se que o cálculo do valor da tensão a aplicar à linha seja efectuada de forma automática, sem intervenção do operador humano. O computador tomará decisões que eram restritas do cartógrafo, apresentando como resultado final a tensão a utilizar numa curva de nível específica, ver Figura 5. Usou-se uma Rede Neuronal, uma Árvore de Classificação e Regressão e uma Árvore de Decisão, recorrendo ao algoritmo C5, ver sobre este assunto Gama *et al.* (2012), Russel e Norvig (2003), Quinlan (1986) e Kohavi e Quinlan (1999). Para os algoritmos de IA, utilizaram-se os atributos da linha, como *input*, para obter o valor da tensão, como *output*.

Os outputs são depois comparados e analisados por um agente, num leilão, onde é escolhido o “melhor” valor para o parâmetro tensão, a utilizar na generalização das curvas de nível. Para treinar a rede neuronal e construir as árvores de decisão e classificação e regressão, utilizam-se dados representativos do conjunto que se pretende generalizar.

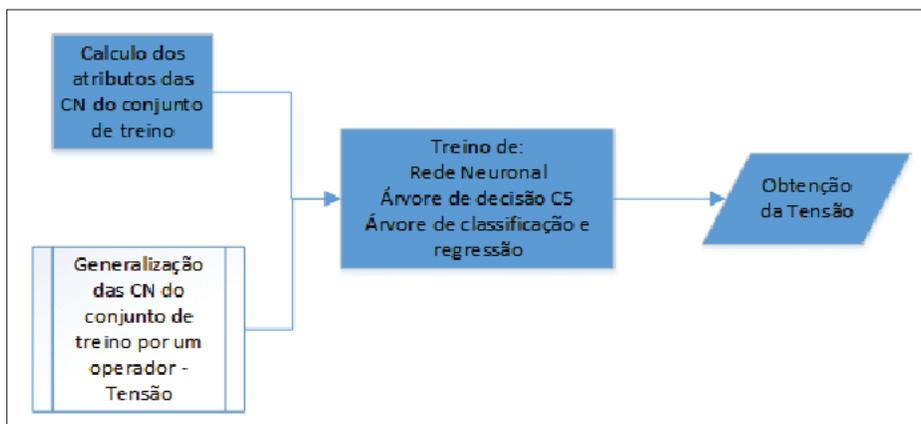


Figura 4 - Fases do treino

Após este treino e esta validação é possível tirar partido, da rede neuronal treinada para estes casos e, das árvores de decisão e de classificação e regressão de forma a generalizar as curvas de nível das restantes folhas da série M888, para serem representadas na série M782 à escala 1/50 000.

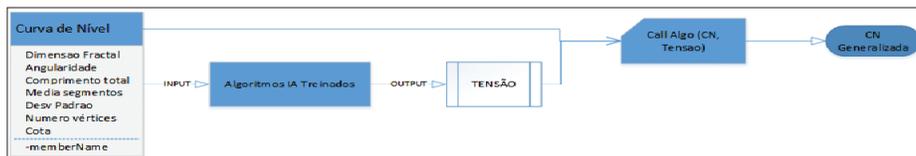


Figura 5 - Generalização das Curvas de Nível

O processo de aprendizagem, inclui a preparação de dados, definição de variáveis e respectivos domínios, incluindo aqui os atributos caracterizadores das curvas de nível e os valores da tensão seleccionados pelo cartógrafo, para cada linha de entrada, Figura 6a) e b). É também aqui definida a variável de saída, onde os valores da tensão para cada método de IA são armazenados.

Para os novos casos, os atributos caracterizadores das curvas de nível são conectados à rede neuronal, árvore de classificação e regressão e árvore de decisão que, com os parâmetros previamente refinados durante o processo de aprendizagem, produzem como saída um valor de tensão a utilizar no algoritmo de generalização, ver Figura 6 d1) d2) e d3), (*NN-Rede Neuronal, C&R-Árvore de Classificação e Regressão, C5-Árvore de Decisão recorrendo ao algoritmo C5*).

Utilizou-se uma Rede Neuronal multicamada. Foram testadas várias redes para discernir o número de camadas escondidas, após estas experiências concluiu-se que para este processo e com estes dados, os melhores resultados foram alcançados com 3 camadas intermédias escondidas. A camada de entrada integra 7 unidades, uma por cada atributo numérico caracterizador da curva de nível. Na camada de saída é apresentado o valor do parâmetro (tensão) a utilizar no algoritmo, ver Figura 6 f). Para função de activação utilizou-se uma sigmoide de 0.5.

Apesar das Redes Neurais serem ferramentas poderosas na resolução de problemas, é frequente integrar Redes Neurais com outros sistemas ou paradigmas, para obter soluções para problemas mais complexos, como por exemplo, na área da Robótica, veja (Russel e Norvig, 2003).

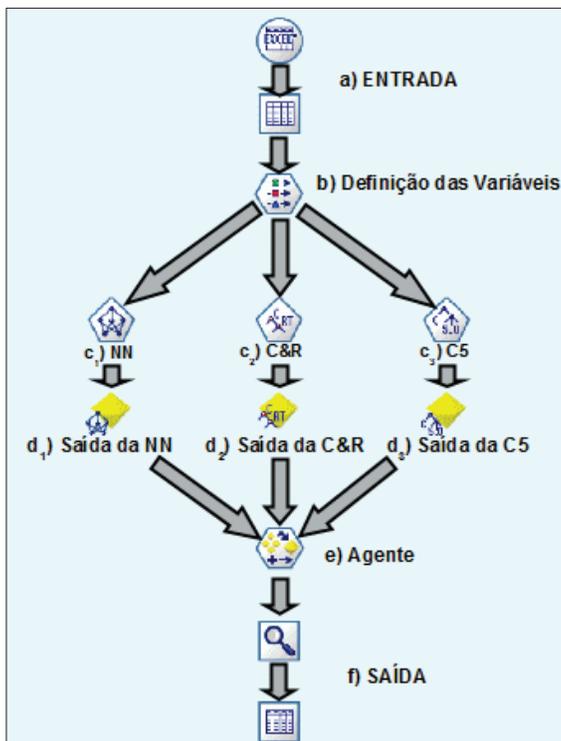


Figura 6 - Projecto Geral de actividades de Inteligência Artificial

Os resultados destes três métodos são combinados num nó, onde um agente realiza um “leilão”, de modo a que o valor de tensão calculado seja o “melhor” resultante dos três métodos. Este agente combina dois ou mais Outputs para obter predições, mais precisas que as dadas por cada método individualmente. Combinando predições de múltiplos métodos, as limitações destes métodos individuais podem ser corrigidas ou atenuadas, tendo como resultado final uma precisão superior, ver Figura 6e). A combinação destes métodos obtém um resultado, pelo menos tão bom como o melhor dos métodos individuais, sendo frequentemente melhor. É possível prever o valor da tensão a usar no algoritmo de generalização, ver Figura 6f), libertando o cartógrafo desta tarefa.

É necessário que a curva de nível generalizada seja avaliada por um cartógrafo. Pois sempre que se utiliza um algoritmo para generalizar, poderemos ter um resultado parcialmente aceitável.

3.2. Dados de teste

Efectuaram-se duas experiências com mapas da série M888 de escala 1/25 000 do IGeoE (*Instituto Geográfico do Exército*), com o objectivo de generalizar as curvas de nível destes mapas para a escala 1/50 000, os resultados foram posteriormente comparados com a generalização manual. Escolheu-se um conjunto de 249 curvas de nível pertencentes à folha N° 309 da série M888 para treinar a rede neuronal e construir as árvores de decisão e classificação e regressão. Após o treino é necessário um outro conjunto de dados para validação, para isso escolheu-se um conjunto de 292 curvas de nível da folha N°50.

As curvas de nível usadas no processo de aprendizagem englobam um grande conjunto de formas, como se pode ver na Tabela 1 a sua dimensão fractal varia desde 1.049 a 1.577, o que significa que a sua sinuosidade vai desde o quase plano até ao muito sinuoso, o número de vértices varia entre 10 e 11339 conjugado com o comprimento da linha, média do comprimento dos seus segmentos e respectivo desvio padrão é indicativo da sua complexidade, resultando num conjunto de linhas abrangente e demonstrativo.

Tabela 1 - Estatísticas da caracterização de linhas

Parâmetro	Min	Max	Mediana	Média
Dimensão Fractal	1.049	1.577	1.361	1.351
Número de vértices	10	11339	77	475
Comprimento da linha (m)	50.7	107383.5	700.8	4575.1
Angularidade (gra)	5.2	34.0	9.6	10.0
Média dos segmentos(m)	4.9	13.4	8.8	9.0
Desvio padrão dos segmentos (m)	4.1	698.1	48.1	86.9
Cota das curvas de nível (m)	100	500	240	265

3.3. Treino

O sistema necessita de ser treinado com dados reais. Para isso um operador experiente seleccionou a tensão óptima a ser aplicada para cada curva de nível, de modo a ser generalizada da escala 1/25 000 para a escala 1/50 000. Foram processados dois conjuntos de curvas de nível: o primeiro para treinar o algoritmo e o segundo para avaliar a qualidade do processo de generalização.

Tabela 2 - Importância das variáveis no processo de classificação

Variáveis	C&R	C5	Rede Neuronal
Dimensão Fractal	0.642	0.697	0.314
Média dos Segmentos	0.243	0.041	0.198
Angularidade	0.083	0.115	0.109
Cota	0.017	0.042	0.090
Comprimento da linha	0.008	0.000	0.117
Desvio padrão dos segmentos	0.008	0.093	0.069
Número de vértices	0.000	0.012	0.104

Analisando os dados da Tabela 2 podemos observar que para qualquer dos métodos, a dimensão fractal é aquela que apresenta a maior importância para a classificação, o número de vértices e o comprimento da linha não influenciam grandemente esta classificação.

Neste caso foi usado uma árvore de decisão (C5) com profundidade de 8, não foi aplicado nenhum método de poda extra, para além do utilizado pelo próprio algoritmo na construção da árvore, não houve nenhum tratamento ao nível dos suplentes, pois o número de casos não é excessivamente grande e todos os atributos estão preenchidos, não havendo atributos vazios ou nulos. As classes usadas para a aprendizagem supervisionada foram os valores da tensão possíveis, usados na generalização de curvas de nível.

3.4. Resultados

As três soluções usadas no processo foram analisadas pelo sistema a fim de seleccionar a tensão óptima a aplicar às linhas. Para validação do processo foram usadas 292 curvas de nível da folha N°50 cujas matrizes de confusão são apresentadas abaixo. A qualidade do resultado, foi testada por comparação da metodologia proposta e a generalização efectuada por um cartógrafo experiente, das curvas de nível da mesma carta. As colunas representam a tensão indicada pelo cartógrafo e as linhas correspondem à tensão estimada pelo algoritmo. Analisou-se separadamente a Rede Neuronal (Tabela 3), a árvore de decisão com o algoritmo C5 (Tabela 4), a árvore de classificação e regressão (Tabela 5) e após a utilização do agente (Tabela 6).

Tabela 3 - Matriz de confusão para a Rede Neuronal

Operador/Rede Neuronal

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
0												
1		13	53									66
2			61		1	1						63
3			5	2								7
4			10			1						11
5			15	1	2	120	3	1	1			143
6								2				2
7												
8												
9												
10												
Total		13	144	3	3	122	3	3	1			292

Pc - Percentagem de concordância 67%

Tabela 4 - Matriz de confusão para a Árvore C5

Operador/Árvore de decisão C5

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
0												
1			7									7
2		13	128	2	1	36						180
3												
4			2		1	19						22
5			7	1	1	54	2	1				66
6						3	1					4
7						10		2	1			13
8												
9												
10												
Total		13	144	3	3	122	3	3	1			292

Pc - Percentagem de concordância 63%

Tabela 5 - Matriz de confusão para a Árvore C&R

Operador/Árvore C&R

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
0												
1			7									7
2		13	129	2	1	36						180
3												
4			2		1	19						22
5			5	1	1	55	2	1				66
6						3	1					4
7						10		2	1			13
8												
9												
10												
Total		13	143	3	3	123	3	3	1	0		292

Pc - Percentagem de concordância 64%

Tabela 6 - Matriz de confusão depois do Agente

Operador/Agente

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
0												
1		5	1									6
2		8	126	2		15						151
3						1						1
4			6		2	4						12
5			11	1	1	102	3	1	1			120
6												
7								2				2
8												
9												
10												
Total		13	144	3	4	121	3	3	1			292

Pc - Percentagem de concordância 81%

Após o treino da Rede Neuronal e construção das árvores de decisão, foram comparados os valores preditos por estes métodos e os considerados por um operador experiente, para o conjunto de linhas de verificação (curvas de nível), na análise destas podemos verificar que as maiores tensões não são usadas, nem pelo operador nem pelos métodos de IA, pelo que para o rácio destas escalas a deformação das linhas não deve ser muito elevada. Com a utilização do agente obtemos um ganho considerável na predição do valor da tensão a usar, quando combinamos os três métodos.

4. RESULTADOS E VALIDAÇÃO

4.1. Validação quantitativa

Para a validação quantitativa, calcularam-se diversas medidas das curvas de nível e compararam-se entre si os valores das curvas homólogas. Utilizaram-se nesta comparação algumas medidas não utilizadas na caracterização numérica das linhas, como a área ocupada pela curva de nível, a diferença das áreas envolvidas e a área diferença, comparou-se ainda valor do comprimento sobre a raiz quadrada da área. Algumas curvas de nível são interrompidas nos limites da folha, nestes casos optou-se por considerar os limites da folha da série M888, formando a menor área, como pertencendo à curva. Os resultados da comparação entre os dados da série M888 escala 1/25000 e M782 escala 1/50000, são apresentados na Tabela 7, onde o valor das áreas é dado em metros quadrados.

Tabela 7 - Comparação entre as curvas de nível, originais 25k e generalizadas manualmente 50k, folha 279

CNível	Area_25k	Area_50k Manual	Dif_25_50k _Manual	Slivers_25_50k	Dif_Slivers- Dif_25_50k	$\frac{Comp\ 25k}{\sqrt{Area}}$	Comp_50k	$\frac{Comp\ 50k}{\sqrt{Area}}$
Min	3.09E+03	3.11E+03	-23384.15	38.36	-316579.58	2.61535	190.92	2.62543
Max	7.33E+07	7.33E+07	344271.68	124429.75	147813.89	32.08369	129593.46	31.68225
Media	2.56E+06	2.55E+06	1849.61	6137.39	4266.23	6.02446	7158.19	5.96835
Mediana	8.47E+04	8.68E+04	58.82	1244.44	1320.43	5.14928	1570.76	5.13889
DesvPad	8.72E+06	8.70E+06	21824.81	13936.17	25072.79	3.16316	15204.02	3.12171

Da tabela anterior podemos verificar que o valor da área ocupada diminui, da 25k para a 50k, aumentando nalguns casos, principalmente onde o comprimento das linhas é menor e se pretende que as mesmas tenham representatividade na escala menor. A área dos *slivers*, não apresenta um valor muito elevado, pelo que o afastamento das linhas não deve ser muito acentuado. Comparando os valores dados pelo $\frac{Comp}{\sqrt{Area}}$, podemos verificar que os valores são semelhantes, sendo inferiores 50k para a série M782, exceptuando o seu mínimo que é ligeiramente superior, o que concorda com os dados apresentados anteriormente. Também o comprimento das linhas diminui com a generalização manual, da escala 25k para 50k.

Comparando as áreas ocupadas pelas curvas de nível, generalizadas

manualmente e automaticamente, podemos constatar que concordam entre si, nos seus valores máximos e na média, os valores mínimos apresentam uma pequena diferença não muito significativa, devido ao facto do algoritmo não efectuar exageros, diminuindo o valor dos comprimentos e das áreas. Verifica-se que a diferença entre os $Comp/\sqrt{Área}$ manual e automática tem de média um valor próximo de 0.2, os valores máximo, mínimo e mediana também têm valores baixos na ordem dos 0.2, havendo concordância entre os valores dados para as curvas de nível generalizadas manualmente e automaticamente.

Tabela 8 - Comparação entre as curvas de nível, generalizadas manualmente e automaticamente 50k, folha 279

	Area_50K Manual	Comp_50k Manual	Comp/Raiz (Area_50k)	Area_GenAut	Comp_GenAut	$Comp\ 50k\ Gen / \sqrt{Área}$	DifArea50k Man_Aut	Dif Com 50k/raiz Man Aut	Silvers_50 kMan_50k Aut
Min	3.11E+03	190.92	2.63	2.88E+03	1.75E+02	2.62	-1.31E+06	-8.45	225.06
Max	7.33E+07	1.3E+05	31.68	7.34E+07	1.20E+05	29.70	8.35E+04	1.99	2.37E05
Media	2.55E+06	7.16E+03	5.97	2.55E+06	6.74E+03	5.70	-2.63E+03	0.24	1.75E+04
Mediana	8.68E+04	1.57E+03	5.14	8.18E+04	1.45E+03	4.99	1.54E+03	0.20	4.89E+03
Desvpad	8.70E+06	1.52E+04	3.12	8.71E+06	1.42E+04	2.90	8.57E+04	0.64	3.18E+04

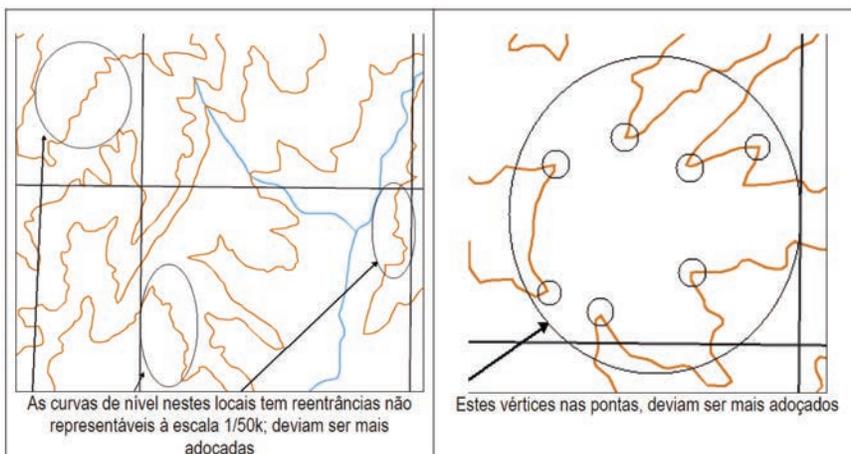


Figura 7 - Erros apontados pelos operadores da Secção de Controlo de Qualidade

4.2. Validação qualitativa

Esta validação foi efectuada na Secção de Controlo de Qualidade do IGeoE, onde as folhas generalizadas, foram submetidas ao processo de

controlo de qualidade. A validação quantitativa é notoriamente incompleta para estes casos de cartografia, pois mesmo apresentando valores da tensão a utilizar, concordantes entre este método e os valores obtidos pelos operadores, é necessário verificar se as regras cartográficas não foram comprometidas, assim como a topologia e legibilidade do produto final. Apenas com uma visualização da representação dos dados por um operador cartógrafo, esta avaliação é possível, não podemos dispensar esta avaliação qualitativa sob o risco de obter um mapa não legível ou em condições de utilização muito insipientes.

5. CONCLUSÃO

Neste artigo apresentou-se uma metodologia de generalização de curvas de nível, utilizando um algoritmo cujo parâmetro é calculado recorrendo a técnicas de IA. Utilizou-se uma rede Neuronal, uma Árvore de decisão e uma Árvore de classificação e regressão para calcular o parâmetro tensão. O ‘melhor’ parâmetro é seleccionado através de um leilão efectuado por um Agente, onde os licitantes são os métodos de IA, utilizados na predição. O foco desta metodologia centra-se na deformação da curva de nível e sua contextualização com as outras entidades dos temas da altimetria e hidrografia. Pretende-se libertar o cartógrafo da escolha do parâmetro a utilizar, recorrendo a uma analogia com a deformação de um corpo bidimensional. Efectuou-se a classificação das linhas de água e consequente selecção para a escala 1/50.000. A validação quantitativa e qualitativa mostraram que o resultado desta metodologia efectivamente concorda com a generalização cartográfica manual e interactiva, havendo um ganho considerável em tempo de operador. A metodologia proposta poderá ser aplicada a outros temas da cartografia e outros algoritmos.

BIBLIOGRAFIA

BADER, M.; Barrault M. (2000), “Improving Snakes for Linear *Feature* Displacement in Cartographic Generalization”, *Spatial Data Handling, Department of Geography, University of Zurich, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zurich, Switzerland*;

- BADER, M.; Barrault M. (2001), "Cartographic Displacement in Generalization: Introducing Elastic Beams", Fourth Workshop on Progress in Automated Map Generalization, Beijing, China, August 2-4.
- BALBOA, J.; López, J.; Luque R. (2008) "Road line classification for cartographic generalization: a neural net approach", Grupo de Investigación en Ingeniería Cartográfica, Dpto. de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén. Campus, Las Lagunillas, s/n. 23071, Jaén (Spain).
- BERNHARDT, M. (1992), "Quantitative Characterization of Cartographic Lines for Generalization", Department of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University Columbus, Ohio 43210-1247.
- GAMA *et al.* (2012), "Extração de Conhecimento de Dados - Data Mining", Edições Sílabo, Lda, Lisboa, 2012. ISBN 978-972-618-698-4.
- KOHAVI, R. e Quinlan, J. (1999), Decision-tree discovery, in Will Klossen and Jan M. Zytkow, editors, Handbook of Data Mining and Knowledge Discovery, chapter 16.1.3, pages 267-276. Oxford University Press, 2002.
- LOPES, J. (2006), "Generalização Cartográfica", Tese de mestrado, Mestrado em Ciências e Engenharia da Terra, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- PLAZANET, C., Bigolin N., Ruas A. (1998), "Experiments with Learning Techniques for Spatial Model Enrichment and Line Generalization", GeoInformatica, p.315-333, EPFL - Swiss Federal Institute of Technology Lausanne, Database Laboratory, CH-1015, Lausanne, Switzerland.
- QUINLAN, J., (1986), "Induction of Decision Trees", Machine Learning 1: 81-106, © 1986 Kluwer Academic Publishers, Boston - Manufactured in The Netherlands, Print ISSN 0885-6125.
- RUAS, A., (2000), "Project AGENT: Overview and Results of a European R&D Project in Map Generalisation", ICA Workshop, Barcelona, Spain.
- RUAS, A. e Plazanet, C., (1996), "Strategies for Automated Generalization". Proceedings of the 7th Spatial Data Handling Symposium, Delft, the Netherlands, pp. 319-336.
- RUSSEL, S.; Norvig, P. (2003) "Artificial Intelligence, a modern approach", Second Edition, Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458, ISBN 0-13-080302-2.
- SARJAKOSKI, T., e Kilpeläinen, T., (1999), "Holistic Cartographic Generalization by Least Squares Adjustment for Large Data Sets", Finnish Geodetic Institute, Department of Cartography and Geoinformatics, P.O. Box 15, FIN-02431 Masala, Finland

SESSÃO 10

COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 41

IDENTIFICAÇÃO AUTÓNOMA DE SINAIS DE TRANSITO NUM SISTEMA DE MAPEAMENTO MÓVEL

MADEIRA, Sérgio^{1,4}; RIBEIRO, Claudionor³; SOUSA, António¹ & GONÇALVES, José Alberto²

¹ INESC/TEC e Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. smadeira@utad.pt, amrs@utad.pt

² Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Dep. Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território. jagoncal@fc.up.pt

³ Campus Monte Carmelo, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Av. Goiás 2000, 38500-000, Minas Gerais, Brasil - crs@ig.ufu.braudionor

⁴ CICGE - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

RESUMO

Sistema de Mapeamento Móvel (SMM) é uma tecnologia relativamente nova que tem sido apresentada e discutida em eventos relacionados às geociências. Esse sistema é formado por um conjunto de equipamentos (veículo, suporte câmara, etc.) e ferramentas tecnológicas (câmeras de vídeos, IMU, recetor GNSS, etc.) que permitem a associação rigorosa de posição e atitude em cada imagem/frame digital. Essas particularidades permitem a execução de tarefas como a identificação de objetos presentes nas frames/imagens em escalas e ângulos diferentes, bem como definir o posicionamento de tais alvos. Nesse estudo foram utilizados dados de um SMM para identificar e cadastrar sinais de trânsito de forma autónoma. O método proposto tem por base técnicas de segmentação, de classificação de forma e de correlação cruzada no espaço de cor RGB. Com essa proposta, os pontos centrais dos sinais de trânsito são detetados e associados a um atributo com o seu respetivo nome. Os resultados mostraram a efetividade de 87% com os dados SMM, apresentando um alto índice de identificação de sinais de trânsito.

PALAVRAS-CHAVE

Sistema de mapeamento móvel, Detecção automática, Sinal de trânsito, Correlação cruzada, Segmentação RGB.

AUTONOMOUS IDENTIFICATION OF TRAFFIC SIGNS IN A MOBILE MAPPING SYSTEM

ABSTRACT

Mobile Mapping System (MMS) is a relatively new technology that has been presented and discussed in events related to geosciences. This system consists of a set of equipment (vehicle, camera support, etc.) and technological tools (video cameras, IMU, GNSS receiver, etc.) that allow the strict association of position and attitude in each digital picture/frame. These characteristics allow the execution of tasks as identifying objects present in frames/images in different scales and angles, and to define the positioning of such targets. Data from a MMS was used for detecting and identifying traffic signs autonomously in this study. The proposed method is based on RGB color space segmentation techniques, classification of form and cross correlation. With this proposal, the central points of traffic signs are detected and associated with an attribute with its name. The results showed the effectiveness of 87% with the MMS data, showing a high rate of identification of traffic signs.

KEYWORDS

Mobile mapping system, Automatic detection, Traffic sign, Cross-correlation, RGB segmentation.

1. INTRODUÇÃO

Os SMM terrestres possibilitam a obtenção de informações de objetos/fenômenos de forma rápida e eficiente. Uma forma de obter essas informações é por meio de vídeos, que são gerados pela sequência de frames adquiridas com o deslocamento da plataforma (câmera/GPS/IMU). Um arranjo com duas câmeras, estrategicamente montadas na plataforma, somado às informações GPS/IMU e aplicações de modelos matemáticos fotogramétricos, torna possível determinar a localização/posicionamento de um objeto/fenômeno específico, como árvores, casas ou sinais de trânsito (HE & ORVETS, 2000; MADEIRA *et al.*, 2012).

São poucos os países que têm uma informação completa e atualizada acerca dos sinais de trânsito distribuídos em suas rodovias. Tradicionalmente essa tarefa é feita por observação *in-loco*. Para minimizar esforços, muitos trabalhos têm-se focado na automatização do processo. A bibliografia sobre este assunto é vasta, referenciaremos alguns trabalhos a título de exemplo, mas muitos outros poderiam ser indicados.

A informação digital obtida a partir da automatização permite uma avaliação de posicionamento, qualidade e atualização do sinal existente, tornando possível o cadastro dos sinais de trânsito, o que pode facilitar a execução de várias tarefas públicas e privadas, tais como o reparo e atualização tal como proposto por Creusen *et al.* (2012) e Cavegn e Nebiker (2012).

Nas imagens coloridas, a deteção de sinais de trânsito é comumente feita usando o espaço de cor RGB principalmente por não requerer qualquer transformação. Contudo, como o sistema de cor RGB é sensível à iluminação, outros métodos, usam diferentes sistemas de cor, como o HSV (*Hue, Saturation, Value*), por exemplo em Brkic *et al.* (2009) ou em Madeira *et al.*, (2005). Os sinais de trânsito são criados com cores de fundo padrão. As cores mais usuais no mundo inteiro são o vermelho, azul e amarelo (Figura 1). Em alguns países, essas cores transmitem um significado além do sinal inscrito, tais como obrigatoriedade (vermelho), advertência (amarelo) e informação (azul). Com base nesse padrão, a maioria dos métodos propostos busca, no espaço imagem, a localização de objetos que possuem uma dessas cores.



Figura 1 - Exemplos de sinais de trânsito usados em diferentes países

Embora eficientes em muitos casos, os métodos de deteção de sinais de trânsito baseados apenas na informação de cor são sensíveis às condições meteorológicas, efeito de iluminação e escala dos objetos nas imagens. Essa particularidade mostra os desafios encontrados no processo

de localização e extração de uma região de interesse, como os sinais de trânsito (HATZIDIMOS, 2004).

A forma é outro parâmetro utilizado individualmente, ou como informação adicional à cor, no processo de deteção de sinal de trânsito. As formas mais usadas neste tipo de sinal são o círculo, losango, retângulo/quadrado e triângulo (Figura 1). Os métodos que fazem uso da integração desses parâmetros buscam localizar o objeto usando cor e, posteriormente, analisam a sua forma, comparando com os padrões existentes; o caminho contrário também é realizado, localizando o objeto primeiramente pela forma e, em seguida, pela sua cor, como por exemplo em Gao *et al.*, (2006).

A tarefa de reconhecimento consiste em decidir se um determinado candidato é de facto um sinal de trânsito e identificá-lo. Esta classificação pode ser obtida utilizando técnicas de *template matching* como é o caso da correlação (PICCOLI *et al.*, 1996), redes neuronais (KIM *et al.*, 2006) ou *Support Vector Machines* (SVMs) (MALDONADO-BASCÓN *et al.*, 2007) robustas a variadas condições de iluminação.

No presente estudo é apresentado um método para auxiliar o cadastro de sinalização com recurso a imagens obtidas por um SMM, no sentido em que esse processo passa a ser semi-autónomo. O algoritmo tem por base um processo de segmentação baseado na colorimetria RGB, num classificador de forma e na correlação cruzada para o reconhecimento. O método proposto irá auxiliar um operador na elaboração do cadastro dos sinais de trânsito da via percorrida tornando a operação mais eficiente.

2. METODOLOGIA UTILIZADA

A proposta deste estudo é um complemento ao trabalho realizado por Madeira *et al.* (2007), no qual se implementou um Sistema Móvel de Levantamento. O método proposto busca identificar e detetar autonomamente os sinais de trânsito, registrando seus atributos como coordenadas de centro e tipo/significado operando em tempo real durante o visionamento do vídeo. A recolha de imagens para este efeito deve atender a pressupostos específicos, os quais estão descritos abaixo. Outra questão

importante a resolver é procurar que o processo não se torne pesado e moroso, dado que inevitavelmente terão de se utilizar processos intensivos que operam pixel a pixel. Uma forma de melhorar esta situação é diminuir o espaço de procura na imagem. Este processo deve ser ainda levado mais longe, procurando delimitar na porção analisada regiões específicas às quais se atribua alguma probabilidade de existência de um sinal de trânsito. Tendo em vista estes pressupostos foi implementado no presente trabalho uma sequência de passos cujo objetivo é a identificação de sinais de trânsito capturados num levantamento vídeo o mais eficientemente possível e ao menor custo computacional possível. Assim, o método proposto está compreendido em quatro fases: **a)** definição do espaço de busca, **b)** delimitação de regiões candidatas através de segmentação no espaço de cor RGB, **c)** classificação da forma dos objetos delimitados e **d)** identificação final da sinalização usando correlação cruzada com os *templates* existentes em nossa base de dados.

2.1. Processo de Coleta das Frames

A recolha de dados para análise de sinalização requer o uso de material adequado bem como operar em condições propícias. Relativamente ao material falamos do sistema de aquisição de imagem que deve ser de CCD progressivo e permitir a aquisição de várias frames por segundo sem interrupção. Dada a relativamente pequena dimensão dos objetos de interesse, neste caso os sinais de trânsito, é desejável que a geometria da imagem adquirida favoreça a resolução dos objetos levantados. No caso presente isso conseguiu-se através da utilização de uma lente com distância focal maior que o habitual neste tipo de câmaras. As características do sistema de aquisição de imagens estão apresentadas na Tabela 1:

Relativamente às condições do levantamento, este deve ser efetuado em boas condições de luminosidade. A situação de dia claro, nublado e sem chuva é a preferível dada a ocorrência de uma luminosidade uniforme, em dia de Sol deve evitar-se a situação de Sol baixo dado que tal favorece a sobre ou sub-exposição dos objetos o que reduz o período adequado de levantamento até às 14h no Inverno e até às 17h no Verão. Deve ainda ajustar-se o ângulo da câmara cujas imagens vão ser usadas

para o processamento dos sinais. A Figura 2 mostra um par de frames obtido em levantamento de campo.

Tabela 1 - Características do sistema de aquisição de imagem

Câmara	Sensor: Sony – ICX-415AQ
	Dimensões do sensor: ½" (6,4x4,8mm)
	Dimensões do pixel: 8,3x8,3 μm
	Nº de pixels máximo: 782x582 (modo standard 640x480)
Lente:	Distância focal: 12 mm
	Ângulo de visão: 28,3° (H), 21,1° (V), 35,0° (D).
	Abertura: 1.4 – C.

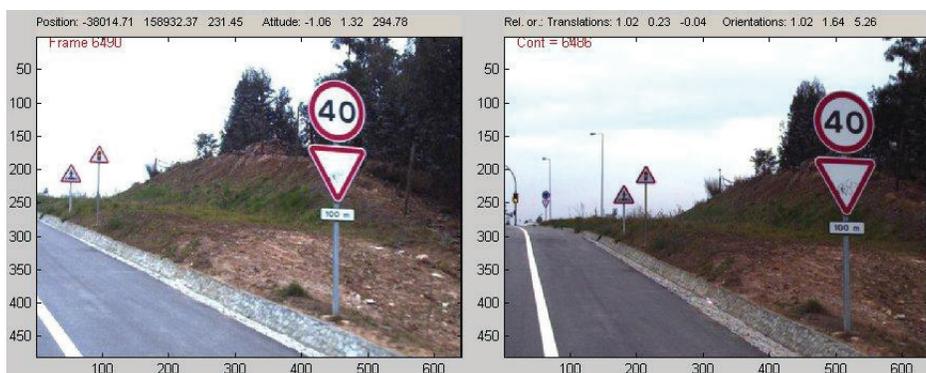


Figura 2 - Par estereoscópico de frames

A coleta sequencial de imagens/frames faz com que um mesmo objeto, como um sinal de trânsito, apareça em muitas frames consecutivas distintas, tendo escala diferente em cada uma delas. Este fenómeno pode ainda ser percebido na Figura 2. É possível neste caso, estabelecer um limite mínimo para uma região candidata a conter um sinal de trânsito, sendo o efeito prático desse procedimento rejeitar a análise do objeto se este se encontrar demasiado longe, melhorando assim a rapidez e eficiência do processo.

2.2. Procura automática de sinalização

2.2.1. Espaço de busca

Tendo em vista a redução do tempo de processamento, uma vez que

a resposta obtida deve ser inserida em um vídeo, no local em que o sinal foi detetado, apenas a imagem/frame da direita é utilizada e nesta apenas a metade direita (Figura 3).

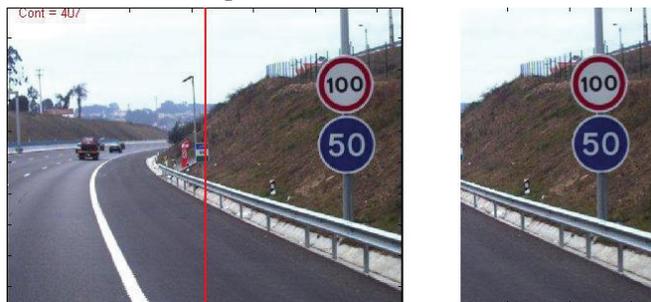


Figura 3 - Frame da direita original e espaço de busca (à direita)

Esse recorte se justifica pelo fato de que os sinais de trânsito que interessam ao condutor estão normalmente à sua direita, na margem da estrada. Com o deslocamento do SMM, esses objetos vão-se deslocando cada vez mais para esse sector da imagem.

2.2.2. Segmentação em espaço de cor RGB

Os sinais de trânsito existem sobretudo nas cores vermelha e azul, além do mais os tons usados são o mais puros possível pelo que quando o sinal se apresenta, por exemplo, vermelho, a tendência é apresentar intensidade apenas na cor vermelha. Na prática isto nunca sucede exatamente pelo que as outras cores principais existirão sempre em alguma medida. De qualquer forma estes vermelhos e azuis raramente existem na natureza e quando se encontram em ambiente de rodovia estão normalmente associadas a sinais de trânsito. O trabalho proposto é uma primeira abordagem dos autores a este tema, tendo-se decidido operar só com sinais vermelhos ou azuis. Como primeiro passo do processo, efetua-se a procura na imagem de regiões que se considerem azuis ou vermelhas. Usa-se um processo de subtração de intensidade, descrito de seguida.

Dada a decomposição de uma imagem nas componentes R, G, e B, se um objeto é percebido pelo olho humano como vermelho, por exemplo, então ele tem um valor elevado na componente R, sendo que as outras componentes apresentam valores inferiores mas semelhantes

entre si. Se um objeto não é vermelho acontece o contrário, isto é, a componente vermelha não se superioriza isoladamente às outras cores. As mesmas considerações são válidas, em termos relativos, se considerarmos a cor azul. Tendo em vista uma otimização do processo computacional nesta fase optou-se pela seguinte estratégia, à qual se chamou "Intensificação" de objetos vermelhos ou azuis:

Intensificação de objetos vermelhos: Para cada pixel: Se $R < B \implies G = 255$ (1)

$$IR = R - G$$

Intensificação de objetos azuis: Para cada pixel: Se $B < R \implies G = 255$ (2)

$$IB = B - G$$

Em que IR e IB são as matrizes de intensificação dos vermelhos e azuis respetivamente. Na operação de subtração de matrizes acima, dado tratar-se de matrizes positivas de 8 bits, os valores das matrizes resultantes estarão sempre no intervalo [0, 255]. Assim todos os pixéis em que a componente R, no 1º caso e B, no 2º, não sejam mais elevadas que as outras componentes, ficam igualados a zero na imagem resultante. Resolveu-se ainda inserir uma etapa prévia que consiste em eliminar (ou igualar a zero) os pixéis considerados brancos ou demasiado claros, diminuindo assim possível ruído introduzido pela parte interior dos sinais, o céu etc.

Desta forma obtêm-se as imagens de intensidades IR e IB em que os pixéis correspondentes a pixéis vermelhos ou azuis aparecem evidenciados. A Figura 4 mostra o resultado desta operação para o caso da imagem apresentada na Figura 3.

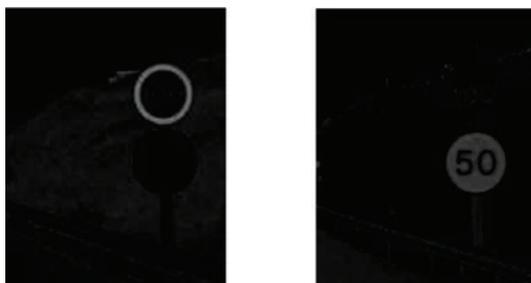


Figura 4 - Imagens resultantes do processo de intensificação de objetos vermelhos caso (a), e azuis - caso (b)

A etapa seguinte neste passo é a transformação de cada imagem de intensidades em imagem binária, através da escolha adequada de

uma intensidade de corte (descrita normalmente na literatura como *thresholding*). Isso é feito através da análise do histograma dado que este, no caso da existência de um número considerável de pixéis da cor procurada, é geralmente bi-modal. Mais concretamente o algoritmo desenvolvido começa por suavizar o histograma através da sua generalização, evidenciando-se assim mais facilmente as suas modas (picos). A Figura 5 mostra esta situação.

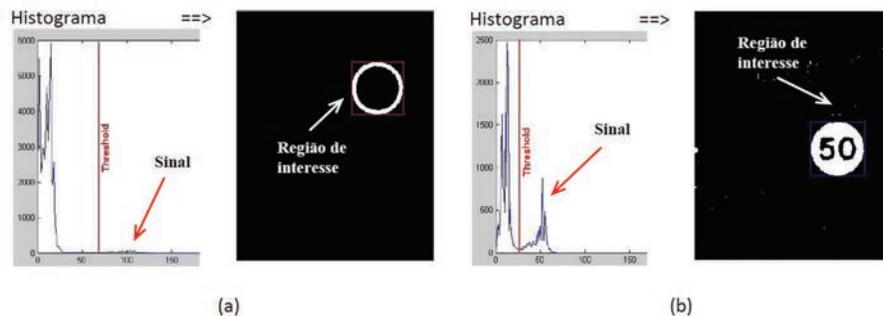


Figura 5 - Histograma da imagem em 4 (a) e imagem binária resultante - caso (a), e Histograma da imagem em 4 (b) e imagem binária resultante - caso (b)

Seguidamente opera-se sobre a imagem binária de forma a criarem-se regiões de interesse. A técnica de agrupamento usada considera apenas conexões de ordem 4, isto é, apenas horizontais e verticais.

A classificação das regiões assim delimitadas considera as características: *área*, *centróide* e *caixa delimitadora*. Estas características vão então permitir identificar e validar ou não cada uma das regiões como tendo possibilidade de conter um objeto de interesse, isto é, um sinal de trânsito de cor azul ou vermelha. As regiões candidatas a conterem um sinal de trânsito azul ou vermelho são determinadas com base no tamanho e forma da caixa delimitadora de cada região, isto é, regiões cujo tamanho seja insuficiente para poderem pertencer a um sinal de trânsito relativamente próximo ou cuja caixa delimitadora se afaste da forma quadrada são rejeitadas. A Figura 5 contém também as regiões de interesse consideradas após a análise da imagem na Figura 3 (b).

O processo de segmentação através da decomposição RGB descrito nas secções 2.2.1 e 2.2.2 está resumido na Figura 6.

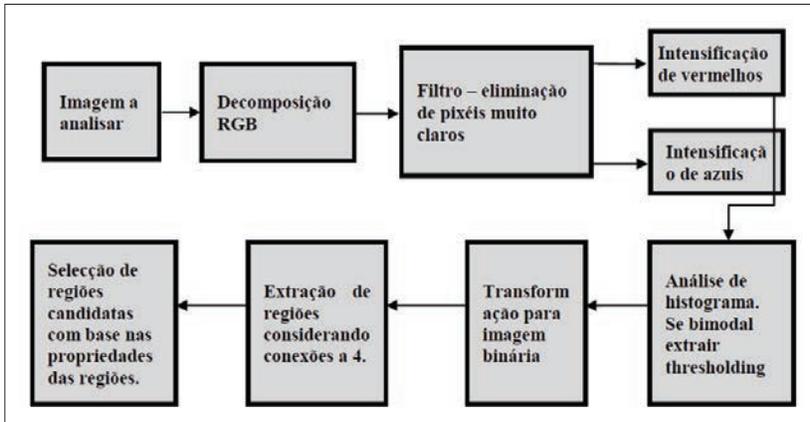


Figura 6 - Fluxograma da segmentação RGB

2.2.3. Classificador de forma

Após a delimitação de regiões candidatas o próximo passo é identificar uma forma conhecida para os sinais de trânsito. Esta poderá ser *quadrada*, *triangular*, *triangular invertida* ou *circular*, obtendo-se assim uma redução considerável dos sinais de trânsito a procurar em cada região de interesse. Por exemplo, se a forma for triangular invertida só há uma possibilidade: sinal de estrada com prioridade.

O classificador é um vetor de 4 elementos que contém as distâncias desde os 4 cantos da caixa delimitadora da região candidata até ao possível objeto - observe-se a Figura 7 para melhor entender este aspeto. Este classificador foi escolhido porque, sendo simples, permite parametrizar com segurança, todas as formas em causa (triangular, quadrada, circular)

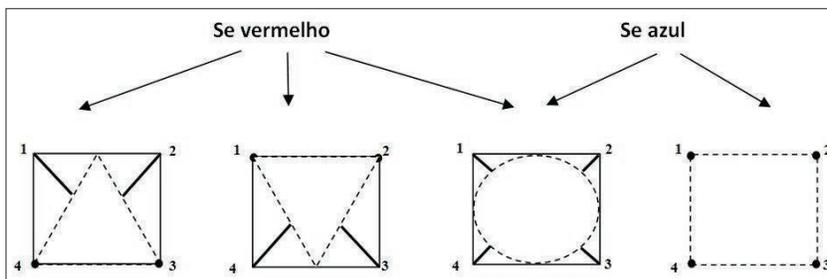


Figura 7 - Parâmetros usados na classificação de forma. Estes são as linhas/pontos a cheio

Considera-se a parametrização constante da Tabela 2, assumindo que cada forma está inserida num quadrado de lado L (repare-se que nesta parametrização um sinal octogonal será incluído na categoria dos circulares):

Tabela 2 - Parametrização das formas admitidas
 (L é o lado do quadrado em que se insere a forma)

Triangular	Triangular invertido	Circular	Quadrado
$(\frac{\sqrt{2}}{3}L, \frac{\sqrt{2}}{3}L, 0,0)$	$(0,0, \frac{\sqrt{2}}{3}L, \frac{\sqrt{2}}{3}L)$	$(\frac{\sqrt{2}-1}{2}L, \frac{\sqrt{2}-1}{2}L, \frac{\sqrt{2}-1}{2}L, \frac{\sqrt{2}-1}{2}L)$	$(0,0,0,0)$

Cada forma será aceite tendo em conta a sua aproximação à parametrização. Após o treino deste algoritmo verificou-se que basta verificar se pelo menos três elementos do vetor estão de acordo com a parametrização a menos de 10%. Isto permite validar corretamente uma forma mesmo quando há algum ruído na parte exterior ao sinal.

2.2.4. Correlação Cruzada Normalizada (CCN)

Cada região delimitada no processo anterior será inspecionada para aferir a semelhança com os *templates* tipo existentes na base de dados sendo usada como medida a correlação cruzada. Os sinais de trânsitos criados para referência tiveram por base aqueles usados em Portugal.

2.2.4.1. Cálculo da CCN

Em processamento de imagem a correlação cruzada é uma medida de similaridade entre duas imagens, geralmente uma imagem maior (original) e outra menor (*template*). É também conhecida como produto interno deslizante, por apresentar a correlação local da menor imagem “deslizada/deslocada pixel-a-pixel” sobre a maior. A correlação cruzada pode ser computada para os casos contínuo e discreto. Devido à particularidade das imagens digitais, o modelo discreto deve ser utilizado. Da correlação cruzada resulta uma imagem de coeficientes de correlação (ver a Figura 8), na qual os valores altos significam similaridade entre a

região local da imagem e o *template*. Para evitar altos valores é realizada uma normalização nos coeficientes. Um modelo robusto é proposto por GONZALES and WOODS (1992) (Equação 3), que elimina a média local da imagem e do *template*, antes de processar a correlação.

$$r(u, v) = \frac{\sum_{x,y}[I(x,y) - \bar{I}(u,v)].[T(x-u,y-v) - \bar{T}]}{\sqrt{\sum_{x,y}[I(x,y) - \bar{I}(u,v)]^2 \cdot \sum_{x,y}[T(x-u,y-v) - \bar{T}]^2}} \quad (3)$$

onde r é o coeficiente de correlação cruzada normalizada na posição (u,v) ; \bar{T} é a média do *template* T ; e I é a imagem original; e \bar{I} é a média de uma janela de I que se encontra sobreposta por T .

Para ilustrar a aplicação da Equação 1, seja a imagem/matriz I mostrada na Figura 8(a) e o *template*/matriz T da Figura 8(b), os valores dos coeficientes correspondentes à varredura de T em I estão apresentados na imagem/matriz da Figura 8(c). O coeficiente calculado com o primeiro *template* totalmente imerso na imagem original (Figura 8(a)) pode ser visto em destaque na Figura 8(c), com valor 0,47. Como mencionado anteriormente, as bordas da imagem de coeficientes (região em cinza na Figura 8(c)) devem ser desprezadas. O ponto de máximo (0,92), região mais escura (vermelha) na Figura 8(c), é o ponto de maior similaridade entre a imagem e o *template*.

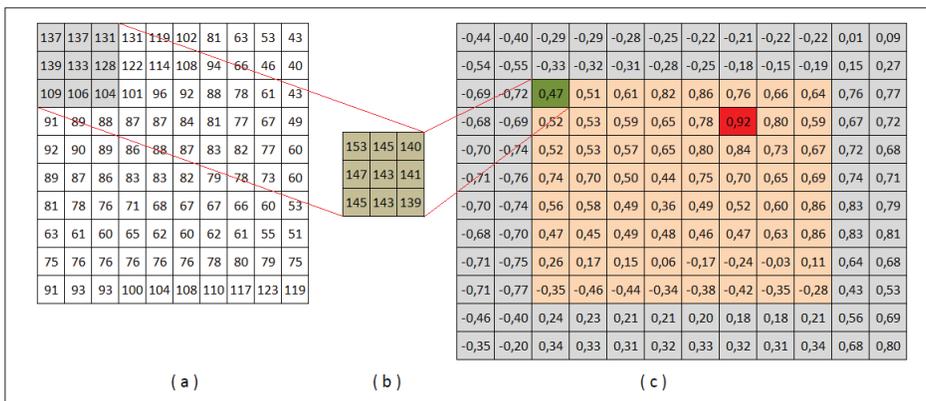


Figura 8 - Correlação cruzada normalizada.
 (a) imagem original, (b) template e (c) matriz resultado

Nesse estudo, o *template* é um sinal de trânsito. Após cálculo de correlação cruzada normalizada, se o valor de máximo é superior a um limiar (obtido por treino do algoritmo), as coordenadas desse ponto de máximo são atribuídas ao sinal como sua identificação.

2.2.4.2. Sinais de trânsito de referência e templates tipo

Foram criados 27 modelos de sinais vermelhos e 11 de sinais azuis, todos eles recortados pelos limites de cada sinal e normalizados a 64x64 pixéis (Figura 9).

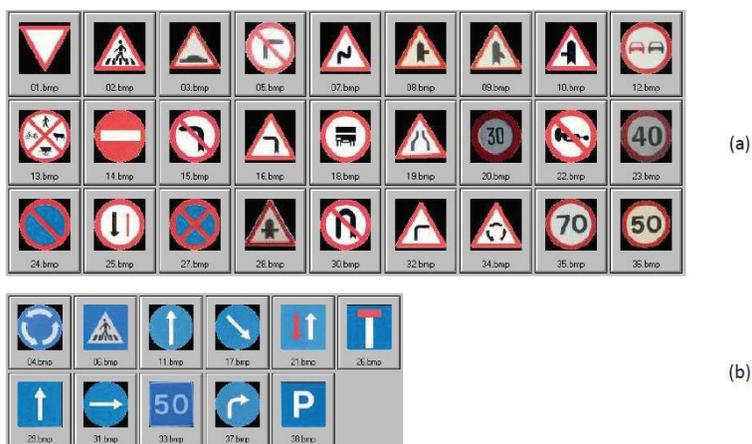


Figura 9 - Sinais de trânsito usados como referência: a) vermelhos e b) azuis

Como a entrada para medida da correlação temos a matriz principal que é a região de interesse com classificação de forma, pontos 2.2.1 e 2.2.2, normalizada para 64x64 pixéis e o *template* que é um recorte interno dos modelos de sinais de trânsito criados, ambos convertidos a matrizes binárias (Figura 10).

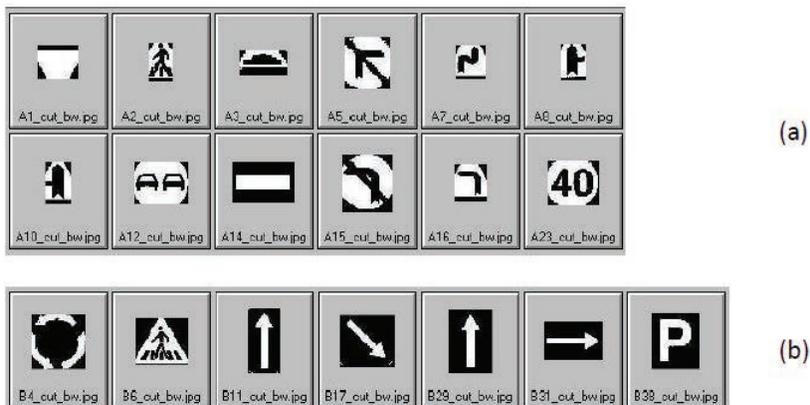


Figura 10 - Recortes binários usados como *templates* na correlação cruzada:
(a) correspondentes a sinais vermelhos e (b) correspondentes a sinais azuis

O processo de conversão a imagem binária justifica-se com a necessidade de normalização das intensidades das duas imagens em comparação, aliado ao facto de o grafismo interior dos sinais ser sempre um desenho preto sobre fundo branco, caso dos sinais vermelhos, ou um desenho branco sobre fundo mais escuro, caso dos sinais azuis. Para esta conversão usa-se um processo otimizado de determinação da intensidade de corte que garante a correta definição do padrão a comparar em ambas as imagens. A utilização de um recorte interno do modelo como *template* tem vantagens evidentes: 1, evita a perturbação da imagem de fundo da região de interesse, que é exterior ao sinal, 2, geralmente os sinais de trânsito têm um grafismo interno muito adequado para este fim e 3, o uso de um *template* de tamanho reduzido tem um ganho substancial na rapidez do processo computacional. O esquema da metodologia implementada para detecção autónoma de sinalização está apresentado na Tabela 3.

informação de georreferenciação e ainda evitar detetar o mesmo sinal mais do que uma vez. Permite ainda ativar o modo manual em qualquer momento de forma a efetuar alguma correção à operação automática, garantindo-se assim a correta identificação.

3.1. Teste e resultados

Realizou-se um teste com um levantamento vídeo de cerca de meia hora, composto de 7261 frames de vídeo, o qual percorreu rodovias principais e trechos urbanos na zona de Vila Nova de Gaia. As imagens foram processadas com o algoritmo desenvolvido, estando os resultados da operação autónoma apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados da aplicação do método a um levantamento vídeo

Categoria	Sinais presentes no vídeo	Identificação correta	Não identificação	Identificação incorreta
Proibido	STOP	4	1	0
	Virar à direita	1	1	0
	Estacionar	4	0	0
	Ultrapassar	7	1	0
	Veículos não motorizados	3	1	0
	Virar à esquerda	8	0	0
	Circular a mais de 40	4	0	0
	Circular a mais de 50	3	5	0
	Circular a mais de 60	8	0	0
	Circular a mais de 80	7	1	0
Perigo	Circular a mais de 90	2	0	0
	Circular a mais de 100	3	0	0
	Estrada com prioridade	15	2	0
	Rotunda	6	2	0
	Passadeira	3	0	0
	Semáforos	6	0	0
Obrigatório	Entroncamento à direita	5	0	0
	Curva à direita	1	0	0
	Circular Rotunda	5	0	0
	Seguir em frente	6	0	0
Informação	Seguir p/ a direita	1	0	0
	Seguir a mais de 50	3	0	0
	Passadeira	12	1	0
	Total	117	15	0

Taxa de identificação correta: 87%; Taxa de falsos positivos: 0%

Para este processamento os autores consideraram os seguintes aspetos, que acham adequados para este tipo de trabalho:

1. Um sinal é levantado só se estiver próximo do veículo (6m ou menos), o que se consegue na etapa de validação de regiões, por rejeição de regiões cuja caixa delimitadora tem área insuficiente na imagem (secção 2.2.2) - basta para tal conhecer a dimensão dos sinais e as características do sistema de aquisição usado. Garante-se assim que o sinal é observado em boas condições. Sinais mais distantes não se consideram pertencentes à via percorrida, mesmo que possam aparecer nas imagens.

2. O sinal é obtido nas melhores condições de observação possíveis, o que quer dizer que ele será recolhido a partir da frame em que se encontrar mais próximo. O sinal não será analisado nas outras frames em que possa aparecer. Consegue-se isto correndo o vídeo da frente para trás e rejeitando um sinal se as suas coordenadas estiverem muito próximas do sinal anterior.

3. Se o sinal está parcialmente fora da frame então não é considerado.

4. Existem dois sinais que não necessitam do passo da correlação cruzada. O sinal de estrada com prioridade, para o qual basta averiguar a forma triangular invertida, e o sinal de proibido estacionar, o qual tem a particularidade de ser azul e vermelho, bastando portanto a averiguação de cor e forma.

3.2. Problemas encontrados

Identificaram-se algumas situações que prejudicaram o desempenho do algoritmo e que se relacionam diretamente com o método desenvolvido. Apresentam-se de seguida:

1. Coloração vermelha de objetos em fundo, prejudicando a classificação da região por a caixa delimitadora se afastar bastante da forma quadrada. Uma destas situações pode ser observada na Figura 11. Nessa situação apenas o sinal de baixo foi detetado.

2. Presença de objetos com maior intensidade da cor procurada que o sinal presente na imagem (Figura 12). A presença de um objeto com maior intensidade de vermelho mascarou a correta delimitação do histograma.

3. Outras situações encontradas são usuais e bem conhecidas pelos especialistas da área, que são ocultação parcial, descoloração do sinal, sinal vandalizado, sub ou sobre- exposição.

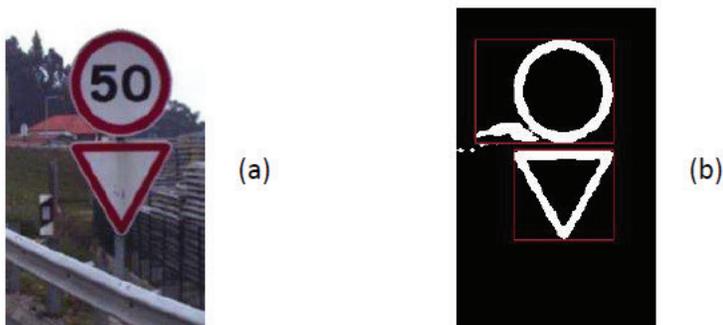


Figura 11 - Imagem original (a) e Intensificação dos vermelhos (b)

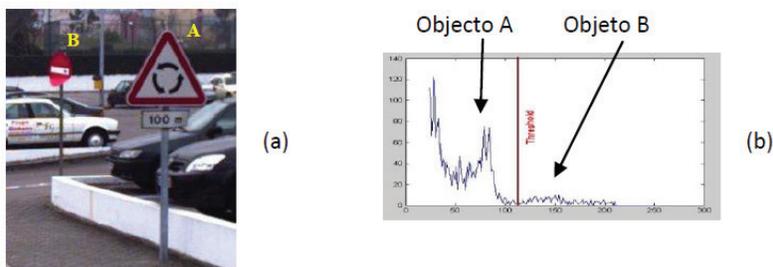


Figura 12 - Imagem original (a) e Incorreta delimitação do histograma (b)

3.3. Implementação em modo semi-autónomo

Foram referidos alguns dos problemas encontrados sendo que os aspetos 1 e 2 podem ser melhorados o que os autores se propõem fazer, aumentando assim a taxa de sucesso das identificações. Existem no entanto situações imprevistas, algumas referidas na enumeração 3 dos problemas encontrados, que fazem com que esta metodologia, ou qualquer outra apresentada até hoje, não possa garantir o pleno de identificação. Por esse motivo julgaram os autores que a melhor forma de utilização da metodologia apresentada, no sentido de se efetuar o cadastro efetivo de sinalização, será a utilização do método em modo semi-autónomo, integrando o método no software de visualização e manipulação da informação obtida por um SMM já desenvolvido. Assim foi adicionada uma ferramenta que permite a um operador visualizar a identificação

automática pelo software e passar ao modo manual sempre que detetar alguma falha, colocando ele próprio o elemento não identificado na base de dados. Este modo semi-autónomo retira do operador a parte mais fastidiosa do processo, assumindo um papel de supervisionamento e correção de possíveis falhas. Esta forma de operar torna o processo de coleta da sinalização de um vídeo pelo menos 4 vezes mais rápida do que apenas em modo manual, sendo igualmente segura.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada uma metodologia para deteção semi-autónoma de sinalização azul e vermelha em imagens georreferenciadas obtidas a partir de um SMM. Num trabalho prévio estava já desenvolvido um software de visualização e aquisição cartográfica a partir dessa informação, no qual se implementou a presente metodologia. Como aspeto mais inovador no presente trabalho os autores apontam o método de extração de regiões coloridas o qual se baseia num processo de intensificação das cores azul e vermelha atuando sobre as bandas RGB da imagem. Este método mostrou-se bastante efetivo e adequado à presente situação.

Foi ainda desenvolvido um classificador de forma e um algoritmo de correlação cruzada em que os *templates* são recortes da parte interna de modelos normalizados de cada sinal.

As condições de recolha de imagens bem como a câmara utilizada devem atender a determinados requisitos, nomeadamente boa resolução das imagens e boas condições de luminosidade. Foi efetuado um teste com um vídeo de meia hora obtido naquelas condições, tendo o processamento automático obtido uma taxa de sucesso de 87% e 0% de falsos positivos.

Outro aspeto inovador é que o método desenvolvido pode ser operado em modo semi-autónomo, podendo um operador assumir o modo manual do software e corrigir em tempo real as falhas na identificação autónoma. Garante-se assim um método muito efetivo, pelo menos 4 vezes mais rápido que uma operação estritamente manual, e que pode fazer o pleno da identificação de sinalização.

BIBLIOGRAFIA

- BRKIC, Karla *et al.* (2009). “Traffic Sign Detection a Component of an Automated Traffic Infrastructure Inventory System”. In Proceedings of Annual Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition , Stainz, Austria, 2009. p.1-12. Disponível online no endereço url: <http://www.zemris.fer.hr/~ssegvic/pubs/oagm09.pdf>. (Acedido em: 25 Mar. 2014).
- CAVEGN, Stephan & NEBIKER, Stephan (2012). “Automated 3D Road Sign Mapping with Stereovision-Based Mobile Mapping Exploiting Disparity Information from Dense Stereo Matching”. In. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Proceedings: XXII ISPRS Congress. Melbourne, Australia, 2012. Vol. XXXIX-B4. Disponível online no endereço url: <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B4/61/2012/isprsarchives-XXXIX-B4-61-2012.pdf>. (Acedido em: 25 Mar. 2014)
- CREUSEN, Ivo *et al.*, (2012) - “A Semi-automatic Traffic Sign Detection, Classification, and Positioning System”. In Proceedings of Visual Information Processing and Communication III, 12 2012. Burlingame, California, EUA. Vol. 8305, p.6.
- GAO, Xiaohong (2006) - “Recognition of Traffic Signs Based on Their Colour and Shape Features Extracted Using Human Vision Models”. Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 17, pp.675-685.
- GONZALES, Rafael & WOODS, Richard (1992). Digital Image Processing. Addison-Wesley. Publishing Company.
- HATZIDIMOS, John (2004). “Automatic Traffic Sign Recognition in Digital Images”. In. Proceedings of the International Conference on Theory and Applications of Mathematics and Informatics, Thessaloniki, Greece, p.174-184. Disponível online no endereço url: http://www.emis.de/journals/AUA/pdf/48_592_hatzidimos.pdf . (Acedido em: 25 Mar. 2014)
- HE, Guangping. and ORVETS, Greg (2000) “Capturing Road Network Data Using Mobile Mapping Technology”. In International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Proceedings, Vol. XXXIII, Part B2, p.272-277.
- KIM, Gi-Hong *et al.* (2006) - “Road infrastructure data acquisition using a vehicle-based mobile mapping system”. In Computer-Aided Civil and Infrastructure, Vol XIX, pp. 346-356.
- MADEIRA, Sérgio *et al.* (2005) - “Automatic Traffic Signs Inventory Using a Mobile Mapping System for GIS Applications”. In Proceedings of Gisplanet 2005, Estoril, Portugal. Disponível online no endereço url: <http://gac.di.uminho.pt/psantos/docs/Papers/GP2005.pdf>. (Acedido em: 12 Dec. 2013).
- MADEIRA, Sérgio (2007) - Sistema Móvel de Levantamento com Integração em SIG. PhD Thesis. Science Faculty, Porto University, Porto.

MADEIRA, Sérgio *et al.* (2012) - "Sensor Integration in a Low Cost Land Mobile Mapping System". *Sensors*, Vol. 12, p.2935-2953.

MALDONADO-BASCÓN, Saturnino *et al.* (2007) - "Road-Sign detection and recognition based on support vector machines." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol 8, pp. 264-278.

PICCIOLI, Giulia *et al.* (1997) - "Robust method for road sign detection and recognition". *Image and Vision*, Vol. XIV, pp.209-223.

ARTIGO 42

PRODUÇÃO AUTOMÁTICA DE ORTOFOTOS EM ÁREAS URBANAS UTILIZANDO VEÍCULOS AÉREOS NÃO-TRIPULADOS E SOFTWARE DE CÓDIGO ABERTO

DUARTE, Diogo¹ e GONÇALVES, Gil^{1,2}

1 Departamento de Matemática-Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Apartado 3008; EC Universidade, 3001 - 454 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239791150; Fax: +351 239793069;
email: diogovad@gmail.com

2 Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC-Coimbra); Rua Antero de
Quental, N°199; 3000 - 033 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239791150; Fax: +351 239793069; email: gil@
mat.uc.pt

RESUMO

Assistimos atualmente a uma crescente utilização fotogramétrica de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS) em diversas aplicações, que vão desde a monitorização ambiental à agricultura e silvicultura de precisão. Um dos produtos mais frequentemente requisitados à Fotogrametria Digital são os ortofotos. De facto, ao possibilitarem a integração, em ambiente SIG, dos dados radiométricos e/ou espectrais contidos nas imagens ópticas com os dados geográficos e/ou cartográficos, os ortofotos permitem expandir as análises espaciais para outros tipos de atributos. Neste trabalho é descrita uma metodologia para a utilização de VANTS na produção automática de ortofotos. Utilizando software de código aberto e tendo por base um caso de estudo realizado na área urbana de Coimbra iremos analisar as potencialidades e os limites da utilização desta tecnologia no contexto da produção de ortofotos para actualização duma base de dados espacial municipal. Os resultados obtidos

mostram que a utilização conjunto de VANTs com software fotogramétrico de código aberto permitem gerar ortofotos com uma excelente relação qualidade/preço.

PALAVRAS-CHAVE

Áreas urbanas, Fotogrametria digital, VANTs, Ortofotos, Software de código aberto.

AUTOMATIC PRODUCTION OF ORTOPHOTOS IN URBAN AREAS USING UAVS AND OPEN SOURCE SOFTWARE

ABSTRACT

Nowadays, the photogrammetric use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in several areas is a reality that grows from day to day in several market areas. In such areas, ranging from environmental monitoring to precision agriculture, the ortophotos are the most commonly requested digital photogrammetric product. In fact, by using a GIS platform, the ortophotos can enable the integration of radiometric and spectral image data with the geographic and cartographic data and allow us to expand the spatial analysis to other types of attribute data. In this paper we present a methodology for the automatic production of ortophotos in urban areas by using UAVs and open source photogrammetric software. The potential and limits of this technology are assessed in the context of updating a municipal spatial database. The results show that the synergistic use of UAVs and open source photogrammetric software can be effectively used to produce ortophototos of small urban areas with an excellent quality/price ratio.

KEYWORDS

Urban areas, Digital photogrammetry, UAVs, Ortofotos, Open source software.

1. INTRODUÇÃO

A vulgarização da ortofotografia, que até há muito pouco tempo, estava directamente conotada com elevados custos, tanto económicos como de processamento, é uma realidade inquestionável devido à tremenda evolução tecnológica das câmaras digitais, do poder de cálculo e armazenamento dos computadores pessoais e à acessibilidade generalizadas aos VANTs. Actualmente, esta tecnologia permite um acesso generalizado da comunidade fotogramétrica e não fotogramétrica às técnicas de modelação tridimensional (3D) da superfície topográfica, as quais se baseiam num conjunto de imagens dessa superfície (ou objecto) e que obedecem

a determinados protocolos intrínsecos à fotogrametria. Hoje em dia, com a ajuda dos VANTs e da grande comunidade que desenvolve ferramentas de *código aberto*, existe a possibilidade de tornar a realização de ortofotos uma tarefa mais agilizada e utilizá-la num maior leque de aplicações onde num passado recente não faria sentido devido aos seus elevados custos e à sua morosidade. A capacidade de intervenções rápidas e/ou sistemáticas, tornam os VANT a vanguarda de muitas operações, como por exemplo a análise de cenários de catástrofe ou a agricultura de precisão.

Em meio urbano e para apoio de várias actividades municipais é prática vulgar a utilização de ortofotos como camada básica de suporte a bases de dados espaciais (Skarlatos, 1999). De facto, ao possibilitarem a integração, em ambiente SIG, dos dados radiométricos e/ou espectrais contidos nas imagens ópticas com os dados geográficos e/ou cartográficos, os ortofotos permitem expandir as análises espaciais para outros tipos de atributos (Zhou *et al.*, 2005).

Neste artigo iremos avaliar as potencialidades dos VANTs e do software de código aberto na produção de ortofotos em meio urbano. Na secção seguinte iremos apresentar a tecnologia VANTS e caracterizar a plataforma aérea utilizada. De seguida descreveremos os principais módulos do software de código aberto de fotogrametria digital utilizado na produção do ortofoto: o PAMP. A avaliação das potencialidades desta tecnologia é feita depois quer em termos quantitativos, quer em termos qualitativos. Para avaliar quantitativamente as potencialidades desta tecnologia iremos utilizar dois dos produtos gerados, o ortomosaico (ou ortofoto) e o Modelo Digital de Superfície (MDS) e iremos calcular a raiz quadrada do erro médio quadrático utilizando pontos de verificação obtidos pela tecnologia GNSS em modo RTK. Na avaliação qualitativa iremos comparar visualmente o ortomosaico gerado por esta tecnologia e outro gerado por um pacote de fotogrametria digital, o Pix4D®.

2. VEÍCULOS AÉREOS NÃO-TRIPULADOS

Em geral os VANT foram sempre associados a actividades militares (Watts *et al.*, 2012). Recentemente, a comunidade civil têm vindo a

utilizá-los num grande leque de aplicações científicas e não-científicas. Para além do factor económico, os VANT abrem um conjunto de novas possibilidades. Em muitos casos e devido à sua alta mobilidade e baixo custo podem introduzir a componente tempo em projectos onde as alterações que ocorrem no objecto são consideravelmente rápidas e onde o recurso a plataformas tradicionais seria incomportável do ponto de vista económico. Além disso nem todos os projectos precisam da elevada exactidão e precisão decorrente de uma plataforma aérea tradicional, apesar de, em determinadas situações, se poderem atingir níveis de exactidão semelhantes à dos voos tradicionais (Turner *et al.*, 2012). Uma das principais desvantagens existentes actualmente em Portugal na utilização dos VANTS para actividades fotogramétricas reside na falta de legislação que regulamente o sua utilização. No entanto, o seu uso tem crescido rapidamente, o que obrigará, num futuro próximo, à criação de regulamentos e de fiscalização próprias pelas autoridades competentes. Outra desvantagem técnica importante, reside na deficiente exactidão das estimativa automática da orientação externa das imagens, dado que os VANT não são tão estáveis nem contêm unidades de medição inercial tão precisas como as utilizadas nas plataformas tradicionais (Küng *et al.*, 2011). Na maior parte dos projectos é necessário a realização de ortofotos havendo apenas como dados entrada as fotos realizadas e apoio GNSS (usualmente em RTK).

Para uma melhor compreensão comparemos a obtenção de imagens recorrendo a plataformas tradicionais com a obtenção de imagens através de VANT. A diferença de alturas de voo é significativa. A sobreposição deve ser maior nos VANTS, devido ao processo de obtenção automática de pontos de ligação assim como à fraca determinação das posições das câmaras e da sua atitude. Esta sobreposição, apresenta, geralmente uma maior variação, de par para par de fotos, no seu valor ,relativamente às plataformas tradicionais. Outra diferença são as elevadas distorções de perspectiva devido principalmente à grande variação de alturas relativamente à altura de voo realizada. Os parâmetros de orientação externa tornam-se deste modo, desconhecidos, ou, quando medidos, não tenham

a exactidão desejada, caso que não acontece nas plataformas tradicionais onde existem unidades de medição inercial, câmaras e receptores GNSS de alta qualidade onde nem o espaço nem o peso do material é relevante (Küng *et al.*, 2011). Este último facto é de relativa importância, tendo em conta que o ajustamento por feixe de um bloco de fotografias necessita de uma boa aproximação inicial para calcular os parâmetros de orientação externa, podendo não convergir tal não aconteça. É usual, devido ao seu peso e dimensões, usar câmaras fotográficas amadoras de pequeno e médio formato. As imagens obtidas por VANTs apresentam também grandes variações tanto radiométricas como de resolução o que afecta também a qualidade final de um ortomosaico, factor que deve ser tido em consideração aquando da realização do processamento das imagens.

2.1. mini-VANT Swinglet CAM

Este VANT é composto por uma asa eléctrica (tipo delta) com um peso de 500g, incluindo o piloto automático e a câmara digital de 12 MPix (ver Figura 1). O seu baixo peso combinado com a fuselagem em espuma, torna-o relativamente seguro em aplicações urbanas, dado que a sua energia de impacto é equivalente à de uma ave de tamanho médio (Küng *et al.*, 2011). Por outro lado, a sua baixa velocidade-ar (aprox. 36 km/h), o facto da sua descolagem ser feita por lançamento manual e a aterragem ser feita em espirais apertadas e em espaços relativamente curtos, facilitam ainda o planeamento do voo em zonas urbanas.

O swinglet CAM vem equipado do software eMotion (senseFly, 2014) que controla o piloto automático a partir dum computador portátil localizado em terra. Além disso permite também efectuar o planeamento da cobertura fotográfica e injectar a trajetória na memória do VANT juntamente com a localização das exposições.

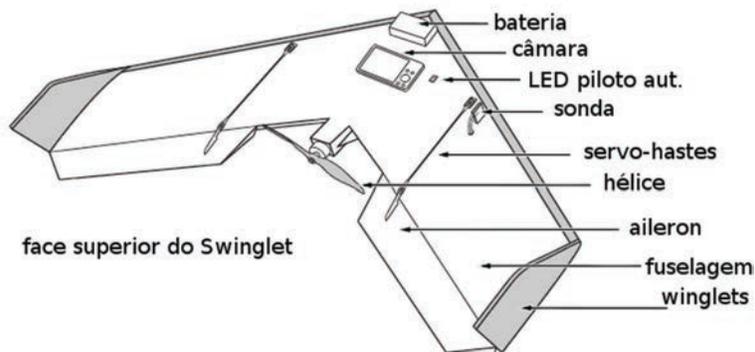


Figura 1 - O VANT utilizado neste estudo. Adaptado de (Sensefly, 2014)

3. PAMP: SOFTWARE DE CÓDIGO ABERTO EM FOTOGRAMETRIA DIGITAL

Os pacotes de programas de código aberto são hoje em dia amplamente utilizados em todas as áreas científicas, devido tanto ao factor económico como à transparência dos métodos e algoritmos que são utilizados. Sendo o factor económico, hoje mais que nunca, importante, o controlo e a possibilidade de consultar o que o algoritmo faz e como o faz assume uma importância relevante, principalmente quando se tentam conhecer e quantificar as fontes de erro que podem afectar os outputs do software. Há ainda a salientar o facto de que muitas vezes o que acontece é a compra de licenças de código aberto por parte de empresas fabricantes de software para as poderem usar comercialmente, criando apenas interfaces gráficas que facilitam o acesso ao utilizador.

O PAMP (Pastis/Apero/Micmac/Porto) é um pacote de programas de código aberto criado por Marc Pierrot-Deseilligny do Instituto Geográfico Francês. Inicialmente continha apenas ferramentas para a correspondência de imagens. No entanto, foram integradas outras ferramentas já existentes, podendo actualmente realizar a maioria das tarefas, a montante e a jusante da correspondência de imagens com vista à modelação 3D de objectos a partir dum conjunto de imagens. Este pacote é escrito em C++ e contém várias ferramentas para:

- extracção de modelos digitais de superfície a partir de múltiplos pares estereo,
- modelação tridimensional de superfícies/objectos,
- registo de imagens multi-espectrais
- rectificação de imagens satélite utilizando coeficientes polinomiais racionais RPC's
- produção de ortofotos

Este software recorre, por sua vez aos seguintes pacotes (também de código aberto), nomeadamente: i) o *SIFT (Scale Invariant Feature Transform)* para a identificação de pontos homólogos entre imagens; ii) o *DCRAW* para extrair informação *exif* das imagens; iii) o *Image Magick* para a manipulação e conversão entre diferentes formatos de imagens; iv) o *proj4* para a transformação entre diferentes sistemas de coordenadas.

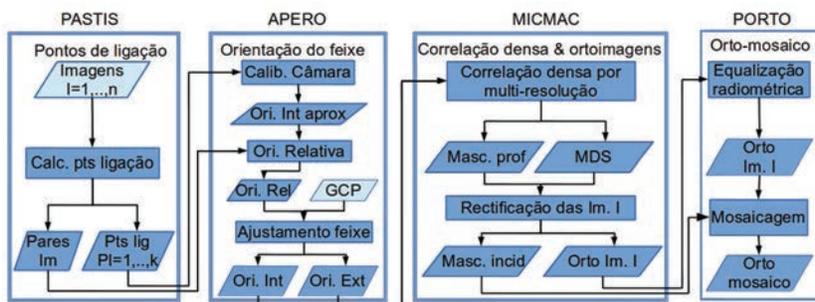


Figura 2 - Pipeline seguida para a geração automática do ortofoto e do MDS

O PAMP é composto por 4 módulos (ver Figura 2): i) PASTIS para a determinação dos pontos de ligação entre as várias imagens do bloco; ii) APERO para o ajustamento por feixe do bloco de fotografias; iii) MicMac para a correlação densa entre múltiplos pares estereo e produção das ortimagens; iv) PORTO para a mosaicagem e equalização radiométrica das ortoimagens e a consequente produção do ortofoto da cobertura.

3.1. PASTIS

A primeira etapa do processo de construção do ortofoto consiste na determinação dos pontos de ligação entre as imagens que constituem a cobertura aérea e na consequente ordenação das imagens através da

formação dos possíveis pares estereo (ver Figura 2). Esta tarefa é feita com o PASTIS (*Programme utilisant Autopano Sift pour les Tie-points dans les ImageS*). Numa primeira fase são determinados os pontos de interesse utilizando o detector SIFT os quais são supostamente robustos relativamente às variações de escala, às rotações e ao ruído. Numa segunda fase os pontos de interesse são emparelhados, ou seja, para cada imagem e para cada ponto são determinadas as imagens que contêm um ponto semelhante, definido segundo a norma euclidiana (Lowe, 2004).

3.2. APERO

Depois de termos determinado os pontos de ligação entre as imagens passamos à orientação do feixe de imagens num determinado referencial definido pelo utilizador. Esta etapa do processo é feita com o APERO (*Aérotriangulation Photogrammétrique Expérimentale Relativement Opérationnelle*). Os principais módulos do APERO são (Pierrot-Deseilligny and Clery, 2011):

- Um módulo para o cálculo da aproximação inicial da orientação do bloco, que recorre a: i) um algoritmo baseado na matriz essencial numa projecção cónica, utilizada vulgarmente na visão computacional; ii) à recessão espacial fotogramétrica (i.e orientação externa); iii) a um programador especial hierárquico que determinar a árvore óptima do bloco das fotografias (onde cada imagem com excepção da primeira tem um conjunto de pais relativamente à qual a sua orientação é calculada)
- Um módulo para o cálculo do ajustamento por feixe, baseado na linearização clássica das equações de colinearidade e no consequente processo iterativo de Gauss-Newton ou em opção o método de Levenberg-Marquardt para a resolução do sistema de equações não-lineares.
- Módulos para a determinação da orientação absoluta baseada em pontos de apoio ou definida a partir das imagens.
- Alguns módulos para a importação e exportação de dados: pontos de ligação, pontos de apoio, orientações interna e externa, coordenadas GPS dos centros de exposição (no caso de existirem).

3.3. MICMAC

A etapa seguinte do processo consiste na geração duma nuvem de pontos 3D utilizando a correspondência densa de imagens. No MicMac (*Multi-Images Correspondances, Méthodes Automatiques de Corrélation*) o problema de reconstrução da superfície por correlação densa é resolvido pela minimização dum funcional de energia dado por (Pierrot-Deseilligny and Paparoditis, 2006):

$$E_{\alpha}(Z(x, y)) = \sum (1 - Corr(x, y, Z(x, y))) + \alpha K(x, y) \quad (1)$$

Nesta equação $Z(x, y)$ é a superfície que pretendemos reconstruir (isto é o MDS), $Corr$ é a função de correlação cruzada normalizada, α é um parâmetro de suavização e K é o termo de regularização dado por

$$K(x, y) = |Z(x + 1, y) - Z(x, y)| + |Z(x, y + 1) - Z(x, y)| \quad (2)$$

O mínimo global do funcional é encontrado em tempo polinomial utilizando uma implementação, em multi-resolução, da técnica clássica de optimização combinatoria baseada no corte mínimo e no fluxo máximo de grafos (Roy and Cox, 1998).

3.4. PORTO

O Porto é a ferramenta utilizada para a produção de ortofotos (mosaicos de ortoimagens). Apesar de ainda estar num estado muito incipiente de desenvolvimento (Pierrot-Deseilligny, 2012) permite já realizar a mosaicagem e a equalização radiométrica das diferentes orto-imagens que constituem o bloco. A equalização radiométrica de cada $O_i(x, y)$ ortoimagem é feita através dum polinómio local $P_i(x, y)$ e dum polinómio global $R(x, y)$ de forma a evitar uma possível deriva da radiometria:

$$O_{corr} = O_i(x, y)P_i(x, y)R_i(x, y) \quad (3)$$

Os coeficientes destes polinómios são determinados globalmente utilizando o método dos mínimos quadrados.

3.5. Parametrização formal da PAMP em XML

Do ponto de vista prático, um dos inconvenientes do pacote PAMP reside na parametrização formal em XML dos seus diferentes módulos. Como o seu desenvolvimento foi feito tendo em vista um grande leque de aplicações aéreas e terrestres a parametrização é complexa. No entanto, existe para cada módulo um ficheiro xml padrão que poderá ser customizado em função das especificidades de cada projecto.

No Pastis a informação necessária a incluir no ficheiro xml refere-se aos parâmetros iniciais de calibração da câmara, nos casos em que alguma desta informação não estiver contida na informação exif dos ficheiros imagem, isto é, as coordenadas imagem do ponto principal, a distância focal e o tamanho do sensor.

No caso do Apero esta parametrização em xml permite controlar os procedimentos de calibração da câmara e de orientação das imagens. Note-se que em muitos projectos fotogramétricos, este aspecto é muito importante pois é frequente ter alguns parâmetros de calibração/orientação previamente determinados e se pretende que estes se mantenham fixos durante o processo de refinamento dos parâmetros. Assim, as principais secções do ficheiro xml são:

- *<SectionBDD_Observation>* - onde se define os pontos de apoio e de ligação da cobertura,
- *<SectionInconnues>* - onde se lista a calibração da câmara (ou das câmaras) utilizadas no projecto e as imagens associadas. A primeira imagem da lista é posicionada de forma arbitrária,
- *<SectionSolveur>* - onde se especifica qual o algoritmo a utilizar na resolução da triangulação fotogramétrica,
- *<SectionCompensation>* - onde se definem as diferentes etapas do cálculo da triangulação.

No caso do MicMac a parametrização xml é em geral utilizada em projectos de fotogrametria terrestre, para se adaptar a geometria da rede de imagens na reconstrução 3D do objecto de estudo. É também neste

ficheiro xml que se define espacialmente a área de trabalho e se parametrizam as várias etapas de multi-resolução referidas anteriormente. As secções mais importantes são:

- *<Section_Terrain>* - onde é definida a área sobre a qual o MicMac vai realizar a correspondência entre imagens, assim como o intervalo de profundidade
- *<Section_PriseDeVue>* - onde se definem as várias perspectivas de imageamento do objecto, com as suas imagens e parâmetros.
- *<Section_MEC>* - é onde se define as várias etapas multi-resolução e os seus respectivos parâmetros (zoom, janela de correlação, ...)

Por último a informação mais importante a considerar no ficheiro xml do Porto é relativa à montagem do mosaico (*<SectionFilatrageIn>*) e à aplicação das correcções radiométricas (*<SectionEgalisation>*) pretendidas. Tal como no MicMac a parametrização xml do Porto é feita em geral em projectos de fotogrametria terrestre, devido à possibilidade de existirem diferentes perspectivas de imageamento do objecto.

4. CASO DE ESTUDO: ZONA URBANA DE COIMBRA

4.1. Dados

O caso de estudo apresentado neste trabalho situa-se na zona central da cidade de Coimbra, cobrindo uma área urbana, a Praça da República, e uma área de vegetação, o Parque de Santa Cruz (Figura 3). O campo de jogos do Parque serviu como zona de descolagem e de aterragem do VANT.

O voo foi efectuado no dia 28 de Janeiro de 2013 e consta dum bloco de 76 imagens obtidas com o swinglet CAM da senseFly (ver Figura-4). A recolha dos pontos de apoio (GCPs) e dos pontos de verificação (CHP) foi feita por técnicas GNSS em modo RTK (ver Figura 3). O planeamento de voo foi feito com o software eMotion com os requisitos de 80% de sobreposição longitudinal, 60% de sobreposição lateral e uma altura de voo média de 100 (aproximadamente) acima do solo urbano. A localização dos centros de exposição é também ilustrada na Figura 3.



Figura 3 - Localização da zona de estudo, dos centros das imagens e dos pontos de apoio e verificação



Figura 4 - Bloco de 76 imagens que compõem a cobertura aérea da área de estudo e correspondente trajetória. A vermelho imagens utilizadas na calibração inicial da câmara

4.2. Resultados e Discussão

A Figura 5 mostra o ortofoto da cobertura aérea obtido pelo pacote de software fotogramétrico de código aberto PAMP, utilizando a configuração

descrita seguidamente. Para a calibração inicial da câmara utilizaram-se 14 imagens do bloco (Figura 4) e o modelo de distorção radial das lentes estendido definido com os 5 parâmetros (C_x , C_y , R_3 , R_5 , R_7), além da posição do ponto principal (Pierrot-Deseilligny, 2012). Para apoio da triangulação do bloco das 76 imagens no sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89 utilizaram-se 11 pontos de apoio (Figura 3). para a normalização radiométrica das ortoimagens.

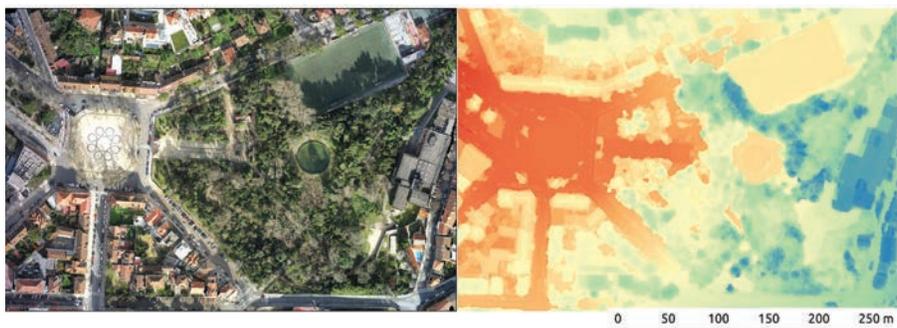


Figura 5 - Ortofoto da cobertura e correspondente MDS obtido per correlação densa (ambos com resolução espacial de 4cm)

A Figura 6 mostra uma perspectiva da nuvem de pontos 3D obtida pelo software de código aberto PAMP e colorida pelos valores RGB das 76 imagens da cobertura. Esta nuvem é composta por 136 296 981 pontos e ocupa um volume aproximado de 2,0GB.

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos na avaliação da exactidão posicional do orto e na avaliação da exactidão vertical do MDS. No cálculo da tabela consideraram-se as seguintes expressões:

$$\Delta = C_{GPS} - C_{Orto}; \quad remq = \sqrt{\frac{((\Delta M)^2 + (\Delta P)^2)}{n}} = \sqrt{remq_M^2 + remq_P^2} \quad (4)$$

Os valores obtidos mostram que a exactidão posicional do orto avaliada pelo indicador da raiz quadrada do erro médio quadrático do orto é de 19cm a qual se mostra perfeitamente adequada para actividades municipais.



Figura 6 - Nuvem de pontos 3D contendo 136 296 981 pontos

Para avaliarmos a influência do número dos pontos de apoio (GCPs) na triangulação por feixe repetiu-se o procedimento anterior mas considerando desta vez apenas os 4 pontos GCPs seguintes: 07, 08A, 09A, 11. Os resultados globais obtidos foram praticamente idênticos aos da tabela com a excepção do $rmeq_M$ que foi superior em apenas 1 cm.

Tabela 1 - Avaliação da exactidão posicional do ortofoto e vertical do MDS

CHP Nº PT	Resíduos Orto (m)			MDS
	ΔM	ΔP	Erro _{xy}	ΔH (m)
02	0,109	0,048	0,119	-0,774
04	0,051	0,129	0,139	0,299
06	-0,023	0,008	0,024	-0,152
08	-0,128	0,221	0,255	-0,144
09	0,058	-0,057	0,081	0,195
10	-0,069	0,013	0,070	1,353
11A	-0,113	-0,01	0,113	-0,799
12	-0,082	-0,005	0,082	0,341
14	-0,19	-0,026	0,192	0,054
$rmeq_M = 0,10m$; $rmeq_P = 0,09m$; $rmeq_Orto = 0,14m$; $rmeq_MDS = 0,61m$;				

4.3. Comparação relativa

Afim de testarmos a performance deste software de código aberto num

contexto de produção, surgiu a ideia de se efectuar uma comparação relativa entre o orto gerado nas secções anteriores e orto gerado pelo software comercial Pix4D®. A Figura 7 mostra uma comparação relativa visual entre estes dois ortos. Na Figura 7 -a é apresentado o orto produzido pelo Pix4D®. Na Figura 7 -b é apresentado a diferença RGB entre este orto e o produzido pelo PAMP (Figura 5 -a); note-se que a cor cinzenta representa os pixeis com valores semelhantes de RGB. Nas Figura 7 -c e 7-d é apresentado o mesmo detalhe no orto gerado pelo PAMP e pelo Pix4D, respectivamente. O mesmo acontece nas Figuras 7-e e 7-f.

Apesar de globalmente a qualidade radiométrica dos dois ortos ser muito semelhante existem pequenas diferenças que interessa salientar: i) no PAMP existem alguns pixeis sem valor RGB (pixeis a preto); ii) no PIX4D apesar de não existirem pixeis pretos alguns deles são substituídos por valores incorrectos de RGB originando os chamados pixeis fantasma.

5. CONCLUSÕES

Pode-se dizer que os VANT não vão tornar as técnicas da fotogrametria aérea clássica obsoletas. Antes pelo contrário, vêm abrir um novo leque de oportunidades na área da Fotogrametria Digital, trazendo consigo a necessidade de desenvolver e utilizar novos pacotes de software fotogramétrico capazes de lidar tanto com a quantidade de informação obtida, assim como a de ultrapassar a utilização de imagens obtidas por câmaras de grande consumo e o facto destas imagens serem captadas em posições e atitudes não convencionais necessárias à maioria dos programas clássicos de aerotriangulação por feixe de blocos de imagens.

Os resultados obtidos para os indicadores de exactidão posicional do orto ($remq_orto = 11$ cm) mostram que os VANTs conjugados com o software de código aberto são uma tecnologia a considerar seriamente para a produção de ortofotos em meio urbano pelas autarquias. No entanto a presença de alguns artefactos (pixeis sem valor de RGB ou pixeis fantasmas) pode ainda constituir um obstáculo para potenciais utilizadores.

Por outro lado, os resultados obtidos para os indicadores de exactidão vertical do MDS ($remq_MDS = 60$ cm) sugerem que esta tecnologia poderá ser utilizada com alguma fiabilidade na geração de produtos 3D, como por exemplo nuvens de pontos 3D, e constituir uma fonte dados

economicamente viável para variados fins, tais como o cadastro predial 3D.

Por outro lado, os resultados obtidos para os indicadores de exactidão vertical do MDS ($remq_MDS = 60\text{ cm}$) sugerem que esta tecnologia poderá ser utilizada com alguma fiabilidade na geração de produtos 3D, como por exemplo nuvens de pontos 3D, e constituir uma fonte dados economicamente viável para variados fins, tais como o cadastro predial 3D.



Figura 7 - Comparação visual entre os dois ortofotos: a) ortofoto produzido pelo Pix4D®; b) diferença radiométrica RGB pixel a pixel entre os dois ortofotos; c-e) e d-f) representam, respectivamente, detalhes dos ortofotos produzidos pelo PAMP e pelo Pix4D

No entanto, atendendo a que PAMP, é um pacote de software que pretende abranger um grande leque de tarefas, requer também uma grande parametrização (ficheiros *.xml*), o que aliado à não existência de um interface gráfico torna a sua utilização pouco amigável e algo complexa. A realização duma interface gráfica dentro dum ambiente SIG de código aberto (por exemplo o QGIS ou o GRASS) será alvo de futuro desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SINFIC pela cedência das imagens e pelo orto gerado no software Pix4D®. Agradecem também à Câmara Municipal de Coimbra pelos trabalhos de campo efectuados na recolha dos pontos de controlo (GCP) e dos pontos de validação (CHP). Por último salientam o facto deste trabalho ser financiado parcialmente pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) no âmbito do projecto PEst-OE/ EEI/UI308/2014 e pelo Projecto EMSURE - Energy and Mobility for Sustainable Regions (CENTRO-07-0224-FEDER-002004) da iniciativa Energy for Sustainability da Universidade de Coimbra.

BIBLIOGRAFIA

- KÜNG, O., Strecha, C., Beyeler, A., Zufferey, J.-C., Floreano, D., Fua, P., and Gervais, F. (2011). The accuracy of automatic photogrammetric techniques on ultra-light UAV imagery. In *Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics (UAV-g), Zurich, Switzerland. ISPRS Archives - Volume XXXVIII-1/C22*, p. 125-130.
- LOWE, D. G. (2004). *Distinctive image features from scale-invariant keypoints*, International Journal of Computer Vision 60: p. 91-110.
- PIERROT-DESEILLIGNY, M. 2012. MicMac, Aperó, Pastis and Other Beverages in a Nutshell!. Disponível online <http://logiciels.ign.fr/?Micmac>. Acedido em 2014-06-16
- PIERROT-DESEILLIGNY, M., and Clery, I. (2011). Aperó, an open source bundle adjustment software for automatic calibration and orientation of set of images. In *Proceedings of the ISPRS Symposium, 3DARCH11*, p. 269-277.
- PIERROT-DESEILLIGNY, M., and Paparoditis, N. (2006). A multiresolution and optimization-based image matching approach: An application to surface reconstruction from SPOT5-HRS stereo imagery. In *ISPRS Workshop on Topographic Mapping From Space (With Special Emphasis on Small Satellites) Vol. 36 (Part 1/W41), Ankara, Turkey*
- ROY, S., and Cox, I.J. (1998). A maximum-flow formulation of the N-camera stereo correspondence problem. In *Computer Vision, 1998. Sixth International Conference on*, p. 492-499.
- SenseFly 2014. The swinglet CAM. Disponível online <http://www.sensefly.com/>. Acedido em 2014-06-16.
- SKARLATOS, D. (1999). *Orthophotograph Production in Urban Areas*, The Photogrammetric Record 16 : 643-650.

- TURNER, D.; Lucieer, A. & Watson, C. (2012). *An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds*, Remote Sensing 4 : 1392-1410.
- WATTS, A. C.; Ambrosia, V. G. & Hinkley, E. A. (2012). *Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use*, Remote Sensing 4 : 1671-1692.
- ZHOU, G.; Chen, W.; Kelmelis, J. & Zhang, D. (2005). *A Comprehensive Study on Urban True Orthorectification*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 43: 2138-2147.

ARTIGO 43

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL. APLICAÇÃO A UM LEVANTAMENTO REALIZADO EM COIMBRA UTILIZANDO VANT

HENRIQUES, Maria João¹; MANTA, Virgínia² & MARNOTO, João³

¹ Núcleo de Geodesia Aplicada - Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal; Tel.: +351 218443396 email: mjoao@lnec.pt

² Gabinete de Cadastro e Solos; Câmara Municipal de Coimbra; Praça 8 de Maio, 3000-300 Coimbra, Portugal Tel.:+351 239 828078 email: virginia.manta@cm-coimbra.pt

³ Novageo Solutions, S.A.; Estrada da Ponte n.º2, Quinta Grande - Alfragide; 2610-141 Amadora, Portugal Tel. +351 214213262 email: joao.marnoto@novageo.pt

RESUMO

A utilização de VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados) como plataformas para a obtenção de fotografias destinadas à aquisição de informação geográfica tem despertado um interesse crescente por poder ser, em certos domínios, uma alternativa interessante aos métodos aéreos tradicionais. Na comunicação é apresentado o controlo da qualidade de um ortomosaico e de um modelo digital de superfície de uma zona central de Coimbra seguindo duas metodologias de análise: a habitual, baseada na análise da estatística “erro médio quadrático” e uma complexa que envolve métodos de inferência estatística.

Concluiu-se que um ortofotomapa ou uma planta, produtos com grande escala (pois é nesta área que se integram os ortomosaicos produzidos pelos VANT da gama dos utilizados em Coimbra), produzidos a partir de fotografias recolhidas por equipamento fotogramétrico de elevada qualidade, numa plataforma altamente estável e com equipamento de posicionamento muito preciso, complementados com edição rigorosa são elementos de suporte, que se considera insubstituíveis em diversas atividades de gestão do território. No entanto, para trabalhos de atualização, planeamento ou verificação, um ortomosaico e a nuvem de pontos produzidos pelos VANT são fontes de informação que, localmente, em áreas mais

restritas, podem incluir informação mais completa e nalguns casos até mais rigorosa que a obtida a partir de métodos clássicos de produção cartográfica.

PALAVRAS-CHAVE

VANT, Ortomosaico, Modelo digital de superfície, Controlo da qualidade.

EVALUATION OF THE POSITIONAL QUALITY. APPLICATION TO A SURVEY CONDUCTED IN COIMBRA USING UAV

ABSTRACT

The use of UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) as platforms for obtaining photographs aimed to cartographic production has aroused increasing interest because it can be in certain areas, an interesting alternative to traditional aerial methods. This communication presents the quality control of an orthomosaic and a digital surface model of a central zone of Coimbra, following two methods of statistical analysis: the usual, based on the “Root Mean Square Error” and another one involving methods of statistical inference.

It was concluded that large scale orthophotomaps or plans (the equipment and methodology used in the Coimbra tests originate large scale data), produced from photographs taken by photogrammetric equipment of high quality, a platform highly stable and very precise positioning equipment, complemented with rigorous editing are supporting elements, which are considered irreplaceable in various land management activities. However, for updating purposes, planning or checking, an orthomosaic and the point cloud produced by the UAV are data sources that, locally, in more restricted areas, may include more complete information and in some cases even more rigorous than what is obtained from classical methods of cartographic production.

KEYWORDS

UAV, Orthomosaic, Digital surface model, Quality control.

1. INTRODUÇÃO

No âmbito de uma demonstração da aplicação da tecnologia dos VANT na produção de informação geográfica, foi realizado em 2013 um voo para obter fotografias aéreas da zona da Praça da República e do Parque de Santa Cruz, em Coimbra. As fotografias aéreas foram depois alvo de um processamento que teve por objetivo a criação de um ortomosaico e do modelo digital de superfície.

Na presente comunicação são apresentados os resultados do controlo da qualidade dos produtos gerados, para o qual foram aplicadas duas metodologias baseadas em métodos de inferência estatística: a habitual, baseada na análise da estatística “erro médio quadrático”, e uma mais complexa e completa.

2. O VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

As fotografias do levantamento aéreo foram obtidas por uma câmara digital Canon IXUS 220 HS, montada na plataforma *SenseFly Swinglet CAM* (Figura 1), uma aeronave muito leve (500g) e pequena (80cm de envergadura). Esta aeronave pode voar de forma autónoma, desde que a trajetória de voo tenha sido previamente definida e enviada para a aeronave ou telecomandada. Durante toda a missão a aeronave emite periodicamente dados do voo, nomeadamente o nível de carga da bateria, a velocidade do vento, a atitude (obtida de uma unidade de navegação inercial), a posição (obtida a partir do recetor GPS incorporado), para uma estação de controlo. Esta consiste no *software eMotion* (da *Sensefly*), instalado num computador portátil com uma antena de rádio externa para as comunicações. Uma descrição mais completa do sistema pode ser obtida em Vallet *et al.* (2011).



Figura 1 - *SenseFly Swinglet CAM* e mala de transporte

3. O VOO REALIZADO PELO VANT SOBRE COIMBRA. PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

O voo foi realizado no âmbito da sessão técnica de demonstração “Veículos aéreos não tripulados (VANT) para produção de Informação Geográfica” organizada pela Secção Regional do Centro da Ordem dos Engenheiros (OERC) em janeiro de 2013. Os participantes na sessão tiveram oportunidade de seguir todos os passos, desde a programação do voo, à sua realização e ao processamento dos dados para obtenção de um ortomosaico e do modelo digital de superfície. Estes três passos são exatamente os mesmos que os seguidos em levantamentos fotogramétricos convencionais.



Figura 2 - Indicação da área coberta pelo ortomosaico (limite linha amarela), da zona onde a aeronave levantou e aterrou (ponto amarelo), da trajetória aproximada durante a tomada das fotografias (linha verde), dos pontos onde foram tiradas as fotografias (pontos vermelhos)

Etapas do levantamento e geração de produtos cartográficos:

- Programação do voo. O voo foi programado utilizando o *software eMotion*, tendo sido escolhida: i) a zona que seria coberta pelo voo, a qual incluía a Praça da República e o Parque de Santa Cruz (área aproximada 18ha); ii) a resolução pretendida (4cm por pixel); iii) a sobreposição la-

teral e longitudinal (60% e 90%). Com base nestes elementos o *software* escolheu automaticamente a trajetória, a altura do voo e a periodicidade da obtenção das fotografias. Os dados do plano de voo foram transmitidos para a aeronave antes do voo.

- Realização do voo. A aeronave foi lançada (e aterrou) no Campo de Santa Cruz ¹. Na subida, e para pousar, a aeronave percorreu uma trajetória em hélice até atingir a altura de voo estabelecida (a altura é avaliada por um sensor de pressão). Uma vez esta atingida a aeronave deslocou-se até ao primeiro ponto do plano de voo, percorrendo depois a trajetória escolhida, utilizando para tal as coordenadas GPS (latitude e longitude) que estava permanentemente a calcular. Na extremidade de cada fiada, enquanto a aeronave dava a volta antes de começar nova fiada, não foram obtidas fotografias. Através da posição dos centros das fotografias apresentadas na Figura 2 verifica-se que durante o voo o vento estava predominantemente de sul e era constante.

- Após o voo, as fotografias foram descarregadas da câmara para o computador onde já se encontravam os ficheiros com dados do voo (hora, coordenadas, altura, atitude, velocidade do vento), criado com os dados emitidos pelo VANT durante o voo), e os parâmetros de calibração da câmara, calculados pela *SenseFly*. O processamento foi efetuado em duas etapas pelo *software PostFlight Terra 3D v2.2.6 (T3D)* da *SenseFly*. Na primeira, o pré-processamento, permitiu avaliar se as condições do voo tinham sido adequadas, nomeadamente se a área tinha sido suficientemente coberta por fotografias. Na segunda fase, gerou uma nuvem de pontos, um modelo digital de superfície (MDS) e um ortomosaico. O *software* verificou que as 76 fotografias tiradas durante o voo eram de qualidade pois foi capaz de obter parâmetros de calibração para todas as imagens, o que tornou possível a sua integração no processamento. Determinou também a cobertura obtida: de acordo com imagem da Figura 3, quase toda a área (mais de 99%) tinha sido coberta por três ou mais fotografias sendo que mais de 50% tinha sido coberta por cinco ou mais fotografias (Figura 4).

Principalmente devido às rajadas de vento que provocam alterações súbitas na direção do percurso e na inclinação do UAV, existem zonas

¹ Campo de futebol no Parque do mesmo nome

da área levantada onde não ocorreu a sobreposição entre fotografias prevista na programação do voo enquanto noutras zonas a sobreposição foi superior ao programado.

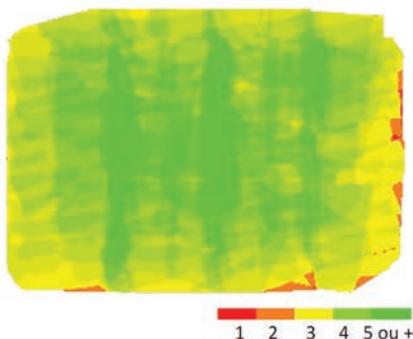


Figura 3 - Sobreposição das fotografias



Figura 4 - MDS obtido no pré-processamento, antes da densificação

O ortomosaico representa uma projeção ortogonal da superfície do terreno. Deste é somente possível obter coordenadas planimétricas (M e P). Para produzir um ortomosaico são utilizadas duas ferramentas de processamento fotogramétrico: a ortorretificação e a ligação entre fotografias (em inglês *stitching*). Segundo Strecha (2011) as etapas são as seguintes: i) procura automática de pontos homólogos nas imagens que foram integradas no projeto;

ii) atribuição de coordenadas, pré-determinadas, a alguns pontos (designados Pontos Fotogramétricos - PF), realizada pelo utilizador com um grande apoio do *software*; iii) cálculo dos parâmetros de orientação externa (estimação da posição e atitude da câmara para cada imagem) através de uma triangulação em bloco por feixes perspetivos, cálculo realizado com dados dos pontos, identificados na primeira etapa, e com informação do voo, transmitida pelo UAV (posição e atitude); iv) cálculo das coordenadas 3D de todos os pontos; v) geração do MDS; vi) criação do ortomosaico georreferenciado sendo que cada pixel é projetado no plano de acordo com o MDS. Dado que pixéis vizinhos podem ter origem em imagens diferentes o *software* pode aplicar uma alteração da luminosidade das

imagens de forma a obter-se o ortomosaico com luminosidade uniforme.

Durante o processamento são calculados os parâmetros de auto-calibração (Figura 5), necessários para corrigir o efeito das distorções da lente nas imagens, os quais são apresentados no relatório produzido automaticamente pelo *software*. Neste relatório são também incluídos os valores iniciais, frequentemente resultantes de uma calibração realizada pela empresa que vendeu o sistema. No caso particular da distância focal o *software* efetua um teste simples tendo como base a diferença entre o valor inicial e o valor otimizado (o calculado), a qual não deverá ser superior a 5% do valor inicial da distância focal.

Internal Camera Parameters CanonIXUS220HS_4.3_3000x4000 sensor dimension: 6.2 4.65 [mm]

	Focal length	Principal point X	Principal point Y	RD 1	RD 2	RD 3	TD 1	TD 2
initial values	2839.640 [pix] 4.400 [mm]	2019.760 [pix] 3.068 [mm]	1547.000 [pix] 2.251 [mm]	-0.043	0.026	-0.006	0.001	0.002
optimized values	2816.477 [pix] 4.364 [mm]	2035.681 [pix] 3.044 [mm]	1461.928 [pix] 2.383 [mm]	-0.042	0.021	-0.002	-0.003	0.003

Figura 5 - Parâmetros da câmara

O ortomosaico foi georreferenciado no sistema PT-TM06 por atribuição de coordenadas a pontos bem identificados nas imagens (por exemplo, traços sobre pavimentos ou desenhos da calçada), pontos designados por pontos fotogramétricos (PF), segunda etapa descrita no anterior parágrafo. Foram utilizados nove pontos cujas coordenadas foram obtidas pelo método GPS/RTK: a estação móvel foi materializada por um recetor Topcon GR3 colocado no topo de um bastão (Figura 6); a estação base, pertencente à Câmara Municipal de Coimbra, estava situada no edifício dos Paços do Concelho, a cerca de 800 m de distância do local.

A identificação dos PF nas imagens foi efetuada pelo utilizador, sendo que este, para cada PF, identificava a sua localização numa foto. Seguidamente o *software* identificava automaticamente o ponto em todas as fotos onde este aparecia, ou deveria aparecer (Figura 7). O operador tinha oportunidade de verificar se nas fotos os pontos ficaram bem identificados podendo, se necessário, alterar para a posição mais correta.



Figura 6 - Coordenação de dois pontos (na Praça de República e numa passadeira). Identificação dos pontos correspondentes nas imagens (pontos verdes) e nuvem de pontos com indicação, a vermelho, dos três pontos utilizados no cálculo da altitude baricêntrica

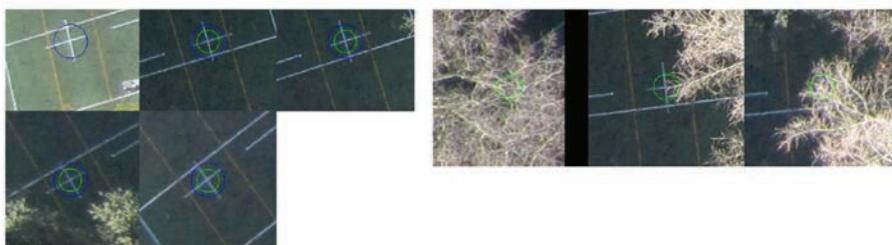


Figura 7 - Identificação de um ponto de forma automática pelo *software* T3D. Primeiro grupo: cinco fotos onde o *software* identificou o ponto; segundo grupo: três fotos onde o ponto não foi identificado por estar coberto por vegetação

Muito importante para a qualidade final dos produtos produzidos (ortomosaico e MNS) é a capacidade do *software* para o reconhecimento de pontos homólogos nas diferentes imagens. Para tal contribuem três

fatores decisivos: a qualidade do algoritmo que efetua a correlação de imagens, os materiais que compõem as superfícies fotografadas e a iluminação. Também muito influente na qualidade é a densidade dos pontos na nuvem de pontos (pontos com coordenadas 3D). Se em algumas áreas é fácil verificar as razões para não existirem pontos a definir a superfície (em zonas muito uniformes ou cobertas por árvores) noutras é difícil perceber os motivos para não aparecerem pontos (caso de telhados em telha). Na Figura 8 apresenta-se o efeito do pavimento em pedra branca, envolvente ao edifício da OERC; em contrapartida, a cobertura do edifício à sua direita permitiu a geração de um número muito elevado de pontos. As zonas com asfalto preto e as com árvores e arbustos são más para localizar pontos; em oposição, nalgumas coberturas em relva pode-se encontrar uma densidade elevada de pontos. Na Figura 9 verifica-se que em dois telhados semelhantes coexistem situações opostas, respetivamente baixa e elevada densidade de pontos.

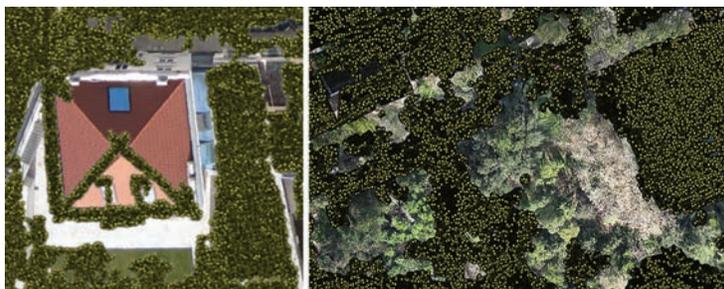


Figura 8 - Exemplos de zonas sem pontos: edifício da OERC e Parque de Santa Cruz

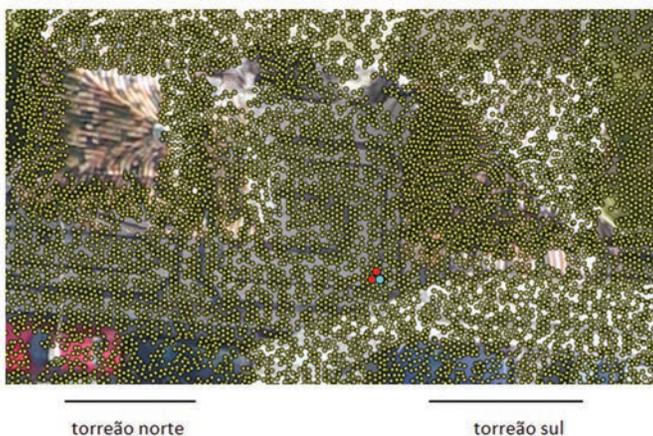


Figura 9 - Os dois telhados dos torreões que delimitam a entrada principal do Parque de Santa Cruz

Para ter informação altimétrica é necessário criar o MDS, o qual é construído a partir da nuvem de pontos gerada também pelo *software* T3D, modelo necessário para transformar as fotografias em ortofotos. A nuvem era constituída por 3 331 688 pontos, distribuídos irregularmente. Cada ponto da nuvem tem coordenadas M, P e H e também a cor da imagem nesse ponto. Esta nuvem foi automaticamente filtrada pelo *software*, tendo-se obtido uma nova nuvem com um menor número de pontos, 784 381, também distribuídos irregularmente. Desta foi gerado, para visualização, um MDS na forma de uma rede de triângulos (Figura 10).



Figura 10 - Praça da República: ortomosaico e rede de triângulos (inclui uma área com triângulos com lados extensos devido à nuvem não ter pontos na zona das árvores)

A visualização da rede de triângulos do MDS permite verificar que não são criadas linhas de quebra do declive (“*breaklines*”) as quais materializam as fronteiras entre zonas que têm inclinações muito diferentes. Por exemplo, os beirais de edifícios são linhas de quebra entre o plano inclinado do telhado e o plano vertical da fachada. A identificação de linhas de quebra, processo que depende fortemente de um operador e que tem uma elevada componente manual, permite a geração de MDS mais robustos, que descrevem melhor a realidade. No MDS criado pelo T3D estas linhas não existem (embora possa haver uma edição manual a fim de as criar), pelo que nas zonas onde há pontos contíguos com altitudes muito diferentes os triângulos apresentam inclinações muito elevadas (Figuras 11 a) e b)) e nessa zona o ortomosaico apresenta anomalias que não surgem num ortofotomapa verdadeiro, o qual necessariamente inclui, durante a produção, a localização de linhas de quebra.



Figura 11 a) - Edifício na esquina da Praça da República com a Rua Tenente Valadim: duas fotografias obtida do Google Maps Street View (visto respetivamente da Rua Tenente Valadim e da Praça da República)

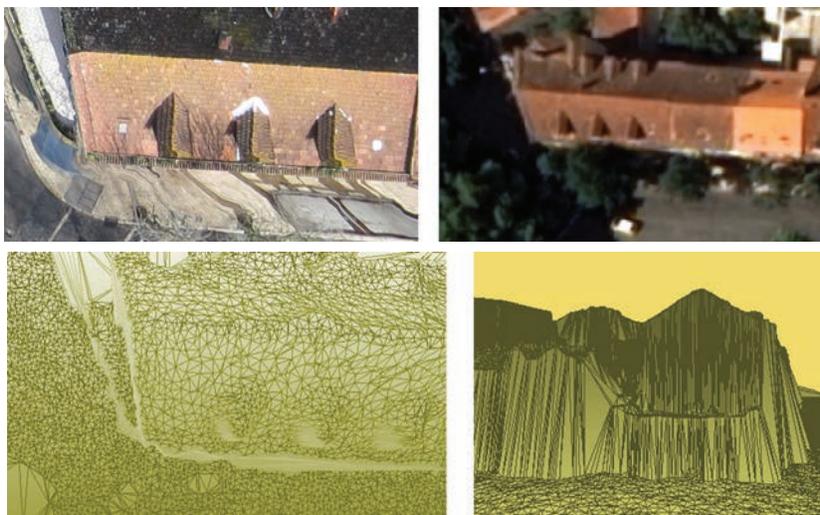


Figura 11 b) - Pormenor do ortomosaico e de um ortofotomapa, rede de triângulos em planta e numa perspetiva

Outros problemas visíveis no ortomosaico, criado por junção de ortofotos, têm origem nas próprias ortofotos. Estes são: i) o duplo mapeamento, repetição de uma secção de uma imagem na imagem e que ocorre nas zonas ocultas por edifícios; e ii) o escorregamento (Habib *et al.*, 2007). Na Figura 12, na área entre as linhas vermelhas (marcadas manualmente pelos autores, o mesmo acontecendo com as azuis) ocorre duplo mapeamento e escorregamento. Esta área corresponde ao passeio que na fotografia original estava encoberto pelo edifício. Na criação do ortomosaico o *software* escolheu outra ortofoto para aquela área, o que não impede que continuem a ocorrer, embora com menos expressão, os dois problemas referidos.



Figura 12 - Ortofoto do telhado de um edifício e área correspondente no ortomosaico. As linhas vermelhas marcam a localização de linhas de quebra; as azuis a fronteira entre zonas de declive muito diferente (ver Figura 15)

O duplo mapeamento ocorre na fase da transformação da fotografia, imagem obtida com uma perspetiva central, numa ortofoto, imagem com uma projeção ortogonal. Considerando o exemplo da Figura 13, onde se representa um edifício implantado num terreno plano (A), a imagem ortogonal da superfície (a que se desejaria obter após a transformação) seria formada por um conjunto de pixéis de igual dimensão com a sequência de cores da superfície (C). Devido ao edifício e à localização do VANT uma área do terreno não fica registada na imagem (B) pois está ocultada pelo edifício. A fachada verde do edifício, que não surgiria numa ortofoto, fica registada na fotografia. Pela posição do VANT, determinada por cálculo, e estabelecido o MDS, o *software* preenche as zonas que ficaram ocultadas pelo edifício, atribuindo aos pixéis ocultos as cores dos pixéis do topo do edifício. A imagem do topo do edifício fica assim repetida, dando origem ao duplo mapeamento. No preenchimento de “D” na Figura 13 foi considerado que o MDS descreve bem o terreno, ajustando-se perfeitamente a este.

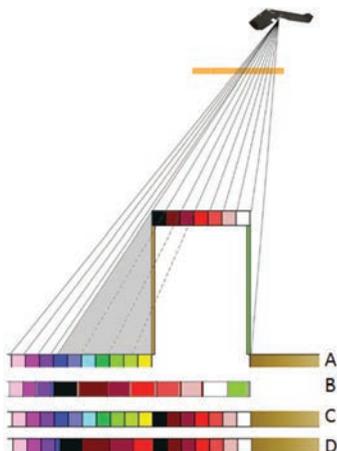


Figura 13 - Edifício sobre um terreno
A: superfície do terreno;
B: imagem obtida no plano da fotografia (ampliada);
C: ortofoto do terreno;
D: imagem do terreno gerada pelo *software*.

Quando o MDS é estimado de forma incorreta o preenchimento dos pixéis da ortofoto fica afetado. Na Figura 14 tenta-se ilustrar a forma como o MDS altera a distribuição cromática da imagem. Nesta figura o MDS está representado pela linha verde que une a nuvem de pontos, representados pelos círculos cinzentos e que têm altitudes incorretas (se a altitude destes fosse a correta distribuir-se-iam ao longo de uma linha horizontal). Por exemplo, centrando a atenção no pixel azul da Figura, zona limitada por pontos com um desnível muito acentuado na direção da linha de observação (desnível incorreto como foi afirmado), tem-se que na ortofoto a área a azul ficaria muito extensa, originando a impressão da ocorrência de um escorregamento. Pelo contrário, nas zonas onde o desnível é acentuado mas na direção ortogonal à linha de observação (ocorre por exemplo nas zonas verdes e roxas) há uma compressão da área original. O exemplo apresentado na figura está muito simplificado pois considera-se que os pontos que materializam o terreno (linha horizontal) estão igualmente espaçados sendo que os erros no MDS só resultam de erros nas altitudes dos pontos.

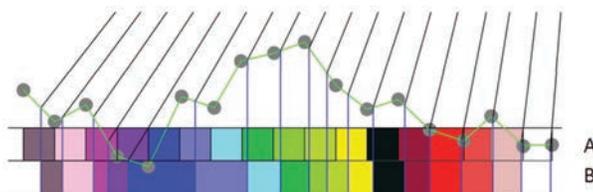


Figura 14 - Superfície original (terreno) é horizontal sendo que o MDS apresenta incorreções em altitude. A: ortofoto correta; B: ortofoto criada a partir do MDS incorreto

Na realidade os pontos do MDS estão afetados de erros tanto em planimetria como em altimetria pelo que a situação que frequentemente ocorre é a apresentada na Figura 15, dos dois edifícios entre a Praça da República e a Rua Lourenço de Almeida Azevedo. Devido à posição do VANT o passeio está ocultado pelos edifícios. No MDS a empena sul dos edifícios não está vertical mas sim inclinada (como foi referido o *software não cria* MDS com planos verticais) e a linha que deveria marcar o contacto da empena com o passeio está altamente irregular em resultado do MDS incorporar pontos do topo da paragem de autocarro, do autocarro, do chapéu-de-sol, de toldos, etc. (Figura 15). Nas zonas originalmente

ocultadas pelos edifícios (zona delimitada a vermelho) foram ocupadas por imagem dos telhados (duplo mapeamento) sendo que se pode notar que dentro da área de duplo mapeamento ocorre uma zona de escorregamento que correspondente à área onde o MDS apresenta uma elevada inclinação (limitada pelas linhas azuis no MDS).



Figura 15 - Uma ortofoto (a) e uma imagem do MDS da zona, desenvolvido em MicroStation (b). As linhas azuis delimitam uma zona com acentuado declive



Figura 16 - Fotografia antes da ortorretificação. Elementos situados no passeio

No ortomosaico, obtido por colagem das ortofotos, operação que é realizada automaticamente pelo *software*, está bem visível que este reúne áreas provenientes de várias ortofotos (Figura 17). Assim, o passeio situado em frente do edifício da esquerda, resulta da união de áreas da ortofoto “A” com a ortofoto “D”, as mesmas que foram utilizadas para o telhado (da “A” para a zona esquerda, da “D” para o centro e direita). O utilizador tem possibilidade de, através de uma edição manual, optar por outras ortofotos para diferentes zonas. Na Figura 178 verifica-se que no ortomosaico os edifícios ficariam mais bem representados se o operador tivesse realizado uma edição e escolhido um extrato da ortofoto “E” para preencher a área da direita.



Figura 17 - Pormenor do ortomosaico de edifícios. As seis ortofotos que cobriram a zona



Figura 18 - Pormenor do ortomosaico, criado por junção de áreas das ortofotos A e D, e a hipótese de este resultar da junção de áreas das ortofotos A e E

4. CONTROLO DA QUALIDADE

O controlo da qualidade do ortomosaico e do MDS pode ser efetuado por aplicação de testes à exatidão e precisão de dados, testes estes utili-

zados para avaliar a qualidade posicional (Casaca 1999, Morrison 1990). Os dados são diferenças (desvios) entre coordenadas GPS e coordenadas do ortomosaico/MDS de pontos de controlo (PC) (Figura 19). As coordenadas GPS, estimadas com um erro inferior a 2 cm em planimetria e 3 cm em altimetria, são mais exatas que as coordenadas obtidas pelo sistema VANT e por isso são consideradas coordenadas de referência.



Figura 19 - Ortomosaico com indicação da localização dos pontos fotogramétricos (magenta), dos pontos de controlo (amarelo) e diferenças entre coordenadas planimétricas do ortomosaico e GPS (setas a vermelho)

Quadro I - Diferenças entre coordenadas

Id	$\Delta M(m)$	$\Delta P(m)$	$\Delta H(m)$	Id	$\Delta M(m)$	$\Delta P(m)$	$\Delta H(m)$
P01	0.079	0.004	-0.053	P10	-0.065	0.060	-0.136
P02	0.004	-0.109	-0.223	P11	-0.045	0.062	0.071
P03	0.039	-0.023	0.011	P12	-0.075	-0.053	-0.076
P04	-0.011	0.021	0.053	P13	-0.080	0.000	0.081
P05	-0.082	0.006	0.029	P14	-0.008	-0.030	-0.151
P06	0.140	0.000	-0.375	P15	-0.127	-0.032	-0.050
P07	-0.032	-0.077	0.015	P16	-0.070	0.014	0.016
P08	0.087	0.011	-0.050	P17	-0.056	0.016	-0.018
P09	-0.010	-0.031	0.000				

Dos valores apresentados no Quadro I, calcula-se a média empírica (T em sobrescrito indica que se apresenta o vetor transposto):

$$\bar{m}^T = [m_M \quad m_P \quad m_H] = [-0.018m \quad -0.009m \quad -0.050m] \quad (1)$$

e a matriz de variância (unidade m²)

$$S_{MPH} = \begin{bmatrix} S_M^2 & S_{MP} & S_{MH} \\ S_{MP} & S_P^2 & S_{PH} \\ S_{MH} & S_{PH} & S_H^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0050 & -0.0001 & -0.0043 \\ -0.0001 & 0.0019 & 0.0014 \\ -0.0043 & 0.0014 & 0.0136 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

sendo que em Henriques *et al.* (2014) se apresentam as expressões que permitem realizar o cálculo destes valores.

A aplicação da metodologia habitual, utilizada em muitos países para verificação da aceitação de um produto cartográfico, recorre a uma confrontação entre o valor do erro médio quadrático (EMQ) das diferenças e um valor de referência. Este valor de referência pode ser, por exemplo, o publicado pela Direção Geral do Território, apresentado no Quadro II (DGT, 2014 e referido também em DGT, 2013).

Quadro II - Valores para avaliação da qualidade baseada no EMQ

	escalas cartográficas	1/1000	1/2000	1/5000
Orto: planimetria	EMQ menor que	0.18m	0.30m	0.75m
	pelo menos 90% dos elementos da amostra têm de apresentar um desvio menor que	0.27m	0.45m	1.25m
Nuvem de pontos: altimetria	EMQ menor que	0.15m	0.25m	0.40m
	pelo menos 90% dos elementos da amostra têm de apresentar um desvio menor que	0.41m	0.65m	1.65m

As coordenadas planimétricas dos PC foram obtidas a partir do ortomosaico gerado pelo *software* T3D. Este foi importado para o *software* QGIS onde se identificaram os pontos na imagem e se obtiveram as coordenadas planimétricas (M e P). O EMQ de 17 PC foi EMQMP= 0.09m sendo que 100% das diferenças são menores que 0.27m. A altitude ortométrica (H) foi obtida da nuvem de pontos utilizando o método de interpolação por coordenadas baricêntricas tendo sido obtido EMQH= 0.13m sendo que 100% das diferenças são menores que 0.41m.

No entanto o método apresentado só avalia a dispersão das diferenças pelo que se propõe que a avaliação da qualidade posicional deva incidir sobre a exatidão e a precisão das diferenças se baseie em métodos da

inferência estatística mais completos. A metodologia de teste foi apresentada por Casaca (1999) tendo já sido aplicada numa avaliação a um outro ortomosaico/MDS (Henriques, 2014), obtido em condições de operação muito difíceis.

4.1. Teste da exatidão

Seguindo a metodologia descrita nos trabalhos atrás referidos, são calculadas as variáveis v e q , ambas escalares, em que a primeira é calculada com base no vetor de diferenças (1) e na matriz de variância (2), e a segunda representa o quantil de probabilidade 0.95 da distribuição F de Snedecor com os graus de liberdade f_1 e f_2 : f_1 é igual a 1, 2 ou 3 quando se testam, respetivamente, dados unidimensionais (altimétricos por exemplo), planimétricos ou tridimensionais (3D); f_2 é igual a $n-1$, sendo n o número total de PC. A variável v é calculada por uma das seguintes expressões

$$v_M = n \frac{m_M^2}{s_M^2} \therefore; v_{MP} = \frac{n(n-2)}{2(n-1)} \bar{m}^T S_{MP}^{-1} \bar{m}; v_{MPH} = \frac{n(n-3)}{3(n-1)} \bar{m}^T S_{MPH}^{-1} \bar{m} \quad (3)$$

O símbolo \bar{m} é aplicado para indicar que as expressões para as restantes variáveis (neste caso v_P e v_H) são equivalentes à expressão apresentada. As variáveis incluídas nas expressões apresentadas são obtidas de (1) e (2).

No teste, a variável v é comparada com as regiões de aceitação (RA) e região crítica (RC), sendo que se aceita a hipótese da amostra ser exata quando a variável de teste está incluída na região de aceitação:

$$RA = [0, q], \quad RC =] q, +\infty [\quad (4)$$

Quadro III - Teste da exatidão

$v_M = 1.11(RA)$	$v_{MP} = 0.87(RA)$	$v_{MPH} = 2.45(RA)$
$v_P = 0.71(RA)$	$q = 3.68$	$q = 3.34$
$v_H = 3.11(RA)$		
$q = 4.49$		

Verificando os valores apresentados no Quadro III aceita-se a exatidão do ortomosaico e do MDS.

4.2 Teste da dispersão

Neste teste avalia-se se o ortomosaico e o MDS estão incluídos numa classe de precisão pré-estabelecida, caracterizada por uma tolerância, com um nível de qualidade aceitável, por exemplo 0.95. A variância σ_j^2 de cada classe “J” de precisão é determinada por

$$\sigma_j^2 = \frac{(t_j)^2}{q} \quad (5)$$

q é o quantil de probabilidade 0.95 da distribuição Qui-quadrado com f graus de liberdade. Neste teste cada componente (M, ou P ou H) pode ser testada individualmente, e neste caso f=1, ou o teste pode incidir sobre coordenadas 2D ou 3D (com f=2 ou f=3, respetivamente). No Quadro IV apresentam-se os valores de variância para várias classes de tolerância.

Quadro IV - Valores da variância para classes de tolerância

	$t_I=0.05m$	$t_{II}=0.10m$	$t_{III}=0.15m$	$t_{IV}=0.20m$
1D:q=3.84	$\sigma_I^2=0.00065m^2$	$\sigma_{II}^2=0.00260m^2$	$\sigma_{III}^2=0.00586m^2$	$\sigma_{IV}^2=0.010417m^2$
2D:q=5.99	$\sigma_I^2=0.00043m^2$	$\sigma_{II}^2=0.00167m^2$	$\sigma_{III}^2=0.00376m^2$	$\sigma_{IV}^2=0.00668m^2$

Seguindo a metodologia descrita nos trabalhos atrás referidos, são calculadas as variáveis u e q, ambas escalares. A primeira **é calculada** com base na matriz (2) e na variância associada a cada classe de tolerância:

$$(u_M)_j = (n-1) \frac{s_M^2}{\sigma_{M,j}^2} \quad \therefore \quad (6)$$

A segunda variável representa o quantil de probabilidade 0.95 da distribuição Qui-quadrado com (n-1) graus de liberdade. Analogamente ao teste anterior são também consideradas a região de aceitação e a região de crítica. No Quadro V, onde são apresentados os resultados dos testes, RA ou RC indicam se, de acordo com o teste, o ortomosaico ou o MDS podem ser utilizados em aplicações que exijam a tolerância indicada. Por exemplo, se for utilizada unicamente a informação planimétrica, o ortomosaico produzido poderia ser utilizado em trabalhos cuja tolerância fosse 0.15m.

Quadro V - Testando a precisão de cada componente

t _I =0.05m	t _{II} =0.10m	t _{III} =0.15m	t _{IV} =0.20m
u _M =122.88(RC)	u _M =30.72(RC)	u _M =13.65(RA)	u _M =7.68(RA)
u _P =46.69(RC)	u _P =11.67(RA)	u _P =5.19(RA)	u _P =2.92(RA)
u _H =334.23(RC)	u _H =83.56(RC)	u _H =37.14(RC)	u _H =20.89(RA)
q=26.30	q=26.30	q=26.30	q=26.30

De acordo com Casaca (1999) a tolerância planimétrica deve ser definida em função de um valor constante no “papel”, por exemplo 0.5mm. A tolerância altimétrica deve ser definida em função da equidistância gráfica, por exemplo, um quinto desta equidistância. Nestas condições, uma planta topográfica à escala 1:1 000, deve apresentar:

- i) Erros planimétricos inferiores a 0.5 m, à escala.
- ii) Erros altimétricos inferiores a um quinto da equidistância gráfica convencional (1mm), ou seja 0.2 m, à escala.

Em face destes valores e comparando com os apresentados no Quadro I verifica-se que as componentes M, P e H se incluem nestas classes de tolerância pelo que o ortomosaico e MDS gerados a partir das fotografias obtidas pelo VANT seriam aceites.

Para fazer uma análise mais completa, não baseada numa análise das coordenadas como unidades independentes mas sim nas coordenadas planimétricas (2D), Casaca adapta a metodologia apresentada por Maling (1989), o qual usa uma comparação das elipses com igual densidade de probabilidade da distribuição das diferenças com os círculos de tolerância planimétrica.

A primeira fase implica calcular os valores próprios máximo e mínimo da inversa da matriz de variância, o que pode ser realizado utilizando as seguintes expressões (Morrison, 1990).

$$L_{\max} = \frac{S_M^2 + S_P^2 + \sqrt{(S_M^2 - S_P^2)^2 + 4(S_{MP})^2}}{2[S_M^2 S_P^2 - (S_{MP})^2]} \quad (7)$$

$$L_{\min} = \frac{S_M^2 + S_P^2 - \sqrt{(S_M^2 - S_P^2)^2 + 4(S_{MP})^2}}{2[S_M^2 S_P^2 - (S_{MP})^2]} \quad (8)$$

A segunda fase envolve calcular valores para as estimativas de L_{\min} , λ_* e λ_0 sendo estas duas últimas calculadas por

$$\lambda_* = L_{\min} \left[1 - \frac{L_{\max}}{(n-1)(L_{\min} - L_{\max})} \right] \quad (9) \quad \left| \quad w = \frac{\sqrt{n-1}}{L_{\min}} \quad (10) \quad \right| \quad \lambda_0 = \frac{\sqrt{n-1} + \sqrt{n+7}}{2w} \quad (11)$$

O teste envolve confrontar o inverso dos valores assumidos pelas três estimativas com o valor da variância, apresentado no Quadro 4 (valores relativos a 2D), associado às tolerâncias pré-estabelecidas. Substituindo os valores da matriz de variância nas expressões apresentadas obtém-se

$$\begin{aligned} \hat{L}_{\text{MAX}} &= 527.21 \text{ m}^2; \hat{L}_{\text{MIN}} = 199.87 \text{ m}^2; 1/\hat{L}_{\text{MIN}} = 0.0051 \text{ m}^2, \\ \hat{\lambda}_* &= 219.99 \text{ m}^2; 1/\hat{\lambda}_* = 0.00460 \text{ m}^2, \\ \hat{\lambda}_0 &= 222.33 \text{ m}^2; 1/\hat{\lambda}_0 = 0.0045 \text{ m}^2. \end{aligned} \quad (12)$$

Verificando-se que

$$\sigma_{\text{III}}^2 < 1/\hat{L}_{\text{MIN}}, 1/\hat{\lambda}_*, 1/\hat{\lambda}_0 < \sigma_{\text{IV}}^2 \quad (13)$$

aceita-se que o ortomosaico fique incluído na classe IV de tolerância.

5. CURVAS DE NÍVEL

Como foi referido, a componente altimétrica dos dados permite a geração de um MDS. Este diferencia-se do modelo digital do terreno pois neste último são retirados todos os objetos (edifícios, veículos, árvores, etc.) que se encontram sobre a superfície terrestre.

Todo o processamento realizado no presente trabalho foi totalmente automático. Como se mostrou, por razões relacionadas com a distribuição espacial dos pontos, não é possível existirem planos verticais num MDS pelo que a não marcação de linhas de quebra dos edifícios leva a que o MDS não represente bem a superfície. Por exemplo, na Figura 10 vê-se que a fachada principal de um dos edifícios da Praça da República está

representada por superfícies inclinadas quando na realidade a fachada é uma superfície vertical. E o facto de não serem marcadas linhas de quebra e não serem “retirados” os objetos que se encontram sobre o terreno, leva a que o MDS apresente o que parecem ser anomalias (algumas estão visíveis na Figura 20: por exemplo, no Parque existem pontos nas copas das árvores).



Praça da República

Parque de Santa Cruz

Figura 20 - Representação tridimensional do MDS (Praça da República e Parque)

Estas “anomalias” repercutem-se nos produtos cartográficos gerados a partir do MDS, como é o caso das curvas de nível. Estas refletem necessariamente todos os objetos que existem sobre o terreno pelo que a primeira visão da distribuição das curvas causa muita estranheza, principalmente quando as curvas são comparadas com as curvas de nível representadas numa planta tradicional, curvas estas relativas ao Modelo Digital do Terreno (diferente do MDS pois este último inclui todos os “objetos” situados sobre o terreno: edifícios, automóveis, bancos, etc.). Na Figura 21 apresentam-se as curvas de nível geradas automaticamente a partir da nuvem de pontos utilizando o programa QGIS tendo sido criado, como passo intermédio obrigatório, uma grelha regular em que a cada célula é atribuída uma altitude. Dado o grande volume de dados (mais de três milhões de pontos) a grelha foi criada pelo método de interpolação “TIN” (*Triangular Irregular Network*).



Figura 21 - Curvas de nível, equidistantes 1 m, sobre o ortomosaico

6. CONCLUSÕES

Os produtos cartográficos desenvolvidos a partir de um levantamento fotogramétrico, como as fotografias obtidas por uma câmara digital instalada num VANT, de uma área urbana pouco extensa revelaram-se compatíveis com as exigências da escala 1/1000. Tal foi comprovado através da análise das diferenças entre coordenadas fotogramétricas (ortomosaico e MDS) e coordenadas GPS, análise esta realizada quer aplicando um método simples, baseado numa confrontação do valor do EMQ com um valor de referência, quer num teste mais complexo, que recorre a métodos de inferência estatística para avaliar a exatidão e precisão.

Os produtos cartográficos produzidos, gerados de forma totalmente automática, mostram, no entanto, algumas limitações, sendo que as mais visíveis (duplo mapeamento e escorregamento ²) poderão ser eliminadas se houver, durante a fase de produção, a edição manual do MDS de forma a definir a localização das linhas de quebra (edição que originará, consequentemente, um aumento do custo de produção). O próprio voo

² Parâmetros diferentes dos utilizados no processamentos ou outros softwares poderão resultar no não aparecimento do duplo mapeamento e/ou do escorregamento.

do VANT, realizado a muito baixa altura e por uma aeronave muito leve, origina a captação de fotografias com inclinações elevadas, situação que leva a que seja necessário utilizar *software* capaz de processar imagens com esta geometria de aquisição desfavorável. Considerando a utilização de uma determinada câmara, um voo realizado a baixa altura leva ainda a que os problemas originados pela ocultação afetem áreas maiores do que em voos realizados a alturas mais elevadas.

Em comparação com os ortofotomapas obtidos a partir de aviões e câmaras utilizadas na fotogrametria clássica, os produtos gerados utilizando um VANT apresentam uma menor qualidade. No entanto o preço (que é na verdade muito baixo quando comparado com os custos da produção fotogramétrica por métodos convencionais) e a facilidade com que pode ser obtido (o manuseamento da aeronave e, posteriormente, o processamento das imagens são operações muito simples e bastante intuitivas para quem tiver tido contacto com os métodos clássicos de levantamento fotogramétrico) são a mais-valia que faz com que a sua utilização deva ser equacionada em aplicações sobre áreas pouco extensas, mesmo quando exista uma exigência elevada da qualidade do produto final.

BIBLIOGRAFIA

- CASACA, João (1999) - A avaliação da qualidade posicional de cartografia topográfica em escalas grandes. Atas da II Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia.
- DIREÇÃO GERAL DO TERRITÓRIO (2013) - Cartografia e Ortofotocartografia à Escala 1:2 000. Normas técnicas de produção e reprodução. Direção Geral do Território. Consultado em junho de 2014. Disponível no endereço www.dgterritorio.pt/ficheiros/dgt/especificacoes_tecnicas_2k_com_catalogo_20130601_pdf
- DIREÇÃO GERAL DO TERRITÓRIO (2014) - Exatidão e precisão posicionais para a cartografia em escalas grandes. Direção Geral do Território. Consultado em fevereiro de 2014. Disponível no endereço www.dgterritorio.pt/ficheiros/dgt/internet_precisoos_para_1k_2k_5k_10kjun2013_pdf
- HABIB, Ayman, KIM, Eui-Myoung Kim, & KIM, Chang-Jae (2007) - New methodologies for true orthophoto generation. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* Vol. 73, No. 1, pp. 025–036.

- HENRIQUES, Maria João *et al.* (2014) - Assessing the quality of an UAV-based orthomosaic and surface model of a breakwater. FIG Congress 2014. Disponível no endereço <http://www.fig.net/pub/fig2014/techprog.htm>.
- MORRISON, D. (1990). Multivariate statistical methods. McGraw-Hill.
- MALING, Derek Hylton (1989) - Measurement from maps: principles and methods of cartometry. Pergamon Press.
- STRECHA, Christoph (2011) - Automated Photogrammetric Techniques on Ultra-light UAV Imagery. 53rd Photogrammetric Week, pag. 289-294.
- VALLET, Julien *et al.* (2011) - Photogrammetric performance of an ultra light weight swingle "UAV", Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XXXVIII-1/C22, 253-258, doi:10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-253-2011.

ARTIGO 44

GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE ORTO-MOSAICOS DE FOTOS AÉREAS DE ARQUIVO DO CONCELHO DE COIMBRA

GONÇALVES, José Alberto¹; MANTA, Virgínia²; CARVALHO, Mário²

¹ Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território; Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto, Portugal; Tel.: 22-0402000; Fax: 22-0402009; e-mail: jagoncalfc.up.pt

² Câmara Municipal de Coimbra; Praça 8 de Maio - 3000-300 Coimbra; Tel.: 239 828 078; Fax: 239 820 114; e-mail: virginia.manta@cm-coimbra.pt, mario.carvalho@cm-coimbra.pt

RESUMO

A utilização de Sistemas de informação geográfica na gestão municipal requer muitas vezes informação antiga para confronto com a atual, sendo de particular interesse as fotografias aéreas de arquivo. No caso do concelho de Coimbra é frequentemente usada uma cobertura aérea de 1969, que, apesar de já digitalizada, não é eficazmente aproveitada por não estar georreferenciada. Este artigo descreve um procedimento essencialmente automático de georreferenciação com ortorretificação, e montagem de um mosaico único, realizado sobre as cerca de 750 fotos desta cobertura. Recorreu-se a uma metodologia comum à usada no processamento fotogramétrico de imagens de veículos aéreos não tripulados. Baseia-se em algoritmos recentes da visão computacional, que permitem a deteção de grande número de pontos conjugados entre as diferentes imagens, seguido de um ajuste de feixes com um número de pontos de controlo relativamente reduzido. Feita a extração automática de um modelo digital de superfície é composto o orto-mosaico final. Este produto foi validado de acordo com as necessidades de rigor do SIG municipal, sendo pontualmente editado e corrigido no sentido de criar um produto mais apelativo para os utilizadores.

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_44

PALAVRAS-CHAVE

Fotografia aérea, Triangulação aérea, Orientação automática, Orto-mosaico, MDS.

AUTOMATIC GENERATION OF ORTHO-MOSAICS FROM ARCHIVED AERIAL PHOTOGRAPHS OF THE COIMBRA MUNICIPALITY

ABSTRACT

The use of a geographical information system in local authorities frequently requires historical data in order to analyse and compare with the present day situation. Archives of historical aerial photography are of particular interest to be used as a GIS layer. In the case of the Coimbra Municipality an aerial coverage dating from 1969 is frequently used. Although being digitised, it is not efficiently used since it is not georeferenced. This paper describes an essentially automatic process of ortho-rectification, georeferencing and mosaic composition from a set of more than 750 photographs of this coverage. The methodology is the same as the one used in the photogrammetric processing of imagery acquired by unmanned aerial vehicles. It is based on recent computer vision algorithms, which allow for the detection of many conjugate points, followed by a bundle adjustment, with a relatively small number of ground control points. Once an automatic digital surface model was extracted all images were ortho-rectified and a mosaic was built. This product was validated according to the positional accuracy rules of the municipal GIS. In some areas the orho-image was edited in order to create a more appealing product for the users.

KEYWORDS

Aerial photography, Aerial triangulation, Automatic orientation, Orthomosaic, DSM.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de Sistemas de informação geográfica (SIG) requer informação atualizada, que represente a situação presente da região de estudo. Contudo, em muitas atividades, como é o caso da gestão municipal, a disponibilidade de informação histórica é também de grande interesse pela possibilidade de conhecer situações passadas de ocupação do território. Um exemplo típico prende-se com questões de licenciamento: sendo necessário apresentar a licença de utilização para diversos atos legais, no caso de não existir processo de licenciamento é necessário apresentar

comprovativo em como o edifício foi construído antes de 7 de agosto de 1951, se se situar no perímetro urbano da cidade de Coimbra ou antes de 12 de maio de 1962 se se situar no exterior do perímetro urbano.

A cartografia em papel, de uma dada época, pode facilmente ser digitalizada e georreferenciada, sendo tratada no SIG como uma camada raster representativa de uma época. Esse procedimento é feito rotineiramente, não apresentando dificuldades de maior. Frequentemente estão também disponíveis coberturas de fotografias aéreas que são igualmente fornecedoras de informação histórica de grande interesse, contudo o processo de georreferenciação é menos simples, exigindo procedimentos do âmbito da Fotogrametria, não dominados pela maioria dos utilizadores de informação geográfica. Além disso, esses procedimentos envolvem, na sua forma mais comum, trabalho demorado e custos significativos, que diminuem o interesse da sua execução.

No caso do Concelho de Coimbra encontram-se disponíveis várias coberturas aéreas, sendo uma delas uma das primeiras efetuadas em Portugal, para fins de produção cartográfica. Trata-se de um voo de 1932, realizado para a produção da planta de escala 1:1000 de Coimbra (MANTA *et al.*, 2011). Esta planta foi também digitalizada e georreferenciada, sendo uma camada frequentemente utilizada no SIG municipal.

A partir dos anos 40 foram feitas regularmente coberturas aéreas do país, sendo algumas delas fornecidas pelas instituições detentoras. É o caso da cobertura de 1947, efetuada pela Força Aérea Inglesa, e a de 1958, pela Força Aérea Americana (REDWEIK, 2010). As duas são fornecidas pelo Instituto Geográfico do Exército, digitalizadas, mas não georreferenciadas.

Outras coberturas realizadas em Portugal são também de grande interesse. No caso de Coimbra, é comumente usada uma cobertura de 1969, realizada pela Força Aérea Portuguesa, que por ser de grande escala (escala média 1:6500) apresenta um detalhe adequado para a deteção de pormenor necessário para o SIG municipal.

Esta cobertura foi digitalizada, sendo acessível aos utilizadores do SIG como imagens não georreferenciadas. A única referência espacial consiste numa localização aproximada dos centros de projeção das diferentes

fotos. Para uma dada região em análise é identificada a foto que a cobre, podendo ser visualizada mas sem georreferenciação, limitando-se o seu uso a uma fotointerpretação com localização aproximada. Seria de todo o interesse proceder à ortorretificação desta importante informação, de forma a poder ser visualizada corretamente sobreposta à informação atual.

Numa primeira abordagem considerou-se a possibilidade da sua ortorretificação pelos processos convencionais da fotogrametria. Trabalhos recentes desenvolvidos em Portugal sobre coberturas das décadas de 1940 e 1950 (REDWEIK *et al.*, 2010) permitiram concluir que esta abordagem é possível de ser realizada. Contudo algumas dificuldades podiam ser de imediato identificadas. Em primeiro lugar não eram conhecidos parâmetros de calibração da câmara, necessários à execução do trabalho. Seria também necessário utilizar um modelo digital do terreno atual, o que poderia levantar problemas nas zonas que sofreram alterações topográficas significativas. Apesar de estes problemas poderem ser contornáveis ou não terem um impacto significativo, a principal dificuldade estava nos custos envolvidos, já que a ortorretificação só poderia ser realizada por uma empresa da área da Fotogrametria, com meios técnicos dessa especialidade, e com um significativo volume de trabalho de operadores especializados para tratar as cerca de 750 fotos deste voo. Apesar da importância deste voo como camada de dados para o SIG, os custos envolvidos não justificavam esta execução.

Dado que existem atualmente no contexto da Fotogrametria abordagens mais automáticas, em particular para processamentos muito mais expeditos, como é o caso do processamento de imagens adquiridas com VANTs (EISENBEISS, 2011, HAALA N., 2009, HAALA & ROTHERMEL, 2012), analisou-se a possibilidade de recorrer a alternativas de software deste tipo para resolver o problema em causa. Foi utilizado o programa *Agisoft Photoscan* para a geração de um orto-mosaico, o que foi possível obter de uma forma essencialmente automática. Contudo foi necessário trabalho preparatório para que fosse possível aplicar esta abordagem. Descreve-se no restante deste artigo a metodologia seguida e os resultados alcançados.

2. CRIAÇÃO DE ORTO-MOSAICOS COM IMAGENS DE VANT

O método seguido pelos programas de processamento de imagens de VANT baseia-se no conceito "Structure from Motion" (SFM). O programa utilizado, conforme referido, foi o *Agisoft Photoscan* (AGISOFT, 2012) cuja sequência de procedimentos é descrita a seguir. A figura 1 representa um fluxograma com os passos desse processamento. Os vários passos estão descritos abaixo em detalhe.

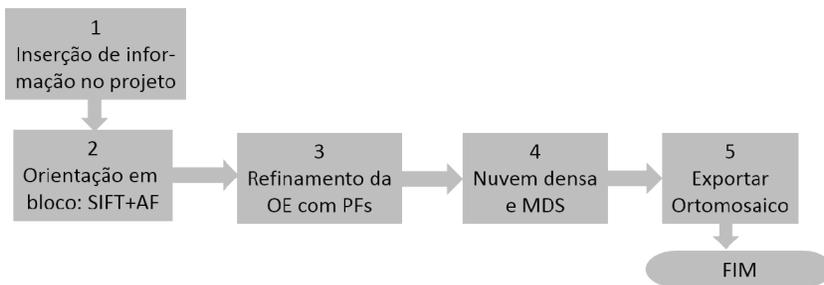


Figura 1 - Fluxograma das operações a realizar, com o programa *Photoscan*, na criação de orto-mosaicos adquiridos com um VANT

1. Inserção de informação no projeto:

Nesta fase são indicadas as fotos a processar. É feita a leitura da distância focal e dimensão do pixel (valores nominais da câmara), para orientação interna aproximada. Assume-se o ponto principal no centro da imagem e a não existência de deformações radial ou tangencial. Nesta fase é também feita a leitura da posição aproximada dos centros de projeção, resultantes do posicionamento GPS efetuado pelo equipamento de navegação. Normalmente estes dados são armazenados no cabeçalho das imagens JPEG, de acordo com o standard EXIF (HARVEY, 2014).

2. Orientação em bloco: SIFT+AF

Esta fase é designada no programa *Photoscan* pela expressão "alinhamento das imagens". Trata-se de uma expressão oriunda da comunidade da visão computacional, que corresponde à orientação relativa de pares de imagem, num processamento único, em bloco, recorrendo a pontos conjugados em grande número (centenas ou milhares por foto) identificados por métodos automáticos como o SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*, LOWE, 2004). Segue-se o ajuste de feixes (AF), que na ausência

de qualquer controlo terrestre seria efetuada num sistema de coordenadas arbitrário, mas que no caso presente, com o conhecimento das posições aproximadas dos centros de projeção, permite a obtenção de orientações externas aproximadas. Dada a elevada redundância de pontos conjugados é também possível incorporar neste processo uma auto-calibração da câmara, em que são refinados parâmetros de orientação interna (distância focal, posição do ponto principal e coeficientes do polinómio da distorção radial). Para os pontos conjugados são calculadas coordenadas 3D aproximadas, dando origem a uma nuvem esparsa.

3. Inserção de pontos de controlo e refinamento da orientação

É inserida uma lista de pontos de controlo (pontos fotogramétricos, PF), com coordenadas terreno conhecidas. Com a orientação externa (OE) aproximada esses pontos são localizados nas imagens, também de forma aproximada, devendo o utilizador corrigir a sua posição. Este é um procedimento manual, mas ainda assim fortemente suportado por uma previsão bastante boa da posição dos pontos. É repetido o ajuste de feixes, cujo resultado ficará agora corretamente georreferenciado no sistema de coordenadas em que se encontram os PF. Resultam também os erros médios quadráticos nos pontos de controlo e nos pontos de ligação, que servem para a deteção de erros grosseiros e avaliar globalmente a qualidade do processo. As coordenadas dos pontos da nuvem esparsa são também recalculadas.

4. Densificação da nuvem de pontos e criação de um modelo digital de superfície

A nuvem de pontos esparsa é densificada recorrendo a métodos de *multi vision stereo*. O programa *Photoscan* usa uma estratégia própria mas baseada na abordagem “*Patch-based multi-view Stereo*” (FURUKAWA e PONCE, 2010). O utilizador escolhe a densidade através de designações: “alta”, correspondendo a 1 ponto em cada 2x2 pixels da imagem original, “média” para 1 ponto em cada 4x4 e “baixa” para 1 ponto em cada 8x8). Daí são calculadas coordenadas terreno 3D, a partir de todas as imagens, dando assim origem à nuvem de pontos densa. Essa nuvem

densa é triangulada gerando um modelo digital de superfície (MDS) de toda a área coberta por 2 ou mais fotos, na forma de rede irregular de triângulos.

5. Exportação do orto-mosaico (e do MDS)

Cada uma das fotos é ortorretificada e é criado um mosaico de todas elas para toda a região, ou sub-região especificada pelo utilizador. Dado que a ortorretificação ocorre com um MDS, tratar-se-á de um "orto verdadeiro", que ortorretifica edifícios e vegetação, e que obriga a tratar cuidadosamente as oclusões nas diferentes fotos (GONÇALVES, *et al.*, 2002), sendo uma operação relativamente demorada. Este procedimento é completamente automático, não sendo possível, pelo menos de forma simples, a ortorretificação com outro modelo que não o extraído. As linhas de corte, onde se dá uma transição suave entre as imagens, são também escolhidas automaticamente pelo programa. Nesta fase pode ser exportado também o MDS, na forma de grelha.

Este conjunto de procedimentos sequencial é facilmente seguido, mesmo por operadores não especialistas, sendo relativamente fácil produzir resultados de qualidade, com imagens de VANT. No caso presente, tratando-se de uma situação não standard, houve que fazer um conjunto de adaptações que estão descritas na secção seguinte.

3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

As fotos foram digitalizadas na CMC com uma resolução baixa, do ponto de vista dos padrões habituais da Fotogrametria, concretamente 200 dpi, ou seja um pixel de cerca de 127 μm . Na escala média das fotos trata-se de uma resolução no terreno de 0.8 m, o que para as aplicações que se pretendiam no SIG municipal era suficiente. Por outro lado, o volume de dados correspondente às 754 fotos foi aceitável para um processamento num bloco único.

3.1. Preparação dos dados

As imagens adquiridas por câmaras digitais, como é habitual num VANT, têm todas o mesmo tamanho e a mesmo posicionamento dos píxéis relativamente ao sistema fotográfico. Isso não acontece com as fotos digitalizadas em scanner, sendo necessário recorrer a marcas fiduciais para o relacionamento com o sistema fotográfico. Para usar o programa *Agisoft Photoscan* torna-se necessário retificar as imagens, de forma que todas tenham o mesmo tamanho e a mesma localização no sistema de coordenadas fotográficas.

As fotos foram retificadas, recorrendo às marcas fiduciais, através de uma transformação afim. Dado que não havia qualquer tipo de informação relativa a calibração de marcas fiduciais, utilizaram-se os valores nominais das câmaras Wild. Sendo as distâncias nominais entre marcas de 212 mm, admitindo simetria em relação ao centro, as coordenadas das marcas fiduciais são, então, as da Tabela 1.

Tabela 1 - coordenadas fotográficas consideradas para as marcas fiduciais

Marca	Localização	x (mm)	y (mm)
1	Canto superior esquerdo	-106.000	+106.000
2	Canto superior direito	+106.000	+106.000
3	Canto inferior direito	+106.000	-106.000
4	Canto superior esquerdo	-106.000	-106.000

Este procedimento pode ser feito manualmente em qualquer programa que permita correções geométricas de imagens, como é o caso dos programas de SIG comuns. Contudo, dado o grande número de fotos, recorreu-se ao programa *PCI-Geomatica*, concretamente ao módulo *Orthoengine*, que permite fazer este procedimento de forma semi-automática. O processo consiste na identificação manual das marcas fiduciais numa das fotos, que depois são procuradas de forma automática nas restantes fotos. A figura 1 mostra uma foto completa (1a) e a marca do canto superior direito (1b).

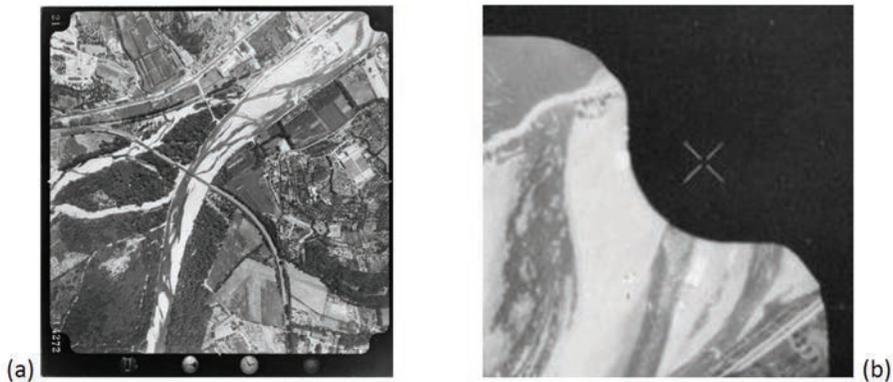


Figura 2 - Exemplo de um foto completa (a) e de uma das marcas fiduciais (b)

Este procedimento funcionou de forma correta para 63 % das fotos, sendo que os erros médios quadráticos encontrados foram em geral inferiores a 1 pixel. O processo falhou nos restantes 37 % das fotos, por falha na identificação de uma das marcas. A razão prende-se com o fato de nessas fotos se encontrar gravado o número da foto sobreposto a uma das marcas fiduciais. O reconhecimento automático do padrão das marcas não foi possível nesse caso. De qualquer forma em praticamente todas essas fotos a falha aconteceu apenas em uma das marcas, que facilmente foi corrigida manualmente.

Uma vez conhecidas as coordenadas imagem (linha, coluna), em unidades de pixel, foi possível fazer a retificação automática. Usou-se para isso a biblioteca de programas GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*), através dos comandos GDAL_TRANSLATE e GDALWARP. Com o primeiro fez-se a importação dos pontos de controlo para o cabeçalho da imagem. Com o segundo efetuou-se a retificação, com reamostragem bilinear, através de uma transformação afim, com tamanho de pixel fixo e seccionamento pelo centro das marcas fiduciais. Escolheu-se para resolução das imagens retificadas um pixel de 0.125 mm, ligeiramente inferior ao da resolução das imagens (0.127 mm) por uma questão de multiplicidade. Os 212 mm de distância entre marcas fiduciais ficam exatamente cobertos por 1696 pixéis. As imagens resultantes, 1696 por 1696 pixéis, têm os cantos coincidentes com os centros das marcas fiduciais. A figura 3 mostra uma

imagem já retificada (a) e o detalhe do canto superior esquerdo onde se pode observar parte da marca fiducial (b).



Figura 3 - Imagem retificada e ampliação do canto superior esquerdo

Na tentativa de estabelecer um paralelismo com a cadeia de processamento de imagens de VANT, tornava-se necessário um conhecimento aproximado das posições dos centros de projeção das diferentes fotos. No uso que era feito das imagens pela C. M. de Coimbra, havia sido criado um ficheiro com essas posições aproximadas, para permitir uma referência espacial mínima. A figura 4 mostra as diferentes fiadas com indicação dos pontos de início e de fim.

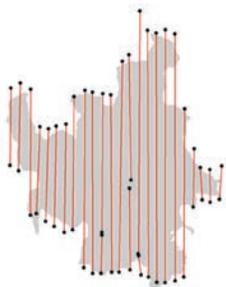


Figura 4 - Representação da localização aproximada das fiadas

As posições de todas as fotos eram conhecidas na projeção cartográfica em uso atualmente (PT-TM06). Estas coordenadas foram convertidas para geográficas, tentando reproduzir o que se passa com as imagens de VANT, que normalmente são etiquetadas com a posição dada pelo recetor GPS do sistema de navegação. A posição dos centros de projeção foi complementada pela altitude média do voo, que era de cerca de 1050 metros.

Num passo só foram inseridos no cabeçalho de cada imagem os dados da posição aproximada do centro de projeção, da distância focal e da resolução da imagem digital. Este procedimento é feito com o programa *Exiftool* (HARVEY, 2014), especificando na linha de comando todas as etiquetas (“tags”) a alterar, com os respetivos valores, como se descreve no exemplo seguinte

```
EXIFTOOL -focallength=152.19 -FocalPlaneResolutionUnit=inches  
-FocalPlaneXResolution=203.2 -FocalPlaneYResolution=203.2  
-GPSLatitudeRef=North -GPSLongitudeRef=West -GPSAltitude=1040  
-GPSLatitude=40.296190 -GPSLongitude=-8.585193 R30_3871.jpg
```

Neste passo teve-se em consideração o facto de que a cobertura foi obtida em voos diferentes, usando diferentes lentes, concretamente duas, com as distâncias focais de 152.19 mm (610 fotos) e 152.63 mm (145 fotos). Foi tido o cuidado de inserir em cada imagem a distância focal correspondente, que se encontra gravada na foto.

Uma vez feita a inserção destes dados nos cabeçalhos das imagens estamos em condições de iniciar o processamento, utilizando o programa *Agisoft Photoscan*.

3.2. Processamento

O processamento fotogramétrico de imagens antigas apresenta uma dificuldade grande relativamente ao de fotos atuais, que é a dificuldade de encontrar pontos de controlo, devido às alterações no terreno. É comum, quando observamos uma foto de 1969 e um ortofoto atual em simultâneo, termos grande dificuldade em encontrar pontos bem definidos, que se mantenham, que possam ser usados como PF. Decidiu-se alterar a sequência de processamento apresentada no fluxograma da figura 1, de modo a que numa fase inicial, recorrendo apenas à posição aproximada dos centros de projeção, seja gerado um orto-mosaico sem pontos de controlo. A figura 5 mostra este novo fluxograma, em que, depois dessa aproximação inicial, há a escolha de PFs e um processo iterativo de refinamento da orientação.

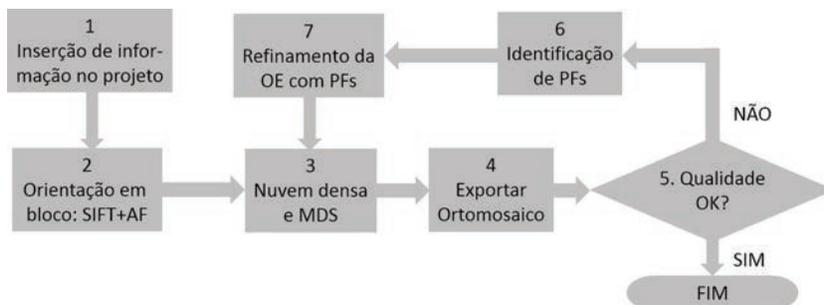


Figura 5 - Fluxograma de processamento de imagens VANT adaptado para o caso presente

As imagens foram inseridas num projeto novo, sendo lida de imediato a informação relativa à orientação interna (distância focal e tamanho do pixel) e à orientação externa (posições aproximadas dos centros de projeção). O primeiro passo a executar é a orientação automática em bloco de todas as imagens. Este processo foi executado sem problemas tendo sido concluído para todas exceto uma das imagens, que se encontrava num extremidade de uma fiada, sem mais sobreposições, e que já era fora do concelho. A figura 6 mostra um extrato da nuvem esparsa e as posições estimadas para os centros de projeção. Ao todo foram usados no processo de orientação das 754 fotos, cerca de 2.5 milhões de pontos conjugados entre as fotos.

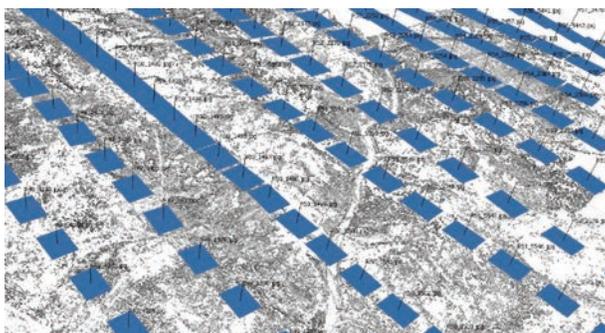


Figura 6 - Captura de ecrã do programa *Photoscan*, mostrando a nuvem de pontos usados no alinhamento das imagens e as posições e orientações da câmara

Até agora, a única informação posicional georreferenciada fornecida foram os centros de projeção, com um baixo rigor, da ordem das dezenas ou mesmo da centena de metros. Contudo, resultam de todo o processo

parâmetros de orientação externa que, apesar de pouco rigorosos, permitem a montagem de um orto-mosaico com georreferenciação aproximada. Este mosaico intermédio tem um interesse bastante grande no processamento porque permite agora uma mais fácil identificação de pontos de controlo por comparação com ortofotos atuais. A CMC dispõe de várias coberturas recentes de ortofotos adequadas para esta finalidade.

A figura 7 representa um extrato de 500 por 500 metros deste orto-mosaico e um ortofoto atual. Observa-se um desfasamento de um pouco mais de 40 metros. Contudo, a sobreposição das duas imagens num software de SIG permite o estabelecimento de uma correspondência entre as duas imagens, identificando pontos não alterados que podem ser usados como PF. Sem o apoio dessa georreferenciação aproximada a identificação de pontos comuns torna-se extremamente difícil.



Figura 7 - Extrato do orto-mosaico aproximado (cobertura de 500 por 500 m) e ortofoto atual. Observa-se um desfasamento de algumas dezenas de metros

Assim fez-se a escolha de alguns PF, preferencialmente pontos em locais com pequena variação de cota. A figura 8 mostra exemplos de dois pontos, nos ortofotos atuais e nas fotos de 1969.

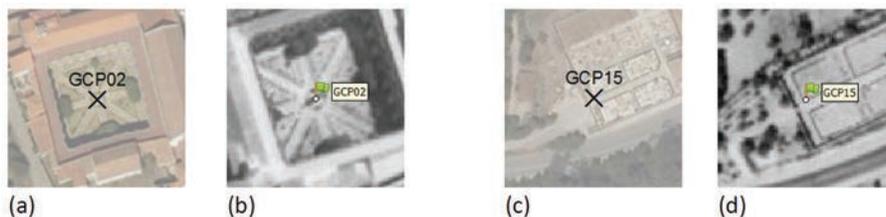


Figura 8 - Exemplos de 2 dos pontos de controlo, no ortofoto atual - (a) e (c) e identificados nas fotos de 1969 - (b) e (d)

As coordenadas foram lidas nos ortofotos e as cotas em cartografia de escala 1:2000 que cobre partes do concelho. Nos locais onde não havia informação altimétrica e noutros onde havia dúvidas sobre a cota estimada a partir da cartografia, efetuaram-se levantamentos com GPS (dupla frequência, diferencial). Foram identificados um total de 32 pontos, distribuídos por toda a área. Foi preparada uma lista das suas coordenadas geográficas, que foi introduzida no projeto do programa *Photoscan*. Como existe uma georreferenciação aproximada, os pontos foram posicionados razoavelmente próximo das suas localizações corretas, em todas as imagens onde surgem, devendo o operador apenas ajustá-los manualmente, nas várias fotos onde aparecem.

O passo seguinte consiste na otimização da orientação. É recalculada a triangulação aérea com todos os pontos de controlo inseridos e todos os pontos de ligação. Nesse processo resultam resíduos que o programa fornece, e cujas estatísticas (média, erro médio quadrático, mínimo e máximo) são os indicados na Tabela 2 (valores em metros).

Os erros médios quadráticos são da ordem do metro, ou seja ligeiramente superiores à dimensão do pixel no terreno. Em casos de imagens atuais, de melhor qualidade, é normal estes erros serem inferiores à dimensão do pixel. No caso presente os pontos de controlo são em muitos casos de má qualidade e difícil identificação, tendendo a aumentar os erros. Nos pontos de ligação o erro médio quadrático nas projeções sobre as imagens foi de 0.30 pixéis.

Tabela 2 - Estatísticas dos resíduos obtidos no ajuste
(média, raiz do erro médio quadrático, valores extremos)

	Longitude (m)	Latitude (m)	Altitude (m)
Média	0.06	0.03	-0.18
REMQ	1.06	0.95	1.00
Mínimo	-2.61	-1.51	-3.08
Máximo	1.42	2.16	1.41

Na componente de auto-calibração obtiveram-se correções à distância focal, à posição do ponto principal, coeficientes k_1 , k_2 , k_3 , do polinómio da distorção radial, e p_1 e p_2 , da distorção tangencial. O modelo matemático aplicado é o de Brown que se encontra detalhado na documentação do programa *Photoscan* (AGISOFT, 2011).

Finalmente foram exportados o modelo digital de superfície e o mosaico de ortofotos. No caso deste último a resolução considerada foi de 0.84 m, correspondente à resolução média de todas as fotos. Dado que o MDS foi criado com resolução "média", a dimensão da grelha é o quádruplo da resolução das imagens, ou seja, de 3.36 m.

O orto-mosaico e o MDS poderiam ser novamente analisados no SIG, podendo ser identificados mais pontos de controlo em zonas de menor qualidade. O processo poderá ser iterado até que o resultado seja globalmente satisfatório.

4. ANÁLISE DO ORTO-MOSAICO E DO MDS OBTIDOS

A figura 9 mostra o MDS extraído e o orto-mosaico, seccionados pelo limite do concelho. O orto-mosaico tem a dimensão de cerca de 29400 por 37600 pixéis, ou seja mais de 1 giga-pixel. Foi estruturado com compressão JPEG, estruturado em tiles de 256 pixéis e com pirâmides, utilizando rotinas GDAL, sendo dessa forma facilmente manipulável em software de SIG.

De forma a avaliar o rigor altimétrico do MDS, fez-se a subtração de um MDT obtido de cartografia de escala 1:5000, tendo-se obtido diferenças com um RMS de 5.2 metros. Este valor é um majorante do erro real, dado que se está a comparar representações de entidades diferentes.

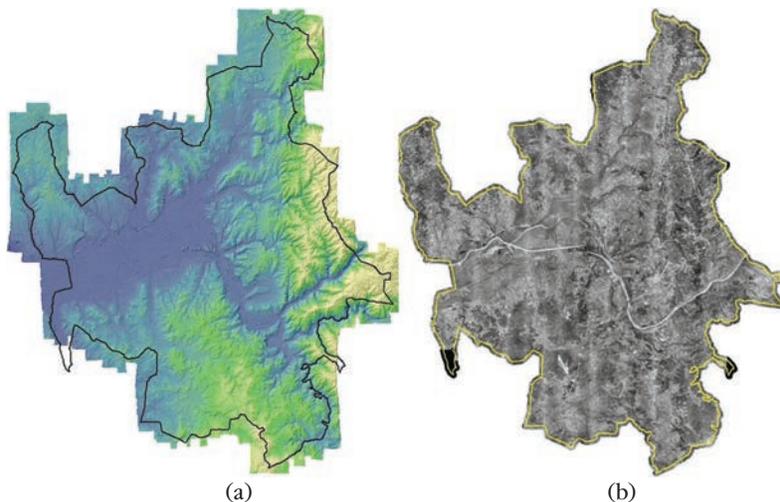


Figura 9 - Representação hipsométrica, com sombreamento, do MDS extraído (a) e orto-mosaico de todo o concelho (b)

Relativamente ao orto-mosaico fizeram-se várias inspeções ao seu rigor posicional, de forma qualitativa, comparando-o com os ortofotos atuais e com cartografia vetorial de escalas 1:1000 e 1:2000 das zonas urbanas. Em geral há uma evidente concordância, como se pode observar na figura 10.



Figura 10 - Orto-mosaico com cartografia de escala 1:1000 sobreposta, num software de SIG

Procuraram-se também locais onde o orto-mosaico apresentava algumas deficiências. Algumas poderiam ser de esperar, por várias razões. Uma resulta do facto de em muitos locais a qualidade das imagens ser fraca, por exemplo por se encontrar muito clara. Nestes casos a extração do MDS pode apresentar pior qualidade, que se transmite ao ortofoto. A outra dificuldade resulta de que o ortofoto produzido é um orto verdadeiro, por fazer uso de um MDS. Dado que o MDS não consegue nas zonas urbanas um detalhe muito grande, não é possível uma adequada modelação das angulosidades dos edifícios. Facilmente se produzirão no ortofoto ondulações ou faltas de continuidade. A figura 11 mostra um exemplo desta situação. Poderia sugerir-se a ortorretificação com um MDT, por exemplo da cartografia atual. Esta abordagem não está prevista no programa *Photoscan*, que só permite a ortorretificação com o modelo extraído.

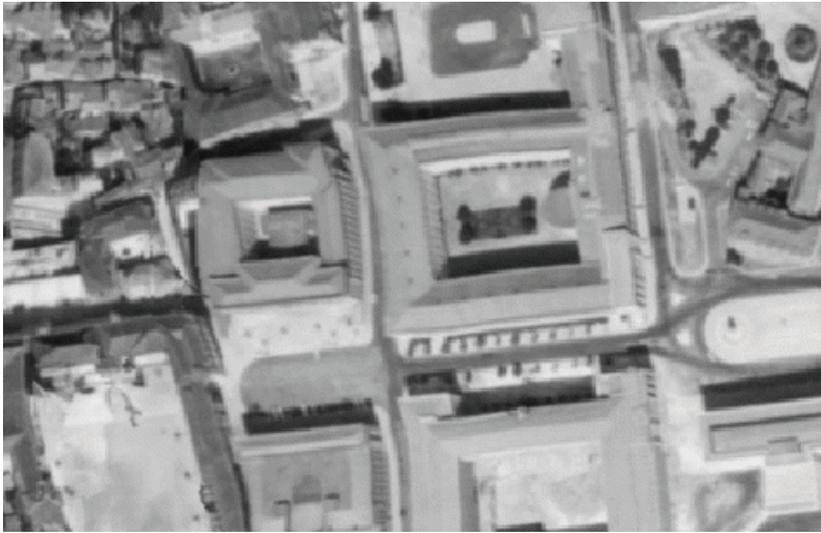


Figura 11 - Exemplo de área de falta de qualidade do orto verdadeiro

Tratando-se sobretudo de um produto para uso interno, estes problemas podem ser facilmente tolerados. Contudo poderão ocorrer situações em que seja necessário apresentar perante o cidadão extratos destas imagens. Estabeleceu-se uma estratégia de mascarar estes problemas através de edição de imagem. Tratando-se de regiões de pequena dimensão o efeito da ortorretificação não será muito crítico, podendo-se fazer uma colagem de partes da imagem original, não ortorretificada, ajustada ao orto-mosaico com uma transformação projetiva ou do tipo "rubber-sheeting". Isso foi feito na zona da Universidade de Coimbra, onde devido à altura dos edifícios, se notaram algumas imperfeições do ortofoto.

5. CONCLUSÃO

A metodologia descrita permitiu a criação de um orto-mosaico de forma bastante rápida e essencialmente automatizada. O processo foi algo dificultado pela qualidade das imagens, que em alguns locais era má, mas não impediu a orientação da quase totalidade das imagens. A extração da nuvem densa de pontos foi também possível, com poucas falhas.

O mosaico produzido revelou-se muito útil, permitindo agora uma confrontação de dados atuais com o conteúdo das fotografias aéreas de 1969, por via da sobreposição em SIG de camadas corretamente georreferenciadas. O rigor planimétrico não foi avaliado explicitamente com pontos de verificação, dada a dificuldade de encontrar pontos bem definidos para esse efeito. Contudo, numa avaliação qualitativa pela sobreposição com cartografia vetorial, a concordância revela-se em geral bastante boa, com desvios da ordem do metro.

Uma limitação do orto-mosaico criado é a da resolução em que foram digitalizadas as imagens (200 dpi). Teria sido possível obter mais qualidade com uma nova digitalização, por exemplo em 400 dpi, tirando mais partido do conteúdo de imagem. Contudo seria de esperar mais dificuldade com a extração automática e com a dimensão do mosaico final. Trabalho adicional a realizar será o processamento de outras coberturas disponíveis no país, nomeadamente as de 1947 e de 1958.

BIBLIOGRAFIA

- AGISOFT (2011) - Agisoft Lens User Manual, Version 0.4.0.
- AGISOFT (2012) - Agisoft Photoscan User Manual, Professional Edition, Version 1.0.0.
- FURUKAWA, Yasutaka & PONCE, Jean (2010) - Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 32, No. 8, pp 1362-1376.
- EISENBEISS, Henri (2011). The Potential of Unmanned Aerial Vehicles for Mapping. Photogrammetrische Woche 2011, Dieter Fritsch (Ed.), Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 135-145.
- GONÇALVES, José *et al.* (2002). Geração de ortofotos utilizando modelos digitais de superfície. Atas da III Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia. Lidel Edições Técnicas, pp. 235-242.
- HARVEY, Phill (2014) - ExifTool Home Page. <http://www.sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/> (acedido em junho de 2014).
- HAALA Norbert (2009) - Comeback of digital image matching. Photogrammetric Week 2009, Wichmann Verlag, Heidelberg, 289-301.
- HAALA, Norbert & ROTHERMEL, Mathias (2012) - Dense Multi-Stereo Matching for High Quality Digital Elevation Models. PFG Photogrammetrie, Fernerkundung,

Geoinformation Jahrgang, 2012 Heft. Vol. 4 (2012), p. 331-343.

LOWE, David (2004) - Distinctive Image *Features* from Scale-Invariant Keypoints. International Journal of Computer Vision. Vol. 60, No. 2, pp. 91-110.

MANTA, Virgínia *et al.* (2011) - Planta Topográfica da cidade de Coimbra - 1932/1934. Contributo para a história da cartografia obtida por fotografia aérea. Actas do IV Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica. Porto, Nov. 2011.

REDWEIK, Paula *et al.* (2010) - Triangulating the Past - Recovering. Portugal's Aerial Images Repository. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 76, No. 9.

ARTIGO 45

USO DE DADOS VANT NA VETORIZAÇÃO DE RODOVIAS

SILVA, Claudionor¹; GONÇALVES, José Alberto² & BASTOS, Luísa²

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Campus Monte Carmelo; Rua Goiás, 2000, 38500-000, Monte Carmelo/MG, Brasil; Tel.: +34-3842-8751; Fax: +34-3842-8751; email: crs@ig.ufu.br

² Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território; Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto, Portugal; Tel.: +351-22-0402000; Fax: +351-22-0402009; email: jgoncal@fc.up.pt

RESUMO

A extração manual de rodovias é um processo exaustivo e oneroso. Várias abordagens têm sido propostas no intuito de automatizar ou semi-automatizar essa tarefa. Nesse trabalho, é proposto um método automático de extração de rodovia em dados (imagem e altimetria) obtidos com câmeras de pequeno formato em VANT e em aeronave convencional. Tanto a automatização da tarefa quanto o conceito dos dados VANT é de redução de trabalho, custo e tempo. O fundamento do método é a detecção de segmentos de reta pertencentes a uma rodovia (semente) e uma posterior busca sequencial, a partir da semente, de feições lineares que representam o eixo de rodovias. A detecção de sementes tem por base o cluster k-média e a regressão linear enquanto a busca sequencial faz uso de uma função de aptidão composta por quatro parâmetros. A validação dos resultados foi realizada com os índices: completudeza, correção e RMS, medidos em uma imagem de referência, vetorizada manualmente. A proposta é promissora tendo em vista a qualidade dos resultados obtidos e a economia proporcionada em todo o processo.

PALAVRAS-CHAVE

VANT, Extração de rodovias, MDE, K-média e Regressão linear.

USE OF UAV DATA IN THE VECTORIZATION OF ROADS

ABSTRACT

Manual digitising of roads is an expensive and time consuming task. Several approaches have been proposed in order to automate this task. In this work we propose an automated method of extracting roads from data (images and elevation data) obtained with small format cameras on board of a UAV or a small manned plane. Both the UAV data collection and the processing have the goal of reducing the amount of work, time and costs. The basis of the method is the detection of line segments belonging to roads (seed) and a sequential search, from the seed, of linear *features* that represent the axis of the roads. The seed detection is based on k-mean cluster and linear regression, while the sequential search uses a cost function composed of 4 parameters. The validation of results was done by completeness, correction and RMS indices, measured in a reference image, manually digitised. This is a promising method, with a good quality result and economy achieved in the process.

KEYWORDS

UAV, Road extraction, MDE, K-mean e Linear regression.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos ocorridos especialmente na indústria de eletrônicos, que permitem acesso, manipulação e armazenamento de grande volume de dados, bem como fácil acesso à internet, tem popularizado o uso de mapas cartográficos digitais. Nesta era digital, o mapeamento rodoviário tem ganhado destaque devido à sua multiplicidade de uso e aplicações. Contudo, o método convencional de vetorizar manualmente os mapas rodoviários é um processo que não atende, em sua totalidade, à demanda supracitada. Uma opção usada para reduzir tempo, dinheiro e trabalho, nesse processo, é fazendo uso de imagens digitais. São dados de fácil acesso nos dias atuais, de custo relativamente baixo, cobrem grandes áreas e podem apresentar boa qualidade geométrica, se corrigidas com o devido rigor.

As imagens digitais são comumente obtidas por sensores acoplados em plataformas aéreas e orbitais. Atualmente, a novidade, em termos de plataforma, é o VANT (Veículo Aéreo Não-Tripulado), que surge com a promessa de redução do tempo de coleta dos dados, melhoria nas resolu-

ções temporal e espacial, e economia em todo o processo de mapeamento, da coleta à confecção do produto final (CHIANG *et al.*, 2012; WALLACE *et al.*, 2012; AGUASCA *et al.*, 2013; CRAMER, 2013).

1.1. Veículo aéreo não-tripulado

A coleta rápida de informação espacial tornou-se uma tendência emergente no Sensoriamento Remoto, na Fotogrametria e em aplicações de mapeamento. Para facilitar tais aplicações, o desenvolvimento acelerado de sistemas de baixo custo, aliado à coleta de informação espacial em tempo real, tornou-se uma necessidade. O VANT, em sua proposta final, proporciona essas propriedades, tendo requisitos mínimos para descolagem e aterrissagem e manutenção muito simples. A geração de imagem VANT é um setor em tecnologia de Sensoriamento Remoto de mais rápido desenvolvimento. Essa tecnologia ganhou espaço no meio Civil, em aplicações diversas, especialmente na agricultura e em monitoramento do meio ambiente (CHIANG *et al.*, 2012; LIN & SARIPALLI, 2012; GONÇALVES & HENRIQUES, 2013).

Atualmente, a aplicação de dados VANT no mapeamento vem sendo testada e aprimorada em vários quesitos. Por exemplo, Du e Gao (2012) testaram um INS (Inertial Navigation System), que é um sistema necessário em VANTs aplicados ao mapeamento. A proposta é um algoritmo para identificação e detecção de deslocamento de ciclos nas frequências GPS (L1 e L2), que ocorrem devido à dinâmica, obstruções de sinal e da baixa elevação dos satélites. Hruska *et al.* (2012) além de analisarem a precisão de um sistema inercial (INS) no processo de georreferenciamento de imagens, fizeram a calibração radiométrica de um espectrômetro imageador, ambos embarcados em um VANT.

Dada a complexidade na gestão de estradas, onde comumente um limitado número de veículos é monitorado, Skoglar *et al.* (2012) propuseram o uso de um VANT, com sensor infravermelho, para suprir os recursos limitados dos sensores usados atualmente em sistemas de vigilância, que geralmente não cobrem grandes áreas e são de baixa resolução.

1.2. Extração de rodovias

Com o surgimento das novas tecnologias do mapeamento móvel, câmeras fotogramétricas oblíquas e dos VANTs, as técnicas desenvolvidas para extração de feições em imagens digitais tem ganhado destaque nos campos da Visão Computacional, Sensoriamento Remoto e Fotogrametria; porém o uso de dados VANTs como suporte as essas técnicas é ainda discreto. Em extração de rodovias/estradas, por exemplo, são poucos os estudos e testes com esse produto (LINGUA *et al.*, 2009).

As técnicas propostas para extração de rodovias podem ser classificadas em dois grupos: semi-automática (com intervenção humana) e automática (sem intervenção). O objetivo fundamental dessas técnicas é reduzir os custos e o tempo de processamento na execução dessa tarefa. A extração de rodovias em imagens digitais tem sido abordada de diferentes formas, com diferentes algoritmos e variados tipos de dados; contudo, são poucos os métodos propostos para extrair rodovias a partir de dados VANT, que ainda apresentam limitações relativas à resolução, IMU e sistemas GPS (BAUMGARTNER *et al.*, 1999; HU and TAO, 2007; LIN & SARIPALLI, 2012).

Dados coletados com um VANT foram utilizados por Zhang (2008) como parte de um projeto de monitoramento das condições das estradas não pavimentadas nos EUA. O sistema foi equipado com um controlador autônomo, um GPS/IMU e um sensor magnético para detetar a posição, a velocidade e atitude do helicóptero. Um computador foi usado para comunicar com o helicóptero, em tempo real, para monitorar parâmetros de voo e enviar comandos de controle. O sistema de processamento de dados proposto inclui o modelo da superfície da estrada 3D digital, geração de ortoimagem, extração automática de feições e avaliação das condições da estrada. Os resultados parciais apontaram o sistema como promissor.

Um algoritmo de limiar adaptativo, baseado em histograma de imagens VANT, é proposto por Lin e Saripalli (2012), para detetar possíveis regiões de rodovias. O método proposto para detetar segmentos de retas faz uso da Transformada Hough e segmentação. Foram usadas imagens coletadas em áreas rurais e urbanas, com estradas que apresentavam características

bem distintas. Os resultados indicaram sucesso na deteção em 97% das imagens testadas.

Um projeto de VANT é desenvolvido por Feng *et al.* (2009), apresentando um sistema de mapeamento que capta a imagem e determina a geometria da estrada e localiza veículo em tempo real. A versatilidade do VANT permitiu a realização de reparos na cobertura aérea, quando detetado algum espaço sem imageamento. Os experimentos mostraram que o sistema funcionou bem no mapeamento de veículos em estrada, em tempo real.

1.3. Análise de Agrupamentos

Análise de agrupamento de dados é uma técnica de agrupamento de objetos possuidores de características intrínsecas semelhantes. É descrita na literatura com várias denominações, tais como: clustering, cluster analysis, segmentation analysis, taxonomy analysis ou unsupervised classification (GAN *et al.*, 2007). Entre os algoritmos que descrevem a técnica de agrupamento, o k-médias e o isodata são os mais utilizados.

O k-médias é um método de agrupamento particionado ou não-hierárquico, onde o número k de grupos é fixado, não impondo uma hierarquia à estrutura. No método, uma matriz X, de n x p pontos/observações, é particionada em k grupos de elementos semelhantes entre si, minimizando, iterativamente, a soma das distâncias dos pontos/observações ao centróide de cada cluster. O algoritmo k-médias pode ser compreendido pelas etapas descritas no fluxograma da Figura 1.

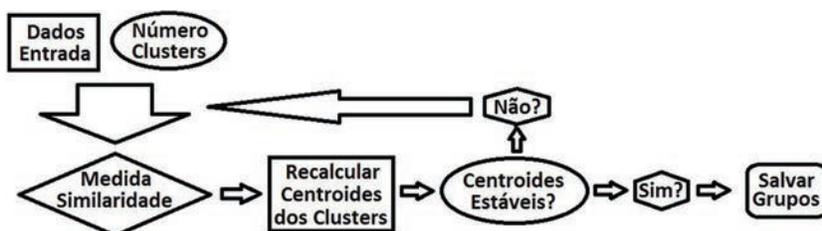


Figura 1 - Fluxograma do algoritmo k-médias

O cálculo do centróide é realizado conforme Equação 1.

$$\begin{cases} x_{cj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ y_{cj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (1)$$

onde x_i e y_i são as coordenadas da observação/ponto i ; x_{cj} e y_{cj} são as coordenadas do centróide do cluster j ; n é o total de observações/pontos existentes no cluster j .

Qualquer modelo de medida de distância de similaridade pode ser usado no k -média. Devido a simplicidade de cálculo, a distância Euclidiana ao quadrado (Equação 2) é a mais comumente usada.

$$dE^2 = (x_i - x_{cj})^2 + (y_i - y_{cj})^2 \quad (2)$$

Além dos k clusters, o método retorna outras medidas como o valor dos k centroides e a soma das distâncias das observações para o centroide do cluster ao qual pertencem.

1.4. Dados Utilizados

Os dados foram coletados com câmeras de pequeno formato acopladas em uma aeronave convencional (Cessna da Força Aérea Portuguesa) e em uma plataforma VANT.

Os itens utilizados no voo convencional foram: um sistema inercial (Litton LN200) e GPS (dupla frequência, diferencial); uma câmera de vídeo modelo AVT Pike de resolução 5 Mpixels (2452 x 2054 pixels), com sensor de 8,46 x 7,09 mm e distância focal de 8,3 mm. O voo foi planejado com os seguintes parâmetros: velocidade de 270 km/h; altura de 900 m. Para o processamento fotogramétrico foram extraídas frames individuais do vídeo, à cadência de 1 frame por segundo, correspondendo a uma sobreposição longitudinal de 85%. A triangulação aérea foi realizada/verificada com 10 pontos de controle.

O VANT (Figura 2) utilizado nesse estudo é um pequeno avião, com bateria elétrica, peso útil inferior a 1kg, que pode voar em baixas altitudes, tem completa autonomia de voo e necessita de pequeno espaço para decolagem e pouso, além de fácil manuseio. A câmera fotográfica utilizada

é modelo Canon Ixus 220 HS, resolução de 12 Mega pixels (4000 x 3000 pixels), tamanho do sensor de 6,20 x 4,65mm e distância focal de 4,3mm.



Figura 2 - Aeromodelo utilizado (Fonte: Gonçalves e Henriques, 2013.)

O voo VANT foi planejado com as seguintes características: altitude de 138 metros, velocidade de 30 Km/h, obtenção de 150 fotos, resolução espacial de 4,7 cm. Vários pontos de controle/verificação foram coletados com recetor RTK, de dupla frequência, com precisão centimétrica e observações em curto intervalo de tempo.

No processamento, muitos pontos (centenas de milhares) foram envolvidos no ajustamento dos modelos com as 150 fotos. O resíduo (RMS) medido no espaço imagem foi de 0,84 pixel. O RMS medido no georreferenciamento do MDE, utilizando os pontos de verificação e a transformação conforme 3D, foi de 0,006, 0,008 e 0,023 pixel para X, Y e Z, respetivamente.

Nesse estudo foram utilizados dois recortes dos mosaicos, que apresentavam a feição de interesse (estradas/rodovias), gerados a partir dos dados VANT e da câmara de pequeno formato acoplada na aeronave convencional supracitada. A dimensão dos recortes (linhas x colunas) é de 563x713 e 790x816 pixels, respetivamente. As áreas testes são na região da Leiria no caso da aeronave convencional (Figura 3a) e Viana do Castelo, no caso do VANT, (Figura 3b). As resoluções das imagens são de 0,10 e 0,30 m, respetivamente.



Figura 3 - Áreas Testes: a) Área 1 e b) Área 2

O processamento das fotos para geração do mosaico de ortofotos e do MDE foi realizado no software Agisoft Photoscan. Para manipular/processar os recortes das imagens foram usados os softwares MultispecW32 e ENVI 4.8. Além dos softwares comerciais, foi desenvolvido um programa para extração de rodovias, ambiente MatLab, especialmente para esse estudo.

2. MÉTODO

O método proposto envolve o desenvolvimento de duas rotinas, criadas em ambiente matlab e implantadas com interface gráfica, envolvendo: a) deteção de segmentos semente, b) extração de eixos/pistas de rodovias.

2.1. Deteção de Segmentos Semente

O método proposto para detetar segmentos semente é baseado em regressão linear e cluster k-médias. O princípio do método é a divisão da imagem de entrada em n outras sub-imagens, facilitando o processamento e aumentando, nesse caso, a eficácia tanto da regressão linear quanto do agrupamento k-médias. A divisão é justificada, dada que a aplicação do cluster k-médias em uma grande cena, como aquela ilustrada na Figura 3a, pode causar grande confusão espectral entre a feição rodovia (objeto de interesse) e as áreas com solo exposto, reduzindo a eficiência do método.

Primeiramente, em cada sub-imagem é aplicado o cluster k-médias,

com um valor pré-definido, empiricamente, para k . Tendo em vista que as rodovias apresentam alto valor de reflectância (Figura 4a) e, geralmente, se destacam em relação às outras feições, em imagens de áreas rurais, o grupo/objeto correspondente ao maior centróide (Figura 4b) é então isolado (Figura 4c) para análise de pertinência ou não a uma rodovia.

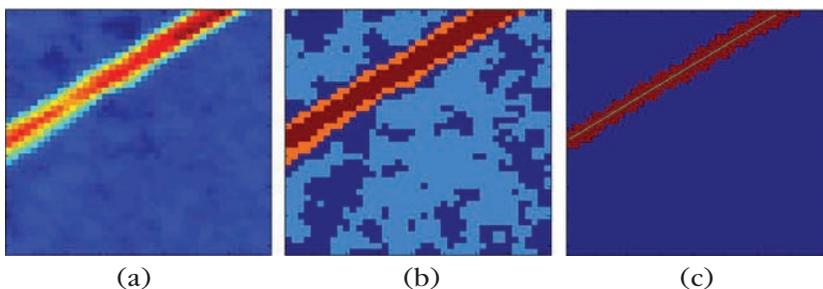


Figura 4 - Sub-imagens: a) sub-imagem original, b) k-médias da sub-imagem, c) objeto de maior centróide

Em seguida, cada segmento isolado nas sub-imagens é submetido ao processo de análise de pertinência a uma rodovia. Para realizar essa tarefa, o modelo de Regressão Linear (Equação 3) é aplicado sobre os pontos correspondentes aos objetos/segmentos isolados pelo cluster k-média.

$$Y_i = \alpha + \beta \cdot X_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

onde Y_i é a i -ésima variável dependente (linhas da sub-imagem); α é o valor de intersecção da reta de regressão com o eixo Y_i ; β é o coeficiente angular da reta de regressão; X_i é a i -ésima variável explicativa (colunas da sub-imagem) e; ε_i é a variável dos fatores residuais e erros de medição.

A dispersão dos pontos/observações em relação à reta de regressão pode ser obtida pela medida do desvio padrão (Equação 4).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n-2}} \quad (4)$$

As duas intersecções da reta de regressão com a sub-imagem geram as coordenadas das extremidades dos segmentos candidatos a sementes (Figura 4c). Esse segmento é submetido ao critério de pertinência à ro-

dovia, que é definido pelo comprimento e pela dispersão dos pontos/observações em relação ao segmento em análise. Isto é, segmentos com tamanho maior que um limiar T e dispersão menor que um limiar $T1$, são classificados como sementes. O segmento ilustrado na Figura 4c é um exemplo de candidato que seria selecionado.

2.2. Detecção de Novos Segmentos

Com a posse de um ou mais segmentos semente, o processo de detecção e vetorização de eixos de rodovias pode ser iniciado. A detecção sequencial de segmentos, a partir de um segmento semente, tem mostrado bom desempenho (SILVA *et al.*, 2010; SILVA & CENTENO, 2011). Esse método toma o segmento semente por base e inicia a busca (nas duas direções, mas uma de cada vez) por outro novo segmento que pertença à mesma rodovia e que seja consecutivo e adjacente à semente.

O algoritmo trilha pelo seguinte percurso: a) partindo da semente, um segmento consecutivo, adjacente e colinear, de tamanho J (pré-definido), é projetado a vante; b) um semiarco de raio J , correspondente a um ângulo pré-definido, é traçado tendo como bissetriz o novo segmento (definido no passo anterior); c) um conjunto de n pontos/pixels é escolhido nesse semiarco para criação de janelas/sub-imagens (Figura 5a) para busca dos novos segmentos; d) a técnica de detecção de linhas retas, usada para detetar sementes, é aplicada nessas janelas/sub-imagens; e) se existe algum segmento de reta que tenha uma extremidade coincidente/próxima da extremidade da semente, colete-o e o assumo como semente e reinicie a busca nessa nova posição dentro da imagem; f) se não existe segmento de reta com essa característica, na primeira janela, mude de janela e repita os passos “d” e “e”; g) se ocorrer a varredura das n janelas/sub-imagens e não for encontrado um segmento de retas com aptidão para ser rodovia, elimine as primeiras colunas (distância d na Figura 5b) da janela/sub-imagem e repita os passos “d”, “e” e “f”, mas agora verificando a existência de segmentos de reta não consecutivos à semente, mas que tenham características espectrais e geométricas de rodovias; h) se ainda não encontrar um segmento representativo de uma rodovia, altere o tamanho da distância d e repita “d”, “e”, “f” e “g”; i) se

não existe segmento de reta encerre a busca e vá para o outro sentido do segmento semente; j) findada a busca no outro sentido, reinicie todo o processo com uma nova semente, caso exista; k) no final do processo de busca, trace o eixo detetado na imagem e encerre a atividade.

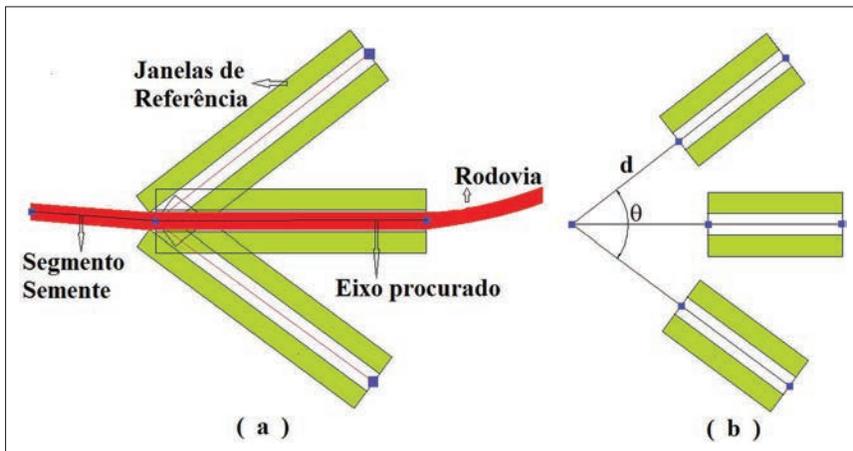


Figura 5 - Janelas/Sub-imagens de busca por novos segmentos

A análise de pertinência ou não de um segmento a uma rodovia é feita por meio de uma função de aptidão que engloba quatro parâmetros. O primeiro parâmetro dessa função analisa se um perfil transversal de uma rodovia, coletado na janela/sub-imagem (Figura 5), tem correlação espectral com um perfil transversal de referência. Esse perfil de referência tem comprimento de 3 vezes a largura da rodovia na imagem. E a largura é definida como a média das larguras de todas as sementes detetadas. O peso é dado pelo índice de correlação entre os dois perfis.

Para evitar que o segmento procurado retorne sobre o anterior (semente), o segundo parâmetro, definido por θ (ângulo que orienta a busca de novos segmentos), força a busca por segmentos que estejam sempre à frente do atual. A medida desse parâmetro é definida como o ângulo (radianos) formado entre os dois vetores (segmento semente e novo segmento).

O terceiro parâmetro é inserido na função aptidão para analisar a resposta espectral ao longo de todo o novo segmento. Esse parâmetro é determinado por meio de uma medida de similaridade entre os valores

digitais do segmento em questão e a média dos valores espectrais de todas as sementes. Um exemplo de função para medida de similaridade é a distância de mahalanobis.

O quarto parâmetro pondera a informação altimétrica de uma rodovia. Tem a função de ponderar o quão plana é a área ao redor do novo segmento, se tem similaridade com uma pista de rodovia real. A medida é feita pelo RMS obtido por meio de ajustamento por mínimos quadrados das altitudes existentes no plano. Esse plano é definido como a região central (faixa clara) das janelas/sub-imagens mostrada na Figura 5, com largura igual à média das larguras das sementes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse estudo, foi usado o cluster k-média, por ser de fácil implementação, por facilitar a incorporação de outros métodos e por apresentar resultados satisfatórios, condizentes o trabalho em questão. A matriz X, de entrada do k-média, foi substituída pela sub-imagem, considerando suas linhas como as observações e as colunas como às variáveis. O valor de k foi definido empiricamente igual a 5.

Os valores pré-definidos para os parâmetros exigidos foram: $\theta=150$ graus (ângulo que orienta a busca de novos segmentos); $T_{im}=11$ e 21 pixels (tamanho das janelas/sub-imagens); as distâncias “d” de afastamento das janelas/sub-imagens em relação à semente foram de: $T_{im}/2$ e $2*T_{im}/3$; $T=T_{im}/2$ (limiar que define o tamanho mínimo aceitável para seleção de segmentos semente); $T_1=3m$ (limiar que define a dispersão máxima em relação à reta de regressão para seleção de segmentos semente). Os limiares para a regressão (escolha dos segmentos semente) e para a função de aptidão (escolha dos novos segmentos) variaram entre 0,6 e 0,8, conforme os experimentos realizados. Os valores da ponderação dos quatro parâmetros da função de aptidão foram, respetivamente: 0,3, 0,2, 0,2 e 0,3. Todos os valores dos parâmetros foram definidos empiricamente, após realização de vários experimentos. O valor de T_1 foi definido com base na premissa de que a largura padrão de uma rodovia é de 6 metros. Por fim, os eixos extraídos foram validados com os índices de

completeza, correção e RMS, apresentados em Heipke *et al.* (1997), com os respectivos modelos (Equações 5, 6 e 7).

$$\text{completeza} = \frac{Lrc}{Lr} \quad (5)$$

$$\text{correção} = \frac{Ldc}{Ld} \quad (6)$$

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}} \quad (7)$$

Onde, Lr é o comprimento total dos eixos de referência; Lrc é o comprimento dos eixos de referência detectados corretamente; Ld é o comprimento total de eixos detectados; Ldc é o comprimento de eixos detectados corretamente; e d_i é a distância entre um pixel detectado e o pixel de referência mais próximo.

Todos os segmentos semente detetados foram plotados sobre a imagem real e analisados visualmente, em cada experimento. A maioria absoluta desses segmentos pertenciam realmente a algum tipo de rodovia. Em uma mesma rodovia foram detetados vários segmentos semente. A diversidade em uma mesma rodovia pode ser útil quando existem muitos obstáculos e/ou grandes obstruções. Nesses casos, a rodovia seria detetada, por um lado do obstáculo, usando um determinado segmento semente e, pelo outro lado, usando uma segunda semente. Em rodovias sem obstruções, teoricamente apenas um segmento semente seria suficiente para extraí-la.

3.1. Área 1

Para realização de uma análise quantitativa, foram realizados 12 experimentos variando os valores dos limiares usados nas funções de aptidão e o tamanho das sub-imagens, conforme Tabela 1. Por exemplo, no primeiro experimento (Experimento 1: 11-0,70-0,70-BandaRed-MDE), os valores 11, 0,70 e 0,70 referem-se ao tamanho da sub-imagem, limiar de aptidão para a detecção de segmento semente e limiar de aptidão para a detecção de novos segmentos, respetivamente. Os dados usados nesse experimento foram a banda “red” (faixa espectral) integrada com o MDE da mesma área, ambos obtidos por VANT. A escolha desses parâmetros para análise deve-se ao fato das suas interferências diretas nos resultados. O tamanho da sub-imagem afeta diretamente na detecção

de estradas que apresentam curvas sinuosas. Quanto menor o valor do primeiro limiar, maior será o número de segmentos sementes detetados, aumentando a possibilidade de erros (deteção de falsas-sementes), onde trilhas ou pequenos caminhos podem ser percebidos como rodovias. O segundo limiar é o controlador da extensão da rede de rodovias extraída. Quando maior esse valor, menor o tamanho da rede extraída, e menor será a probabilidade de erros. Somado aos parâmetros, tem a qualidade espectral da imagem usado. Como a maioria das rodovias existentes nas cenas usadas não tem pavimentação, o solo exposto é predominante. Essa feição tem a propriedade de refletir mais a radiação vermelha, reduzindo para o verde, e muito menos no azul. Por esse motivo foram usadas as bandas separadamente e uma média das três (intensidade). O MDE foi utilizado como contribuinte em todos os experimentos.

Devido à quantidade de testes executados e ao tamanho das imagens, apenas dois resultados são mostrados na forma de imagem. Nessa análise foi verificada a qualidade geométrica da vetorização gerada. Os resultados apresentados na Figura 6 correspondem aos experimentos 4 (11-0,6-0,6-BandaRed-MDE) e 7 (21-0,7-0,7-BandaRed-MDE), respectivamente.

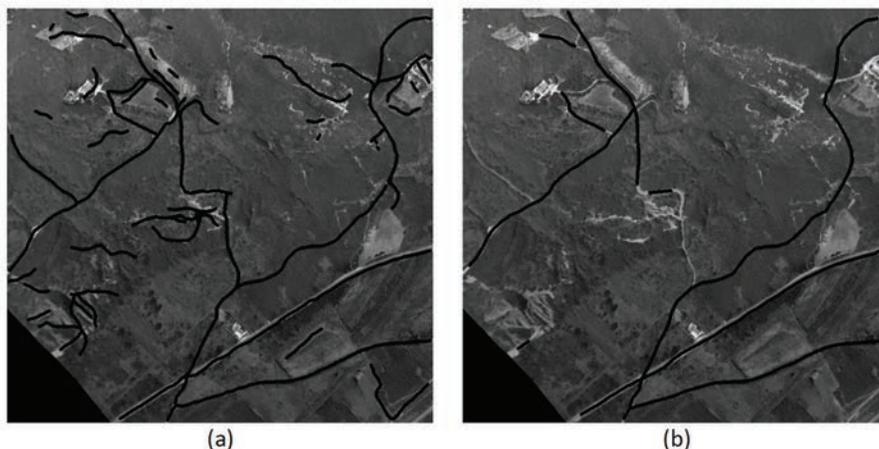


Figura 6 - Rodovias extraídas: a) experimento 7 e b) experimento 4

É notório, visualmente, que no resultado apresentado na Figura 6a todas as rodovias foram extraídas. Porém, observa-se que muitos falsos-

-segmentos (falsa-rodovia) foram extraídos em toda a área teste, com maior concentração na região Sudoeste. Os falsos-segmentos extraídos contribuem com a acentuada redução do índice de correção (53,3%). A rodovia asfaltada foi totalmente extraída, mas é visível os erros geométricos ocorridos. O eixo foi detectado na forma de “zig-zag” ao longo de toda a rodovia. Esse erro é responsável pela redução do índice de completudeza para 87,9% (Tabela 1), pois todas as demais rodovias foram extraídas com qualidade.

Tabela 1 - Qualidade dos eixos detectados na Área 1

Experimentos	Medidas de Acurácia		
	Completeza	Correção	RMS (pixel)
1- (11-0,70-0,70-BandaRed-MDE)	0,656	0,745	17,078
2- (11-0,75-0,70-BandaRed-MDE)	0,720	0,816	10,951
3- (11-0,80-0,70-BandaRed-MDE)	0,578	0,812	11,715
4- (21-0,70-0,70-BandaRed-MDE)	0,691	0,891	10,847
5- (21-0,75-0,70-BandaRed-MDE)	0,577	0,917	6,824
6- (21-0,80-0,70-BandaRed-MDE)	0,450	0,912	7,663
7- (11-0,60-0,60-BandaRed-MDE)	0,879	0,533	25,081
8- (11-0,60-0,70-BandaRed-MDE)	0,798	0,668	17,759
9- (11-0,60-0,80-BandaRed-MDE)	0,566	0,718	12,936
10- (11-0,75-0,70-BandaGreen-MDE)	0,632	0,736	18,018
11- (11-0,75-0,70-BandaBlue-MDE)	0,668	0,775	19,130
12- (11-0,75-0,70-Intensidade-MDE)	0,684	0,780	15,622

Ao aumentar o tamanho da sub-imagem para 21 pixels e os valores de ambos os limiares para 0,70, manteve a qualidade geométrica das rodovias sem pavimentação, reduziu o erro de correção (89,1%), com a eliminação dos falsos-segmentos, mas aumentou o erro de completudeza (69,1%), ao deixar de extrair trechos das rodovias nas regiões Central, Norte e Oeste da área de estudo. Embora tenha reduzido o efeito “zig-zag” na extração da rodovia pavimentada, em relação ao resultado apresentado na Figura 6a, ainda é visível o erro geométrico existente.

Nos três primeiros experimentos, alterando apenas o limiar da função de aptidão para detecção de sementes, pode-se observar que existe um ponto de máximo para os valores desse limiar (Tabela 1). Os valores foram

configurados em 0,7, 0,75 e 0,8. Sendo mais criterioso (limiar=0,7), selecionado um número menor, porém segmentos mais refinados, o resultado foi melhor ($\approx 8\%$) do que aquele onde foi dada maior liberdade de seleção (limiar = 0,8). Aplicando um valor intermediário para esse limiar (0,75), todos os índices indicaram maior acurácia, isto é, foi extraída corretamente uma rede de rodovias maior, com menor números de falsos segmentos de rodovia e com melhor qualidade geométrica (RMS=10,951 pixels). O alto valor do RMS, de 7,55 metros, é devido aos falsos segmentos, que mesmo em pequeno número, contribuem com o erro por estarem localizados em regiões afastadas das rodovias existentes na imagem.

Mantendo fixos os dois limiares, em relação ao grupo dos três primeiros experimentos, e alterando o tamanho das sub-imagens para 21 pixels, o limiar definido para as sementes, com seu valor intermediário (0,75) ainda apresentou o melhor resultado em termos de correção e RMS. Comparando com o primeiro trio de experimentos, houve um grande avanço em termos de correção e RMS nos três casos, mas o índice de completeza aponta uma redução na malha viária detetada corretamente, nos dois últimos experimentos. Isso significa que 14,3% e 12,8% das rodovias extraídas corretamente no segundo e terceiro experimentos, respetivamente, não foram extraídas no quinto e sexto experimentos. Contudo, houve uma redução dos falsos segmentos em 14,6%, 10,1%, 10,0% do primeiro para o segundo trio de experimentos.

Reduzindo consideravelmente o valor do limiar da aptidão das sementes, mantendo fixo o tamanho da sub-imagem, e aumento o segundo limiar, houve ganho em completeza, mas aumentou o número de falsos segmentos detetados, de acordo com os valores de correção do terceiro trio de experimentos. Adicionalmente, o erro geométrico (RMS) também foi muito superior aos dois trios de experimentos anteriores, superando os 100% em alguns casos. Dentro desse trio de experimentos houve um decréscimo da completeza em detrimento do aumento da correção, do sétimo para o nono experimento. Nessa configuração, o ganho em termo geométrico foi de aproximadamente 50%, ao variar o valor do limiar de 0,6 para 0,8.

Por fim, considerando o tipo de dados de entrada, alternando o MDE

com uma das bandas referentes às faixas espectrais do vermelho, verde, azul e a com imagem intensidade, percebeu-se que com as bandas verde, azul e imagem intensidade, a dimensão da rede viária extraída corretamente foi similar, com respetivos valores de completeza: 63,2, 66,8 e 68,4%. Com a banda do vermelho, a malha extraída corretamente foi 3,6% maior. Os valores de RMS continuaram altos. Igualmente aos outros casos, isso se deve à localização longínqua dos falsos-segmentos detetados em relação as rodovias existentes.

3.2. Área 2

A mesma configuração utilizada nos experimentos com a Área 1 foi aplicada na imagem da Área 2. A Tabela 2 mostra os valores dos índices completeza, correção e RMS, referenciando aos erros medidos em cada experimento.

Tabela 2 - Qualidade dos eixos detetados na Área 2

Experimentos	Medidas de Acurácia		
	Completeza	Correção	RMS (pixel)
1- (11-0,70-0,70-BandaRed-MDE)	0,707	0,711	9,799
2- (11-0,75-0,70-BandaRed-MDE)	0,710	0,862	9,705
3- (11-0,80-0,70-BandaRed-MDE)	0,553	0,882	0,550
4- (21-0,70-0,70-BandaRed-MDE)	0,605	0,900	1,438
5- (21-0,75-0,70-BandaRed-MDE)	0,276	0,944	0,610
6- (21-0,80-0,70-BandaRed-MDE)	-	-	-
7- (11-0,60-0,60-BandaRed-MDE)	0,921	0,696	32,713
8- (11-0,60-0,70-BandaRed-MDE)	0,871	0,783	18,615
9- (11-0,60-0,80-BandaRed-MDE)	0,479	0,869	12,820
10- (11-0,75-0,70-BandaGreen-MDE)	0,725	0,834	0,573
11- (11-0,75-0,70-BandaBlue-MDE)	0,788	0,871	0,288
12- (11-0,75-0,70-Intensidade-MDE)	0,695	0,861	0,350

No primeiro grupo de experimentos (1, 2 e 3) observou-se que ao aumentar o limiar de seleção das sementes ($L=0,70$ para $L=0,80$), aumentou a qualidade dos resultados em termos geométricos e de correção. Embora o ganho em correção tenha sido modesto (máximo de 2%), o ganho geométrico foi acentuado, com RMS reduzido de aproximadamente 9,2

pixel (6,44 metros). Por outro lado, quase 16% da rodovia de referência deixaram de ser extraídas no experimento 3, quando comparado aos resultados dos experimentos 1 e 2.

Com o aumento do raio de busca ($J=21$ pixels) a completeza foi reduzida fortemente, o que significa que pequenos trechos das rodovias reais foram extraídos. Por outro lado, a correção aponta que mais de 90% dos eixos extraídos são verdadeiros, ou seja, pertencem a uma determinada rodovia. O máximo RMS foi de aproximadamente 1 metro. No experimento 6, o alto valor do limiar para seleção das sementes ($L=0,8$) não permitiu a deteção de sementes nessa imagem. Isso mostra que o valor de L é dependente do tamanho do raio J , indicando que o valor do limiar deve ser controlado ao aumentar o raio.

No terceiro grupo, ao dar mais liberdade na seleção de sementes ($L=0,6$), ocorre erros consideráveis geometricamente, excedendo os 32 pixels (22,4 metros). Esse fato ocorre porque aumenta a seleção de falsas sementes e, conseqüentemente a deteção de falsos eixos. Contudo, é percebido um ganho superior a 21% em termos de completeza, se comparada a máxima completeza desse grupo (experimento 7) com a máxima dos grupos 1 e 2 (experimento 2). A correção, nesse grupo de experimento, aumentou com o aumento do limiar de seleção de novos segmentos ($L1=0,6$ para $L1=0,8$), enquanto a completeza reduziu em quase metade. Assim, pode-se afirmar que ao aumentar $L1$ aumenta a quantidade de eixos detetados corretamente, mas aumenta o trecho de rodovia em que deixou de ser detetado.

Os melhores resultados estão no quarto grupo, nos experimentos 10, 11 e 12, onde foram mantidos fixos os limiares (L e $L1$) e alteradas as imagens de entrada. O resultado com a banda azul foi o melhor de todos os experimentos realizados nas duas áreas testes (Figura 7), apresentando altos valores de completeza e correção e baixo valor de RMS, o que expressa qualidade nos resultados. Com a banda verde, os resultados estão próximos daqueles obtidos com a banda azul, mas ligeiramente abaixo, com destaque para o RMS, com diferença de 19,95 centímetros. Usando a imagem intensidade (experimento 12), a falha maior foi na capacidade de detetar toda a rodovia (completeza = 69,5%), pois a maioria do que

foi detetado está correto (correção 86,1%).



Figura 7 - Resultado usando a configuração: 11-0,75-0,7-BandaBlue-MDE

Com exceção do último grupo de experimentos (10, 11 e 12), os resultados obtidos para as duas áreas (Área 1 e Área 2) são semelhantes. Isso significa que o algoritmo teve um comportamento análogo ao manter as configurações inalteradas. Em relação ao último grupo, acredita-se que o melhor resultado (nos três experimentos) na Área 2 foi devido à qualidade dos MDEs. As imagens da Área 1 não possibilitaram a geração de um MDE com mesma qualidade que o MDE da Área 2. Uma possível explicação é a altitude de voo e o comportamento distinto das aeronaves, tais como velocidade e tempo para disparo da câmera que é bem mais rápido no caso da aeronave convencional quando comparada ao VANT.

4. CONCLUSÃO

Nesse estudo, foi usado o k-média, que é um algoritmo de agrupamento que além de fácil implementação, tem processamento rápido (quando comparado com outros de mesma categoria) e ainda permite a incor-

poração de outros métodos sem degradar os resultados. Os resultados obtidos nesse trabalho mostram a eficiência dessa junção de técnicas: cluster, regressão linear, detecção de segmentos.

Rodovias são feições lineares que apresentam desafios no processo de extração em imagens digitais, principalmente por apresentarem curvas sinuosas e existirem feições com características espectrais similares. O método proposto nesse estudo buscou resolver esse problema, englobando informações espectrais (fotos aéreas), geométricas (segmentos consecutivos e adjacentes) e altimétricas (MDE) de rodovias, no processo de extração automática. Os resultados mostram que um ganho considerável, dado que se trata de uma tarefa maçante e onerosa. Embora o tempo de processamento não seja objeto dessa pesquisa, afirma-se, com base nos experimentos realizados, que é possível vetorizar quilômetros de rodovias em poucos minutos, em um mesmo trabalho que pode demandar horas, se realizado manualmente.

Considerando a resolução das fotos, o preço de uma câmara de pequeno formato, a rapidez e o custo envolvidos no voo (e.g. aeromodelo e combustível), o espaço utilizado para decolagem e pouso e a qualidade dos resultados, pode-se afirmar que os produtos da tecnologia VANT são viáveis, em abordagens automáticas, do ponto de vista econômico, temporal e ambiental, especialmente em execuções de pequenos projetos de mapeamento rodoviário, em pequenas e médias escalas.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências do Porto pela disponibilização do espaço físico e das cenas usadas.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro concedido.

BIBLIOGRAFIA

AGUASCA, Albert *et al.* (2013) - "Light-Weight CW/FM SAR Sensors for Small UAVs". *Sensors*, Vol. 13, 3204-3216.

- BAUMGARTNER, Albert *et al.* (1999) - “Automatic Road Extraction Based on Multi-Scale, Grouping, and Context”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing (PE&RS)*, Vol. 65, 777-785.
- CHIANG, Kai-Wei *et al.* (2012) - “The Development of an UAV Borne Direct Georeferenced Photogrammetric Platform for Ground Control Point Free Applications”. *Sensors*, Vol. 12, 9161-9180.
- CRAMER, Michael (2013) - “The UAV@LGL BW Project - A NMCA Case Study”. (p.165-179, Stuttgart) Disponível online no endereço url: <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo13/150Cramer.pdf> (acedido em 11 October, 2013).
- DU, Huang & GAO, Yang (2012) - “Inertial Aided Cycle Slip Detection and Identification for Integrated PPP GPS and INS”. *Sensors*, Vol. 12, 14344-14362.
- FENG, Wang *et al.* (2009) - “UAV Borne Real-time Road Mapping System”. In *Proceeding of the Urban Remote Sensing Joint Event, Shanghai, China*. Disponível online no endereço url: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5137476> (acedido em 11 October, 2013).
- GAN, Guojun *et al.* (2007) - *Data clustering: theory, algorithms, and applications*. SIAM books: University City Science, Philadelphia, 466 p.
- GONÇALVES, Jose Alberto & HENRIQUES, Renato (2013) - “Topographical monitoring of coastal areas with UAV imagery”. In *Proceeding of the 6th EARSeL Workshop on Remote Sensing of the Coastal Zone, Matera, Italy*. Disponível online no endereço url: <http://www.earsel.org/SIG/CZ/6th-workshop/proceedings.php> (acedido em 11 October, 2013).
- HEIPKE, Christian *et al.* (1997) - “Evaluation of Automatic Road Extraction”. In *Proceedings IAPRS - 3D Reconstruction and Modeling of Topographic Objects, Stuttgart, Germany*. Disponível online no endereço url: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=347BDE79C49E87CAE69D9B97DB85906E?doi=10.1.1.30.7686&rep=rep1&type=pdf> (acedido em 11 October, 2013).
- HRUSKA, Ryan *et al.* (2012) - “Radiometric and Geometric Analysis of Hyperspectral Imagery Acquired from an Unmanned Aerial Vehicle”. *Remote Sensing*, Vol. 4, 2736-2752.
- HU, Xiangyun & TAO, Vincent (2007). *Automatic Extraction of Main Road Centerlines from High Resolution Satellite Imagery Using Hierarchical Grouping*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 73, N° 9, 1049-1056.
- LIN, Yucong & SARIPALLI, Srikanth (2012) - “Road Detection from Aerial Imagery”. In *Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation, Saint Paul/Minnesota, USA*. Disponível online no endereço url: http://www.public.asu.edu/~ylin122/road_detect.pdf (acedido em 20 April, 2013).

- LINGUA, Andrea *et al.* (2009) - "Performance Analysis of the SIFT Operator for Automatic *Feature* Extraction and Matching in Photogrammetric Applications". *Sensors*, Vol. 9, N° 5, 3745-3766.
- SILVA, Claudionor & CENTENO, Jorge (2011) - "Semiautomatic Extraction of Main Road Centrelines in Aerial Images Acquired over Rural Areas". *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 33, N° 2, 502-516.
- SILVA, Claudionor *et al.* (2010) - "Automatic Road Extraction in Rural Areas Based on Digital Imaging and Laser Scanner Data". *Journal of Civil Engineering and Architecture*, Vol. 4, N° 40, 285-296.
- SKOGLAR, Per *et al.* (2012) - "Road Target Search and Tracking with Gimballed Vision Sensor on an Unmanned Aerial Vehicle". *Remote Sensing*, Vol. 4, N° 7, 2076-2111.
- WALLACE, Luke *et al.* (2012) - "Development of a UAV-LiDAR System with Application to Forest Inventory". *Remote Sensing*, Vol. 4, N° 7, 1519-1543.
- ZHANG, Chunsun (2008) - "An Uav-Based Photogrammetric Mapping System for Road Condition Assessment". In: *Proceedings of the IAPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Beijing, China. Disponível online no endereço url: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/5_pdf/109.pdf (acedido em 20 April, 2013).

SESSÃO 11

COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 46

METODOLOGIA EM AMBIENTE SIG PARA LOCALIZAR DISPOSITIVOS DE AUXÍLIO AO CICLISTA EM CIDADES DECLIVOSAS

TRALHAO, Lino¹; RIBEIRO, Nuno²; COUTINHO-RODRIGUES, João³ & SOUSA, Nuno⁴

¹ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra); Rua Antero Quental 199, 3000-033 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 851040/9; Fax: +351 239 824692; email: linotralhao@netcabo.pt

² Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra - Departamento de Engenharia Civil - FCTUC; Rua Luís Reis Santos - Pólo II, 3030-788 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 797135; Fax: +351 239 797123; email: nuno_r@hotmail.com

³ Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra) - Departamento de Engenharia Civil - FCTUC; Rua Luís Reis Santos - Pólo II, 3030-788 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 797145; Fax: +351 239 797123; email: coutinho@dec.uc.pt

⁴ Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade Aberta Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra) Delegação de Coimbra da Universidade Aberta; Rua Alexandre Herculano, n.º 52, 3000-019 Coimbra, Portugal; Tel: +351 300 001590; Fax: +351 300 001599; email: nsousa@uab.pt

RESUMO

Preocupações de sustentabilidade relacionadas com o uso intensivo de energia, e o congestionamento de tráfego, têm levado decisores a procurar soluções alternativas, e à emergência de uma mudança para modos de transporte suaves/ativos. A bicicleta é um modo de transporte suave e muito eficiente. No entanto, há também fatores dissuasores do uso da bicicleta - entre estes, é reconhecida a importância do declive na escolha deste modo. Uma das formas de contornar esta limitação consiste na construção de dispositivos mecânicos de auxílio (e.g. elevadores, teleféricos). Apresenta-se neste trabalho uma metodologia que, usando tecnologia SIG, ajuda a identificar potenciais locais para a colocação desses dispositivos, de forma a não só minorar a extensão e número destes, mas também conseguir uma maior permeabilidade da cidade à bicicleta.

A metodologia, baseada essencialmente na obtenção de áreas de serviço adequadas, permitirá também identificar arcos críticos à conexão ciclável da rede viária urbana. Acompanha a abordagem um estudo de caso para a cidade de Coimbra, Portugal, onde, para além da aplicação da metodologia, se considera um circuito para bicicletas e se estuda a permeabilidade ciclável da rede com e sem elevadores, com o circuito, bem como formas de acesso ao local mais importante da cidade.

PALAVRAS-CHAVE

Bicicletas, Sistemas de informação geográfica, Localização, Sustentabilidade, Elevadores para bicicletas.

GIS ENVIRONMENT METHODOLOGY TO LOCATE CYCLING AID DEVICES IN HILLY CITIES

ABSTRACT

Sustainability worries related to the intensive use of energy by automobiles, and traffic congestion issues, have encouraged decision makers to look for alternative solutions and to an emerging shift towards soft/active transport modes. The bicycle, a very efficient mode of transport, is one such soft travel mode. Cycling however also has its deterrents - among these, it is recognized that slopes play an important role in influencing the choice for this mode. One of the ways to mitigate this limitation consists in constructing hard aid devices (e.g. elevators). In this work a methodology is presented that uses GIS technology to identify potential locations for these connecting devices, such that not only their span and number are minimized but also a greater cycling permeability for the city is achieved. The methodology, which is based in obtaining suitable service areas, will also pinpoint arcs that are critical to the cyclable connectivity of the urban network. A case study for the city of Coimbra, Portugal, is presented, where along with the methodology's application, a bicycling circuit is considered and the network's cycling permeability is studied, with and without devices, with the circuit, as well as means of accessing the city's most important place.

KEYWORDS

Bicycles, Geographical information systems, Location, Sustainability, Bicycle elevators.

1. INTRODUÇÃO

A emergência do transporte automóvel no pós-guerra, alimentada pela abundância de petróleo barato e políticas públicas favoráveis,

levou, em última análise, à sobre- expansão urbana, ineficiências ligadas à congestão de tráfego e consumo de energia e preocupações ambientais. Estas questões têm-se tornado centrais para os decisores políticos, visto ser cada vez mais evidente que o status quo pode não ser sustentável a longo prazo. A bicicleta é um modo de transporte que pode ser adotado na maioria das cidades. Combina a disponibilidade do automóvel com alta eficiência, baixa taxa de congestão (uma bicicleta é aproximadamente igual a 0.23 automóveis, WANG *et al.* (2008)), benefícios de saúde (WOODCOCK *et al.*, 2007) e brevidade de viagem para baixas distâncias (é competitiva com o automóvel para distâncias até 5 km (COMISSÃO EUROPEIA, 2000)).

As vantagens da bicicleta não passaram despercebidas aos decisores políticos, que têm levado a cabo ações de fomento do uso da bicicleta nas últimas décadas, um pouco por todo o mundo, mas especialmente na Europa (ver p.ex. BYPAD, 2008). Em paralelo com estas iniciativas, foi feita pesquisa no sentido de saber que fatores influenciam a escolha de uma pessoa pela bicicleta e o que determina os trajetos que ela toma (RIETVELD & DANIEL, 2004; WARDMAN *et al.*, 2007; PARKIN *et al.*, 2007; PARKIN *et al.*, 2008; PARKIN & KOOREY, 2012; BROACH *et al.*, 2012). Foram também desenvolvidos modelos para ciclovias, por forma a otimizar a sua atratividade para os ciclistas (SUZUKI *et al.*, 2012). O sucesso destes esforços combinados oscilou entre moderado a considerável no que toca ao aumento da percentagem da bicicleta como modo de transporte (PUCHER *et al.*, 1999; PUCHER & BUHELER, 2008; PUCHER *et al.*, 2011; CERVERO *et al.*, 2012) e chamou a atenção de decisores em outras cidades e países. No entanto, reproduzir o sucesso de tais iniciativas requer um planeamento cuidadoso, não apenas por questões económicas, mas principalmente porque existem uma série de situações dissuasoras do uso da bicicleta.

Um desses dissuasores é o relevo, que é sabido ter um forte impacto negativo na propensão para o uso da bicicleta nas deslocações diárias (RIETVELD & DANIEL, 2004; PARKIN *et al.*, 2008). Estudos de aptidão da cidade à bicicleta devem portanto incluir uma componente de relevo, principalmente se a cidade for declivosa. Apresenta-se neste artigo

uma metodologia que permite ao decisor avaliar a aptidão topográfica de uma cidade para a circulação em bicicleta (aptidão ciclável, ou ciclabilidade) e identificar possíveis melhorias a essa aptidão. Apesar de existirem cidades com dispositivos de auxílio em funcionamento (p.ex. o sistema TRAMPE em Trondheim, Noruega e elevadores em San Sebastian, Espanha), tanto quanto é do nosso conhecimento não existem na literatura métodos com o carácter sistemático do aqui apresentado, razão pela qual cremos que a presente contribuição se reveste de particular importância. Os resultados que gera podem subsequentemente ser usados em modelos existentes de planeamento de trajetos ou circuitos de bicicleta.

A metodologia aqui apresentada consiste de quatro procedimentos: classificação da rede viária, análise de ciclabilidade, análise de permeabilidade, desembocando finalmente na identificação de possíveis localizações de dispositivos de auxílio. Na classificação, um Sistema de Informação Geográfica (SIG) da cidade é usado para discriminar os arcos da rede viária baseando-se no declive destes. Este procedimento, que apresentamos na secção 2.1 juntamente com a análise de ciclabilidade, é basilar para o resto da metodologia e é feito no contexto de um caso de estudo, a cidade declivosa de Coimbra, Portugal. Na análise de permeabilidade, conceito definido e discutido na secção 2.2, áreas de serviço para o uso da bicicleta são calculadas no SIG. Isto permite identificar desconexões na rede ciclável derivadas do relevo, e analisar a sua extensão. Na secção 3 a localização de dispositivos de auxílio é discutida, os quais contribuiriam para suavizar (ou mesmo eliminar) desconexões da rede ciclável e assim melhorar a ciclabilidade global da cidade. Na secção 4 os resultados para Coimbra são agrupados e um circuito é proposto (secção 4.1), que exemplifica como o output da metodologia pode ser útil como base para estudos mais abrangentes. Na secção 4.2 uma situação particular do caso de estudo é debatida, que mostra como ajustar as metodologias para lidar com situações casuísticas, específicas da cidade em estudo. Finalmente, na secção 5 são apresentadas conclusões e linhas de futura pesquisa.

Esta pesquisa usou como ambiente SIG o ESRI ArcGIS Desktop e a sua extensão, o Network Analyst. Faz-se notar também que o caso de estudo

lidou essencialmente com a parte central da cidade de Coimbra (designada como "área de estudo"), com particular ênfase na parte da cidade a leste do Rio Mondego, que é onde a maior parte da população vive.

2. TRATAMENTO EM AMBIENTE SIG DA REDE VIÁRIA

Como argumentado acima, o relevo é um fator importante para quem viaja de bicicleta, que condiciona o uso massivo desta como modo de transporte. Declives maiores do que 5% são indesejáveis não só porque as subidas são difíceis de transpor para muitos ciclistas, mas também porque as descidas requerem um controle apertado da velocidade por parte destes. Como exemplo da dificuldade associada às subidas, considere-se um caminho com 7% de inclinação. De acordo com a análise de regressão de Parkin & Rotherham (2010), tal subida é feita, em média, à velocidade de 3,2 m/s e transmitindo o ciclista ao pedal uma potência mecânica de 261 W. Se olharmos à parte desta potência dedicada associada à energia potencial gravítica,

$$P_g = Mgv_s \quad (1)$$

vemos que para subir uma inclinação de 7% à velocidade de 3,2 m/s, e assumindo uma massa total ciclista-bicicleta de 95 kg, são necessários 209 W para vencer a gravidade o que, para uma eficiência mecânica da bicicleta de 95%, representa nada menos do que 84% da potência mecânica desenvolvida pelo ciclista no pedal.

Independentemente dos números acima, na prática a percepção humana do esforço despendido é também importante. Por essa razão, tanto a Austroroads como a American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) propuseram valores desejáveis para declives, que salvaguardem o conforto do ciclista (AASHTO, 1999; AUSTROROADS, 2009). Na tabela abaixo temos as diretrizes AASHTO para declives e respetivos comprimentos máximos aceitáveis.

Tabela 1

Declive	Comprimento aceitável
5-6%	240 m
7%	120 m
8%	90 m
9%	60 m
10%	30 m
11+%	15 m

2.1. Análise de ciclabilidade

A primeira tarefa é pois classificar os arcos da rede viária, no que respeita ao seu declive e comprimento. Antes disso, porém, apresentam-se abaixo alguns detalhes técnicos importantes para o efeito.

Em primeiro lugar é conveniente colocar a rede em formato 3D com precisão suficiente. No caso de estudo foi usado um modelo digital de superfície (MDS) com 1 metro de resolução, usando a ferramenta GIS interpolate shape (e também a package ETGeoWizards).

No ambiente ArcGIS uma rede viária é modelada da seguinte forma: o arco entre dois nós, A e B, é modelado como uma linha poligonal, definida pelas coordenadas de uma sequência de vértices (neste caso 3D) cujo primeiro e último se designam respetivamente por “From” e “To”. Ao nível do Network Analyst existem dois sentidos (“From-To” e “To- From”), o que faz da rede uma rede orientada. Apesar da maioria das ruas terem declives aproximadamente constantes na sua extensão, há casos em que não é assim. Como tal, e na metodologia seguida, cada arco é decomposto, em relação ao seu sentido de referência, em três tipos de segmentos: subida, descida e plano. Como em cada segmento o declive é constante (a representação em SIG do arco é uma linha poligonal), atendendo a (1) vemos que segmentos de cada tipo podem ser agregados numa só parte, com comprimento igual à soma dos comprimentos das componentes e declive igual à média dos declives, ponderada pelos comprimentos das respetivas projeções horizontais.

Podemos pois caracterizar cada arco por (l_{up}, s_{up}) , (l_{down}, s_{down}) e l_0 , onde l_{up} (l_{down}) se referem aos comprimentos das partes ascendentes (descendentes), s_{up} (s_{down}) aos declives médios ascendentes (descendentes) e l_0 , o comprimento plano. Claramente, o que é ascendente no sentido “From-To” torna-se descendente no sentido “To-From” e vice-versa. Todas estas grandezas foram calculadas usando um script auxiliar (em linguagem Python) desenvolvido especificamente para o efeito. Na realidade, e para o cálculo do declive de cada arco, o script considera uma sequência de pontos que pode ser fundamentalmente de 3 tipos:

1. Vértices do próprio arco.
2. Pontos virtuais à distância equivalente do tamanho da célula do raster, 1 metro para o DSM.
3. Pontos distanciados entre si a um valor a fornecer pelo utilizador.

As cotas dos pontos considerados nos três métodos foram calculadas por interpolação bilinear tendo em consideração a sua posição relativamente aos centros de células adjacentes, e as respetivas cotas, dadas pelo raster (MDS). O processo de determinação de declives foi relativamente complexo. Basicamente resultou da comparação dos resultados obtidos pelos três métodos, acoplado a um processo de triagem, chegando ao reajuste dos próprios vértices dos arcos, em particular para arcos pequenos. Pode dizer-se, porém que, para arcos grandes, o 3º método, com os pontos virtuais distanciados entre si de 45m ou, o que é o mesmo, considerando os arcos modelados por linhas poligonais com segmentos de 45m foi, em geral, o método usado. Tal significa, grosso modo, que a 1% de declive, num segmento (45m), corresponde uma diferença de cotas entre os seus extremos de 45cm. Ora, para o tipo de MDS utilizado, o indicador de qualidade desvio padrão é inferior a 15cm (HUISING & PEREIRA, 1998), mas o estudo apresentado em GONÇALVES *et al.* (2011), refere tanto para o desvio padrão como para a raiz do erro quadrático médio, 10cm, do que resulta 16,4cm para um nível de confiança de 90%. Portanto, podemos falar de

precisão nos declives da ordem de 0,3%. Porém, em virtude de provável cancelamento de erros, para arcos de grande comprimento, é de admitir erros inferiores. Outro aspecto considerado consistiu no facto de a esmagadora maioria dos arcos declivosos serem de tipo rampa linear, ou seja com decive aproximadamente constante ao longo do seu percurso, facto aliás vulgar, em particular nas zonas não muito antigas.

À partida poderia pensar-se que a energia potencial gravítica do conjunto homem- bicicleta associada a (1) poderia ser usada regenerativamente nas descidas. No entanto, na prática tal reaproveitamento nem sempre é possível. De facto, se a descida for muito longa ou muito abrupta, o ciclista terá de travar para evitar velocidades excessivas, e assim dissipar parte da energia potencial. A questão poderá ainda assim ser relevante em caminhos de perfil ondulado, com subidas e descidas curtas, principalmente se os declives andarem por volta de 6% (ou seja um pouco acima do que aqui se considera como fronteira para a ciclabilidade; ver mais adiante). Todavia, dado que a esmagadora maioria dos caminhos não tem tais perfis, a caracterização simples proposta no parágrafo acima parece ser uma aproximação razoável.

Na Figura 1 é apresentada uma análise de ciclabilidade dos arcos da rede correspondente à zona da cidade de Coimbra em estudo, tendo-se atribuído, no que toca aos declives, uma cor correspondente ao grau de ciclabilidade (o verde designa arcos cicláveis). Todos os declives de 0-5% foram considerados cicláveis em ambos os sentidos. O pavimento das ruas, apesar de importante, especialmente para declives 3-5%, é geralmente bom; como tal não foi considerado neste caso de estudo. O resultado é ilustrado na Figura 1 abaixo (à direita), juntamente com uma representação da topografia (à esquerda).

Da Figura podem identificar-se desde logo algumas zona cicláveis, que correspondem à predominância de arcos verdes sobre áreas grandes. Outras partes da cidade têm igualmente arcos cicláveis, mas não é fácil de ver se esses arcos ligam zonas importantes. Assumindo, como mencionado acima, todos os declives 0-5% como estritamente cicláveis

(cicláveis em ambos os sentidos, independentemente do comprimento), uma inspeção revela que aproximadamente 53% (% de comprimento) da rede viária é ciclável. Isto inclui arcos isolados, mas exclui arcos com declive maior do que 5% mas que ainda assim são cicláveis de acordo com a Tabela 1 (arcos aqui designados por fracamente cicláveis; 12% do total). Os restantes arcos perfazem 35% da rede viária e são não-cicláveis, no sentido em que não podem ser totalmente percorridos em pelo menos um dos sentidos, de acordo com a Tabela 1.

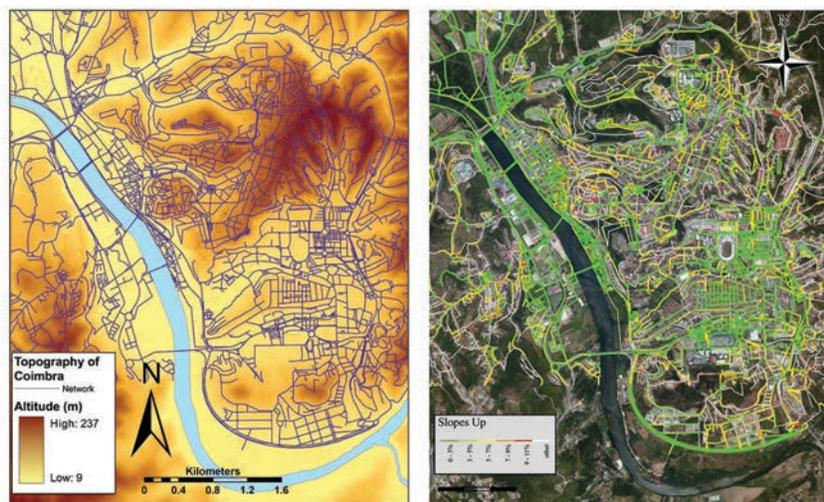


Figura 1 - Topografia de Coimbra e ciclabilidade da sua rede viária, de acordo com AASHTO (1999)

Chama-se aqui a atenção para um pormenor importante. Arcos adjacentes com declives de 5-11% que sejam cicláveis podem originar um problema de cadeia. Ou seja, apesar de cada um destes arcos ser por si só ciclável, se vários deles formarem uma sequência, o comprimento l_{up} do caminho composto poderá exceder os limites de comprimento indicados na Tabela 1. Esta questão não foi considerada Figura 1, mas foi tomada em consideração nas análises abaixo, onde relevante.

2.2. Permeabilidade

Para analisar a permeabilidade, aqui definida como a extensão da cidade onde o transporte por bicicleta (no sentido do chamado “com-

muting”, movimentos pendulares) é possível, a ciclabilidade dos arcos não é suficiente. Um arco, ou pequeno grupo destes, pode estar rodeado de arcos não-cicláveis, o que torna a vizinhança não-contribuinte para a análise de permeabilidade. Isto é equivalente a dizer que definir buffers à volta de arcos cicláveis é insuficiente para a dita análise. Assim, enquanto o conceito de ciclabilidade é tomado aqui como referente a cada dos arcos, o conceito de permeabilidade diz mais respeito a zonas da rede. Por outro lado, uma zona permeável, para além de ter de permitir viagens longas sobre uma parte significativa da área sob estudo, deverá também permitir viagens em ambos os sentidos entre pares de pontos. No caso de uma cidade declivosa, em geral isso só será possível recorrendo a dispositivos de auxílio (p.ex. elevadores, funiculares, escadas/rampas rolantes). Tal leva naturalmente à questão de onde localizar tais dispositivos, por forma a minimizar o seu número, bem como a sua extensão. No entanto, a permeabilidade tem subjacente aquilo que se entende por arco ciclável. Por exemplo, se para a ciclabilidade se considerarem somente Os arcos completamente cicláveis, teremos um certo conjunto de zonas de permeabilidade; se se considerar por ciclável um arco em que (I_{up}, s_{up}) respeita a Tabela 1, e $s_{down} \leq 11\%$, poderemos ter outras zonas de permeabilidade.

3. LOCALIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE AUXÍLIO

A metodologia consiste em vários passos.

No primeiro, é feita uma análise ao relevo, com vista a identificar um conjunto de pontos representativos da zona em estudo. Estes pontos estão normalmente localizados em zonas de planalto ou crista, mas também nas zonas baixas (designamos este pontos por ‘pontos de planalto’). O conjunto escolhido para o caso de estudo está representado na Figura 2 abaixo. O local mais alto da cidade, bem com o mais baixo, devem estar neste conjunto, ou perto de um ponto do mesmo.

No segundo passo, a rede é configurada (no contexto do Network Analyst) tal que todos os arcos não estritamente cicláveis fiquem, pelo uso de uma “restriction”, “Prohibited” em ambos os sentidos (recorde-se que arcos estritamente cicláveis têm $(I_{up}, s_{up}) \leq 5\%$). Vedaram-se também alguns arcos impróprios para a bicicleta (algumas pontes e vias rápidas).

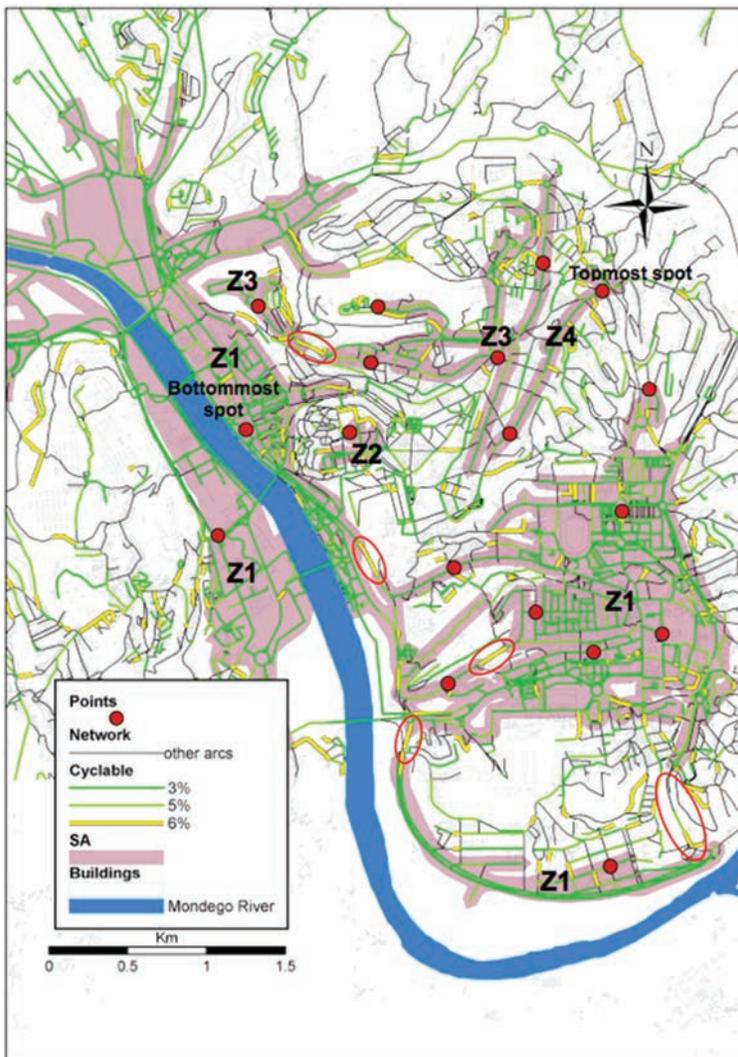


Figura 2 - Área de serviço aos pontos de planalto - desconexões

No terceiro passo a área de serviço (AS) relativa ao conjunto de pontos de planalto é obtida. Considerou-se para o efeito um “Default Break” grande (infinito em teoria, na prática quilómetros q.b.), o que leva a AS a estender-se até nodos da rede onde encontre arcos restritos. Para efeitos de visualização, usou-se um buffer (“Trim Polygons”) de 50 m, valor de compromisso entre a visibilidade gráfica e a visualização de desconexões entre sub-AS geradas (sombreados na Figura 2), e

que permite também uma determinação aproximada das populações envolvidas. A AS está representada na Figura 2.

Juntamente com as áreas de serviço, a Figura 2 indica também, a amarelo, arcos com $5\% \leq (s_{up}, s_{down}) \leq 6\%$ e $(l_{up}, l_{down}) \leq 240$ m. A relevância destes arcos para a conexão entre zonas torna alguns deles potenciais candidatos para melhorias infraestruturais, com especial destaque para os quatro caminhos indicados por círculos a vermelho na Figura 2. Estes caminhos, que respeitam a Tabela 1, são essenciais para ligar algumas zonas e não formam cadeias.

Dado que os locais mais alto e mais baixo da cidade estão na AS obtida, é claro que, a menos de situações de sela/declive excessivo, se fosse possível preencher as desconexões, toda a área de estudo (ou pelo menos grande parte dela) tornar-se-ia permeável. O último passo consiste então numa análise detalhada dos arcos situados nas desconexões.

Inspecionando as AS e caminhos a amarelo, verifica-se que uma parte substancial do Sul da cidade e margem ribeirinha pode ser feita permeável (zona Z1, “Baixa”). Note-se que é irrelevante se a AS é obtida “towards” ou “away” dos pontos, uma vez que os arcos não proibidos são cicláveis em ambos os sentidos.

Encontrar caminhos orientados ligando duas sub-AS pode ser feito da seguinte forma sistemática. Dado que dentro de cada sub-AS todos os arcos são estritamente cicláveis, use-se a opção de routing do Network Analyst e considere-se dois pontos, X e Y, em sub-SA diferentes. Proíba-se arcos com (s_{up}, l_{up}) fora da Tabela 1 e arcos com s_{down} 11%. Defina-se classes de declives, p.ex. 0-5%, 5-6%, 6-8%, 8-11% (ascendente) e $\leq 11\%$ (descendente) e 0%, e encontre-se os trajetos mais curtos entre X e Y, e entre Y e X, usando a função de desutilidade

$$w_1 \sum_j l_j^{(1)} + w_2 \sum_j l_j^{(2)} + \dots + w_N \sum_j l_j^{(N)} \quad (1)$$

onde N é o numero de classes, w_i o peso para componentes da classe i e $\sum_j l_j^{(i)}$ o comprimento dos componentes da classe i . Os pesos w_i funcionam aqui como um filtro, dado que valores mais baixos aumentam

a preferência pelas componentes da classe respetiva. Esta propriedade pode ser usada para encontrar conexões com declives 0-6% ou para tentar evitar o problema da cadeia (atribuindo pesos mais altos às componentes de maior declive). Se este procedimento conseguir encontrar dois caminhos, um em cada sentido, entre as sub-AS, então uma conexão entre estas é estabelecida. Eventualmente toda a zona entre as sub-AS fica conectada, a menos de situações de sela/declives excessivos (o que em geral não é o caso). O procedimento pode ser repetido para outros pontos X e Y das sub-AS em locais onde estas se aproximem uma da outra. Os trajetos assim obtidos podem subsequentemente ser estudados do ponto de vista de engenharia, caso seja necessário intervir, p.ex. para melhorar o pavimento ou colocar dispositivos de auxílio com vista a selecionar uma solução para implementação.

Usando o procedimento acima foi possível encontrar uma conexão para a sub-AS mais a sul (ver Figura 3). Esta sub-AS pode ser acedida por uma conexão ciclável nos dois sentidos a oeste, perto do rio, e por um caminho no lado nascente, este apenas no sentido norte-sul (círculo vermelho mais à direita na Figura 2). Esta última permitiu incluir na zona permeável uma urbanização perto dela.

Não foi, no entanto, possível encontrar quaisquer conexões entre três zonas, Z2, Z3 e Z4 (“Alta”), que se destacam claramente como regiões desconexas. Claramente, não há forma de ligar as quatro zonas cicláveis, dado que não é possível circular em ambos os sentidos sem a ajuda de dispositivos de auxílio.

A área de serviço serve uma população de cerca de 37 000 habitantes, para um total de 60 000 residentes na área de estudo. A maioria destes, 26 000, vivem em Z1, desligados dos 11 000 de Z3 e Z4.

No caso de estudo, a conectividade entre zonas pode ser restabelecida através de três dispositivos (Figura 3, da esquerda para a direita): dispositivo 1: Z1-Z3, dispositivo 2: Z3- Z4, dispositivo 3: Z1-Z4. A zona Z2 tem detalhes próprios e será analisada numa secção dedicada. Dos três dispositivos, apenas o dispositivo 3 é indispensável, visto que leva até ao local mais alto da cidade.

Na escolha das localizações deve ser dada prioridade à transposição de declives tão elevados quanto possível, dado que isso conduz normalmente a dispositivos de menor extensão. Uma forma de o conseguir consiste em alinhar os dispositivos ao longo de arcos existentes, usando a opção routing do Network Analyst e uma técnica semelhante à da secção 2.2 para encontrar caminhos de conexão, desta feita com função desutilidade dada por uma combinação convexa de $1/s_{up}$ e $L = l_{up} + l_{down} + l_0$ (se $s_{up} \approx 0$ atribui-se-lhe um valor artificial). Outra possibilidade é usar (eventualmente construir) um novo caminho, não existente na rede. No caso de estudo usou-se a primeira forma para obter a localização dos dispositivos 2 e 3, e a segunda para o dispositivo 1. Mais dispositivos poderiam ser considerados, se se desejasse encurtar mais as distâncias.

Resolvidas as conexões entre sub-SA, os arcos orientados pertencentes a essas conexões devem ser marcados como cicláveis.

4. RESULTADOS PARA COIMBRA

As secções 2 e 3, ao terem já sido apresentadas no quadro do caso de estudo, contém já parte dos resultados para Coimbra. Nesta secção estendem-se esses resultados no sentido de um eventual circuito de bicicleta para a cidade e analisa-se em detalhe as particularidades da zona Z2 (Pólo I da Universidade).

4.1. Um possível circuito de bicicleta

De acordo com Pucher (1997), é por vezes útil considerar um circuito de bicicleta dentro da área de estudo, ciclável em ambos os sentidos. Desta forma, um ciclista que se queira deslocar entre dois quaisquer pontos da cidade poderia (1) dirigir-se ao circuito, (2) percorrer parte deste, (3) sair dele em direção ao seu destino. Tal circuito deve ser particularmente adequado ao trânsito velocipedico e prolífico em dispositivos de auxílio. Outro aspeto do circuito, aliás já referido, é que deverá dar acesso aos pontos mais alto e mais baixo da cidade. Isto porque, excluindo situações de sela e/ou declives excessivos, todos

os pontos da área de estudo são acessíveis a partir do local mais alto. O local mais baixo é importante porque este é, novamente, a menos de situações de sela/declives excessivos, acessível a partir de todos os pontos e, dado que liga (via circuito) ao local mais alto, conecta assim uma parte significativa dos pontos da área de estudo. É o que acontece no caso de estudo, com pequenas exceções, a mais importante sendo a colina que alberga o Pólo I da Universidade, Património Mundial UNESCO (zona Z2, ver Figura 2).

Os três dispositivos localizados pelo método descrito na secção 3 sugerem um circuito em forma de anel, plenamente ciclável. Esse possível circuito está ilustrado na Figura 3.

A principal característica do circuito é ser ciclável em ambos os sentidos, pelo que a AS do circuito é também a AS de um qualquer dos seus pontos. Essa AS corresponde à zona permeável final da área sob estudo. Note-se no entanto que o problema das cadeias dificulta a obtenção exata dessa AS. Apesar disso, é possível obter uma "zona de permeabilidade mínima", abrindo arcos com $s_{up} \leq 5\%$ e $s_{down} \leq 11\%$ (além dos do circuito e os conectando sub-SA). A AS resultante está na Figura 3, tirada a partir do ponto a vermelho. Abrindo os arcos orientados com (I_{up}, s_{up}) na Tabela 1 e $s_{down} \leq 11\%$ leva a uma "zona de permeabilidade máxima", que curiosamente não difere muito da zona mínima (daí não se apresentar).

Não há muitas alternativas para o circuito nas suas partes norte, sul e este. Já a parte oeste (e noroeste), que cruza o centro da cidade, pode ser alvo de um estudo mais detalhado. Tal estudo cai no entanto fora do âmbito desta comunicação, cujo objetivo é apresentar a metodologia acima. Refira-se que é conveniente dotar o circuito de atributos amigos da bicicleta, tais como faixas adequadas, semaforização, regras de prioridade, boa pavimentação e baixa densidade de cruzamentos (c.f. AASHTO, 1999; CROW, 2007; WANG *et al.*, 2008; AUSTROROADS, 2009; BROACH *et al.*, 2012).

Um estudo populacional revela que cerca de 51 000 habitantes beneficiariam do circuito. Além de conectar os 37 000 habitantes de Z1, Z3 e Z4, o circuito alargaria a permeabilidade ciclável a mais 14 000

habitantes.

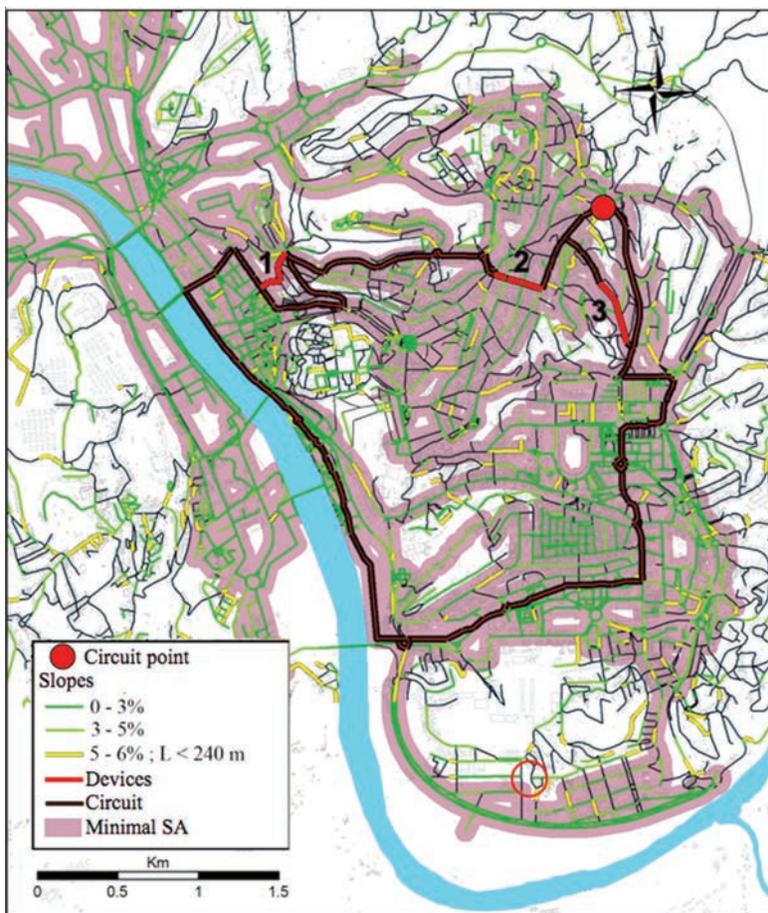


Figura 3 - Circuito ciclável e zona permeável final

4.2. Ligação do Pólo I da Universidade

Como se vê da Figura 2, um ponto de planalto localizado no Pólo I da Universidade gera uma pequena área de serviço, Z2, desconexa do resto da cidade, mesmo com os três dispositivos de auxílio considerados na secção 3. Isto deve-se a uma situação de sela entre o local mais alto da cidade e Z2. Dado que esta zona está fora do circuito da secção 4.1, é interessante estudar a sua conexão sem considerar mais dispositivos.

Uma possibilidade de alcançar Z2 será usando um elevador já exis-

tente, junto ao Mercado Municipal, elevador esse que está na zona de permeabilidade. O resto de Z2 tem caminhos descendentes de $s_{down} \leq 11\%$ e é plenamente ciclável nesse sentido. Ciclistas que se dirijam a Z2 vindos da "Alta" podem usar o elevador ou, em alternativa, um caminho de declive 7.5%, 220 m a sudeste de Z2 (este caminho situa-se no fundo da sela). Apesar deste caminho não obedecer à Tabela 1, pode eventualmente ser considerado como ciclável dado que o Pólo I é um destino procurado principalmente por ciclistas jovens. Ciclistas em trânsito de Z2 para a "Alta" têm de passar por dois arcos: 6%/158 m e 6.8%/116 m. Ambos obedecem à Tabela 1 e não formam uma cadeia, sendo por isso cicláveis em ambos os sentidos. Independentemente da forma de alcançar Z2, é de considerar colocar-se parques de estacionamento de bicicletas junto ao elevador do Mercado Municipal e do caminho de 7.5%/220 m, e assumir que ciclistas percorrem o resto a pé.

Como referido, Z2 é geralmente ciclável em sentido descendente, mas não em sentido ascendente. Elevadores, para além de fechar desconexões entre sub-AS mitigariam esta inconveniência. É de referir a conveniência em que pelo menos e principalmente o dispositivo 3 possa ser usado por peões, dado este ser um excelente atalho entre a parte sudeste da área de estudo e a parte norte, onde se situa o Hospital Universitário, juntamente com outros equipamentos de saúde.

5. CONCLUSÕES

Nesta pesquisa apresenta-se uma metodologia para, com recurso à tecnologia SIG, proceder não só ao estudo da ciclabilidade e da permeabilidade ciclável de uma cidade declivosa mas também, e principalmente, para a localização de dispositivos mecânicos de auxílio ao ciclista, com vista à melhoria da sua permeabilidade ciclável. Esta metodologia é genérica e pode ser aplicada a qualquer cidade, auxiliando assim os decisores a planear a sua cidade para a bicicleta. Por outro lado, permite a identificação de possíveis melhorias, elementos importantes em qualquer estudo a priori de permeabilidade ciclável. A metodologia de localização apresentada constitui, tanto quanto é do nosso conheci-

mento, a primeira abordagem sistemática ao assunto.

Como pesquisa futura, seria interessante definir geradores e atratores de tráfego velocipedico e calcular tempos de viagem entre ambos, com e sem dispositivos de auxílio e/ou circuito. A metodologia pode também ser adaptada a um sem-número de outras situações, tais como velocípedes eletricamente assistidos. Possivelmente para estes velocípedes os dispositivos de auxílio seriam desnecessários, tornando-se interessante comparar ambos os cenários no que respeita a custos económicos e energéticos. Outra possibilidade seria estudar cidades cuja rede viária contenha muitos caminhos com pavimento degradado (independentemente do relevo). Para tal bastaria configurar o SIG de maneira a modelar os arcos correspondentes através de declives artificiais e subsequentemente gerar áreas de serviço. O resultado mostraria então quais os caminhos prioritários para uma intervenção que restabeleça a conectividade.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (FCT) sob a Ref^a “PEst-OE/EEI/UI308/2014”, pelo projeto Energy and Mobility for Sustainable Regions (EMSURE) - Ref^a CENTRO-07-0224-FEDER-002004, e enquadra-se na iniciativa *Energy for Sustainability* da Universidade de Coimbra.

BIBLIOGRAFIA

- AASHTO (1999). AASHTO Guide for the Development of Bicycle Facilities. American Association of State Highway and Transportation Officials, EUA. ISBN 1560511028. Disponível online no endereço url: <http://www.industrializedcyclist.com/aashto.pdf> (acedido em 30 março, 2014).
- AUSTROADS (2009) The Guide to Road Design - Part 6A: Pedestrian and Cyclist Paths. Austroads Publications, N^o AGRD06A-09, 115 p. ISBN 9781921551819.
- BROACH, J *et al.* (2012) - “Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data.” Transportation Research Part A, Vol. 46, 1730- 1740. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2012.07.005>

- BYPAD (2008) Bicycle Policy Audit. Projeto da Comissão Europeia. Disponível online no endereço url: http://www.bypad.org/cms_site.phtml?id=552&sprache=en (acedido em 30 março, 2014).
- CERVERO, R *et al.* (2012) - "Bike-and-Ride: Build It and They Will Come." Working paper. Institute of Transportation Studies, University of California (ed.), Berkley, USA. Disponível online no endereço url: <http://its.berkeley.edu/publications/UCB/2012/VWP/UCB-ITS-VWP-2012-5.pdf> (acedido em 30 março, 2014).
- COMISSÃO EUROPEIA (2000) Cidades para Bicicletas, Cidades de Futuro. Direção-Geral do Ambiente da Comissão Europeia. Disponível online no endereço url: http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling_pt.pdf (acedido em 30 março, 2014).
- CROW (2007). Design manual for bicycle traffic. CROW, The Netherlands, 388 p. ISBN 9789066284944.
- GONÇALVES, G *et al.* (2011) - "Avaliação da qualidade de modelos digitais de terreno obtidos por Lidar em ambiente urbano: um caso de estudo". VII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Lisboa, 5 e 6 de Maio.
- HUISING, E & PEREIRA, L (1998) - "Errors and accuracy estimates of laser data acquired by various laser scanning systems for topographic applications." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 53, Nº 5, 245-261.
- PARKIN, J & KOOREY, G (2012) - "Network planning and infrastructure design." Capítulo 6 em Cycling and Sustainability I. Emerald Group Publishing, 131-160. ISBN 9781780522982.
- PARKIN, J & ROTHERHAM, J (2010) - "Design speeds and acceleration characteristics of bicycle traffic for use in planning, design and appraisal." Transport Policy, Vol. 17, 335-341. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.03.001>
- PARKIN, J *et al.* (2008) - "Estimation of the Determinants of Bicycle Mode Share for the Journey to Work using Census Data." Transportation, Vol. 35, 93-109. <http://EconPapers.repec.org/RePEc:kap:transp:v:35:y:2008:i:1:p:93-109>
- PARKIN, J *et al.* (2007) - "Models of perceived cycling risk and route acceptability." Accident Analysis and Prevention, Vol. 39, 364-371. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.08.007>
- PUCHER, J *et al.* (2011) - "Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies." Transportation Research Part A, Vol. 45, 451-475. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2011.03.001>
- PUCHER, J & BUEHLER, R (2008) - "Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany." Transport Reviews, Vol. 28, Nº 4, 495-528. <http://dx.doi.org/10.1080/01441640701806612>
- PUCHER, J *et al.* (1999) - "Bicycling renaissance in North America?: Recent trends and alternative policies to promote bicycling." Transportation

- Research Part A, Vol. 33, Nº 7-8, 625-654. [http://dx.doi.org/10.1016/S0965-8564\(99\)00010-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0965-8564(99)00010-5)
- PUCHER, J (1997) - "Bicycling Boom in Germany: A Revival Engineered by Public Policy." *Transportation Quarterly*, Vol. 51, Nº 4, 31-46.
- RIETVELD, P & DANIEL, V (2004) - "Determinants of bicycle use: do municipal policies matter?" *Transportation Research Part A*, Vol. 38, 531-550. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2004.05.003>
- SUZUKI, K *et al.* (2012) - "Proposal and Application of a New Method for Bicycle Network Planning." *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 43, 558-570. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.04.129>
- WARDMAN, M *et al.* (2007) - "Factors influencing the propensity to cycle to work." *Transportation Research Part A*, Vol. 41, Nº 4, 339-350. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2006.09.011>
- WANG *et al.* (2008) - "Research on bicycle conversion factors." *Transportation Research Part A*, Vol. 42, 1129-1139. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2008.03.016>
- WOODCOCK *et al.* (2007) - "Energy and transport." *The Lancet*, Vol. 370, Nº 9592, 1078- 1088. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61254-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61254-9)

ARTIGO 47

SISTEMA DE INFORMAÇÃO E APOIO À DECISÃO PARA PROJETOS DE REGENERAÇÃO URBANA BASEADO EM TECNOLOGIA SIG

NATIVIDADE-JESUS, Eduardo^{1,2}; COUTINHO-RODRIGUES, João^{1,3} & SOUSA, Nuno^{1,4}

¹ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra); Rua Antero Quental 199, 3000-033 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 851040/9; Fax: +351 239 824692;

² Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra Instituto Superior de Engenharia de Coimbra; Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora, 3030-199 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 790200; Fax: +351 239 790311; email: ednativi@dec.uc.pt

³ Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra) Departamento de Engenharia Civil - FCTUC; Rua Luís Reis Santos - Pólo II, 3030-788 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 797145; Fax: +351 239 797123; email: coutinho@dec.uc.pt

⁴ Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade Aberta Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra) Delegação de Coimbra da Universidade Aberta; Rua Alexandre Herculano, n.º 52, 3000-019 Coimbra, Portugal; Tel: +351 300 001590; Fax: +351 300 001599; email: nsousa@uab.pt

RESUMO

A Regeneração Urbana (RU) é um problema atual e importante, fundamental para a gestão das cidades, proteção do ambiente e melhoria das condições de vida. Deixou de ser apenas uma área de pesquisa para se tornar parte integrante das novas políticas urbanas e de habitação. A Regeneração Urbana diz respeito não só à reabilitação de múltiplos edifícios, mas também à requalificação das infraestruturas urbanas e de serviços. A regeneração urbana envolve assim decisões complexas, fruto das múltiplas dimensões do problema que incluem, entre outros, critérios técnicos de engenharia, preocupações com a segurança, custos financeiros, socioeconómicos e ambientais, etc. A natureza multidimensional da

regeneração urbana e a dimensão dos investimentos que lhe estão associados justificam o desenvolvimento e utilização das mais recentes tecnologias e metodologias de apoio à decisão, de modo a apoiar e ajudar os agentes de decisão (AD) na obtenção de melhores e mais sustentadas soluções. Apresenta-se um Sistema Web de Apoio à Decisão Espacial (web-SADE), desenvolvido para auxiliar os AD na análise do problema e na definição de estratégias e prioridades de intervenção de RU. Integra um módulo de gestão de base de dados, um Sistema de Informação Geográfica (SIG), uma base de métodos de análise multicritério, e um interface humano-computador adequado. É ainda apresentado um exemplo da aplicação do web-SADE, num contexto real (Projeto de Renovação Urbana da Baixa de Coimbra).

PALAVRAS-CHAVE

Análise multi-critério, Sistemas de apoio à decisão espaciais, Regeneração urbana, Web-SIG.

GIS BASED INFORMATION AND DECISION SUPPORT SYSTEM FOR URBAN REGENERATION PROJECTS

ABSTRACT

Urban Regeneration is an actual and important problem, of fundamental importance for the management of cities, environmental protection, and general improvement of life conditions. It is no longer only an area of study and research; it became part of the new urban and housing politics. It addresses not only the renovation of large numbers of buildings but also the redesign of the urban infrastructures and services. Such efforts involve complex decisions as a consequence of the multiple dimensions of the problem that include special technical engineering requirements, safety concerns, financial costs and socio-economic, environmental, aesthetic, political impacts, among others. This multidimensional nature of urban regeneration projects and their large capital investments justify the development and use of state-of-the-art decision support methodologies to assist Decision Makers (DM). This research introduces a web Spatial Decision Support System (web-SDSS), developed for aiding the DM in the analysis of the problem and in the definition of strategies and priorities of intervention. It integrates a data base management module, a Geographic Information System (GIS), a Multicriteria analysis methods base, and an adequate Human-computer interface - aimed at minimizing the cognitive effort required from users. An example of the application of the web-SDSS to a real-world context (the Renovation Project of Coimbra Downtown) is presented.

KEYWORDS

Multiple criteria analysis, Spatial decision support systems, Urban regeneration, Web-GIS.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O contexto

O consumo de energia e aquecimento global são duas das maiores preocupações económicas e ambientais mundiais, como o demonstra o Protocolo de Kyoto (UNFCCC 1997), ratificado pela União Europeia (UE) em 31 de maio de 2002. Este protocolo refere que o planeamento urbano pode ter um papel importante no esforço para reduzir o consumo de energia, o aquecimento global e assim contribuir para um desenvolvimento sustentável. O protocolo apela a uma adaptação de “[...] tecnologias e métodos para melhoramento do planeamento espacial” para atingir os seus objetivos no que toca à eficiência energética e redução de poluição.

Tal como indicam o Protocolo de Kyoto e a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa ao desempenho energético dos edifícios (UNIÃO EUROPEIA, 2003), recentemente reformulada pela Diretiva 2010/31/CE, de 19 de Maio (UNIÃO EUROPEIA, 2010) a renovação de edifícios existentes (e áreas dos centros urbanos) é um fator crucial para um uso mais eficiente de energia (DING, 2008, CAPUTO *et al.*, 2012).

De facto, o sector dos edifícios representa cerca de 39% do consumo mundial de energia primária e 34% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) (PRICE *et al.*, 2006), não sendo por isso de estranhar que o diretor executivo da Agência Internacional de Energia- AIE, Nobuo Tanaka, afirme que “[...] para um futuro energético sustentável, o sector dos edifícios deve desempenhar um papel fundamental”.

Como se pode observar da análise da Figura 1, na U.E. o sector dos edifícios representava em 2010 41% do consumo final de energia, sendo assim o sector com maior peso, à frente do sector dos transportes (com 32%) e do da indústria com (25%).

Assim, tendo em conta o enorme estoque de edifícios existentes, a sua longevidade e a generalizada ineficiência energética, é na sua reabilitação que a longo prazo reside o maior potencial de redu-

ção do consumo de energia (ZAVADSKAS *et al.*, 2008, COPENHAGEN ECONOMICS, 2012).

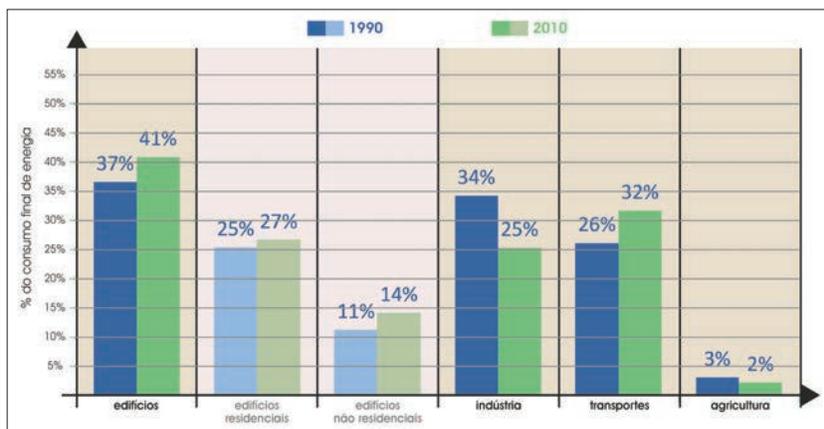


Figura 1 - Consumo final de energia - U.E. por sectores
(adaptado de ENERDATA & ADEME, 2012)

Por comparação com outros países europeus Portugal está atrasado na aplicação do Protocolo de Kyoto ao desenvolvimento urbano. De facto, Portugal tem atualmente 5 859 540 habitações (CENSOS, 2011), das quais 3 062 835 foram construídas depois de 1981 (52% do total habitações). Significa isto que nos últimos 30 anos se construíram em Portugal uma média de 100 000 habitações por ano. Assim, o número atual de habitações é 45% superior ao número de famílias (mais 1,8 milhões de casas do que famílias), o que faz com que Portugal tenha uma das maiores taxas de habitações por família da Europa - 1.4 habitações por agregado familiar. No entanto, uma parte significativa do parque habitacional está envelhecido e/ou degradado - estima-se que 29% dos edifícios residenciais existentes (1 024 937 de edifícios) necessitam de obras de reabilitação e esta percentagem sobe para 43% nos edifícios com mais de 30 anos. Destes últimos, 19% necessitam de pelo menos reparações médias e 8% necessitam de grandes reparações ou estão muito degradados.

Apesar deste cenário a regeneração urbana, e em particular a reabilitação de edifícios existentes, tem em Portugal uma expressão ainda relativamente reduzida face às necessidades reais e quando comparada

com o que acontece na grande maioria dos países da União Europeia.

De facto, o segmento de renovação e manutenção (R & M) de edifícios residenciais representa apenas cerca de 23% do volume total da construção de edifícios em Portugal (fonte: INE, 2010), enquanto que em outros países EuroConstruct¹ o sector da R & M de edifícios de habitação já representa aproximadamente 60% do mercado residencial total (como por exemplo, no Reino Unido, na Bélgica, na Noruega, na Holanda, na Alemanha, na Dinamarca, na França e na Itália) (EUROCONSTRUCT, 2009).

No entanto, nos últimos anos a regeneração urbana tornou-se um tema cada vez mais frequente na agenda pública e política portuguesa (ver BREDA-VÁZQUEZ, 2009), parecendo existir agora uma consciência cada vez maior sobre a importância e importância da regeneração urbana, em especial nas áreas centrais e históricas das nossas cidades, como o comprova uma série de legislação recente. Senão vejamos:

- a) O Decreto-Lei 104/2004 (DIÁRIO DA REPÚBLICA, 2004) veio criar as Sociedades de Reabilitação Urbana, com o intuito de alargar o âmbito das ações de reabilitação das habitações individuais para uma escala de bairro. Estas sociedades têm atribuições e poderes especiais no que toca à expropriação e licenciamento, tornando possível uma intervenção mais eficiente.
- b) O documento das Grandes Opções do Plano para 2005-2009, Lei nº 52/2005 (DIÁRIO DA REPÚBLICA, 2005) designou a regeneração urbana como um dos cinco principais vetores de atuação para esse período, apontando a uma maior qualidade ambiental, melhor ordenamento e gestão, coesão territorial e melhores cidades.
- c) A Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável 2005-2015 (DIÁRIO DA REPÚBLICA, 2007) menciona igualmente a adoção,

¹ O EUROCONSTRUCT, criado em 1975, é uma rede Europeia de 19 Institutos, de 19 países (Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Holanda, Noruega, Portugal, Espanha, Suécia, Suíça, Reino Unido, República Checa, Hungria, Polónia e República Eslovaca), vocacionados para a análise do sector da Construção. Organiza duas conferências por ano nas quais apresenta a evolução recente e perspectivas de evolução da economia europeia e do sector da Construção na Europa, incluindo os seus segmentos (residencial, não residencial e engenharia civil). Portugal está representado através do ITIC - Instituto Técnico para a Indústria da Construção.

até 2010, de uma estratégia para as cidades, na qual se almeja levar a cabo ações de regeneração urbana em pelo menos 80% destas.

d) O quadro legal regulatório do mercado de arrendamento, Leis da República Portuguesa n.ºs 156/2006, 157/2006, 158/2006, 159/2006, 160/2006 e 161/2006, terão provavelmente um impacto significativo no mercado de reabilitação urbana no curto e médio prazo, dado que o valor das rendas subirá como consequência de ações de regeneração nos edifícios.

1.2. Motivação e objetivos principais deste estudo

A regeneração urbana é um problema real, atual e com uma importância cada vez maior (principalmente nos países mais desenvolvidos), revelando-se por isso como um factor crucial nas políticas e medidas de gestão das cidades em todas as suas dimensões - económica, social, cultural, ambiental, etc. (ORUETA, 2007, COPENHAGEN ECONOMICS, 2012).

Simultaneamente decisores políticos, técnicos, especialistas e a população em geral, foram percebendo que os problemas das cidades não se resolviam apenas com intervenções no património edificado e nos espaços e infraestruturas públicas (ANDERSEN & VAN KEMPEN, 2003). Estes problemas são bem mais complexos. De facto, eles requerem a consideração de múltiplas dimensões na análise e nas decisões, são por vezes ambíguos e com grande grau de incerteza, além de envolverem na sua resolução um cada vez maior número de intervenientes (VASCONCELOS *et al.*, 2009).

Os problemas da gestão e desenvolvimento urbano, e em particular os associados à regeneração urbana, envolvem assim múltiplas dimensões uma vez que, para além dos aspectos físicos/estruturais, contemplam também os aspectos económicos, sociais e ambientais - Figura 2.

A RU é cada vez mais encarada como uma operação complexa e multifacetada, caracterizada por uma visão mais alargada da cidade, apelando ao fomento da participação ativa de todos os interessados, com a procura de uma identificação mais nítida de todos os impactos (económico-financeiros, ambientais, sociais, culturais, etc.). É acompanhada ainda

por uma preocupação cada vez mais notória com a sustentabilidade das intervenções.

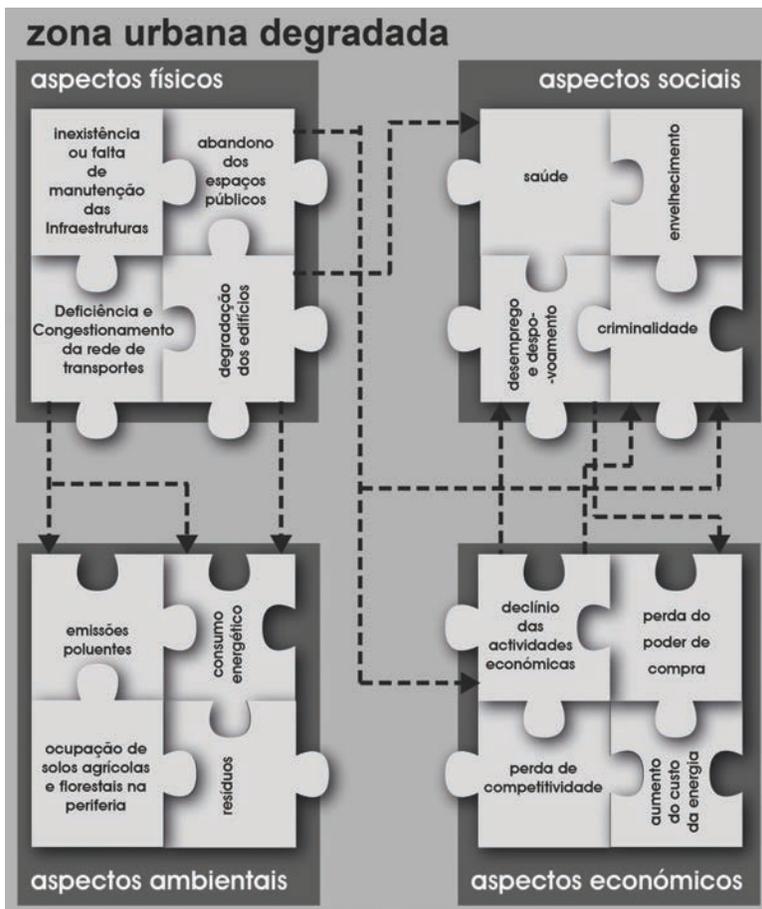


Figura 2 - Múltiplos aspectos de um processo de regeneração urbana

A RU envolve deste modo múltiplos, conflitantes e incomensuráveis aspectos na avaliação do mérito de possíveis alternativas de intervenção, dependendo do contexto do estudo e dos intervenientes (consumidores, promotores, agências governamentais ou municipais, etc.) (KAZMIERCZAK *et al.*, 2009). As magnitudes dos benefícios e dos custos e as relações complexas e contraditórias envolvidas nestes processos vêm enfatizar a necessidade de uma abordagem integrada (BAI *et al.*, 2010) e justificam o desenvolvimento e a utilização de metodologias avançadas de apoio aos

agentes de decisão (NATIVIDADE-JESUS *et al.*, 2007, *et al.*, 2013). Estas têm vindo a ser entendidas (e partilhamos dessa opinião) como instrumentos fundamentais na estruturação e análise deste tipo de problemas, uma vez que, ao permitirem incorporar as diversas nuances e dimensões da avaliação, são mais representativas do contexto real de decisão.

Dada essa diversidade e a complexidade dos fatores que influenciam este tipo de problemas e a natureza espacial e o volume de dados envolvido, os Sistemas de Apoio à Decisão Espaciais (SADE) são uma ferramenta essencial para este tipo de estudos. Os SADE integram a eficiência e rapidez de processamento dos sistemas de informação com modelos formais que lidam com a parte de apoio à decisão.

Nesta comunicação apresentamos um web-SADE (SADE ligado à web) que pode assistir os vários atores envolvidos em ações de regeneração urbana (correspondentes a diferentes perfis de utilizador e resultados esperados) a tomar decisões mais bem fundamentadas. Este web-SADE incorpora não só tecnologia recente e cientificamente validada no apoio à decisão espacial como também *expande* a própria tecnologia. O web-SADE integra:

- a) Um módulo de gestão de bases de dados, que incorpora informação demográfica, económica, de engenharia, arquitetónica e ambiental, entre outras.
- b) Um Sistema de Informação Geográfica (SIG), dada a natureza espacial do sistema urbano subjacente.
- c) Um base de métodos multicritério, consequência da natureza multidimensional dos problemas de planeamento urbano, para fornecer aos decisores e/ou projetistas uma melhor perceção dos aspetos em conflito e natureza das soluções de compromisso.
- d) Tecnologia web/Internet, para lidar com a dispersão espacial dos atores.
- e) Um interface humano-computador, destinado a minimizar o esforço cognitivo exigido aos utilizadores.

Nesta secção apresentou-se a motivação e os objetivos deste estudo, bem como a panorâmica geral do problema. Na secção 2 o web-SADE para regeneração urbana é apresentado e as suas componentes e funcionalidades são descritas, com realce para as potencialidades do uso de técnicas de análise multicritério (em particular aquelas dirigidas à classificação de alternativas em categorias pré-definidas, tais como o ELECTRE TRI) na ajuda à definição de prioridades em intervenções de regeneração. A aplicação a um caso real (Projeto de Renovação Urbana da Baixa de Coimbra) é descrita na secção 3.

2. DESENVOLVIMENTO DE UM WEB-SADE PARA INTERVENÇÕES DE REGENERAÇÃO URBANA

Nos últimos anos assistiu-se a uma mudança de paradigma na natureza do planeamento urbano. Esta mudança está associada a um cada vez maior envolvimento de não-peritos nos processos de planeamento e tomada de decisões (e.g. público em geral, grupos de interesses, comunidades, organizações não-governamentais, etc.) (MALCZEWSKI, 2004).

Para além desta transformação devemos ainda compreender a dimensão temporal, espacial e até mesmo institucional das políticas urbanas, cujos impactos tendem a ultrapassar os limites da própria zona, cidade ou região, mas que, no entanto, são frequentemente esquecidos ou ignorados pelos agentes de decisão (nomeadamente os políticos). Tais impactos tendem também a ficar confinados aos interesses da sua escala temporal, aos limites espaciais da sua área de jurisdição e dentro dos seus (por vezes "limitados") contextos institucionais e organizacionais (BAI *et al.*, 2010).

É por isso urgente uma percepção mais profunda destes impactos e consequentemente uma melhor e mais eficaz integração das políticas de sustentabilidade globais nas intervenções e práticas de gestão urbana, obrigando os intervenientes e decisores locais a transformar significativamente a sua forma "tradicional" de governar, reescalando os seus horizontes temporais e espaciais, interagindo e coordenando ações com outros decisores locais, nacionais e "globais" (BAI *et al.*, 2010). O fomento de uma efetiva participação pública, mais do que uma "moda", é

uma necessidade e um caminho para a obtenção de melhores políticas públicas para potenciar o sucesso e eficácia e para reduzir eventuais conflitos (LANE, 2005).

Dada a diversidade e complexidade dos atributos, suas inter-relações, a natureza espacial e o volume de dados envolvido na regeneração urbana, a integração de tecnologias SIG com tecnologias de gestão de bases de dados e métodos multicritério afigura-se-nos como uma forma promissora de analisar projetos de regeneração urbana. Ao integrar a eficiência e a facilidade de utilização e processamento dos dados e a intuitiva representação geográfica dos dados (maioritariamente geoespaciais) com modelos formais de apoio à decisão, um SADE pode de facto ajudar os vários intervenientes a tomar decisões mais consistentes e fundamentadas nos processos de desenvolvimento urbano e em particular nos que envolvem intervenções de regeneração urbana.

A definição e prossecução destes objectivos estiveram na base do desenvolvimento do SADE cujas principais componentes são apresentadas na Figura 3.

Tendo em conta a heterogeneidade do conjunto de potenciais utilizadores e mesmo a sua eventual distribuição geográfica pareceu-nos ser mais interessante e conveniente a opção por um SADE capaz de funcionar de forma aberta e distribuído no espaço. Como tal, optou-se por desenvolver um sistema que funciona em ambiente Web - constituindo-se assim num Web-SADE.

Outras duas vantagens desta opção (ambiente Web) podem e devem ser destacadas:

- a) O facto de qualquer potencial utilizador do sistema necessitar apenas de um computador com ligação à *Internet*, munido de um *browser* (*Internet Chrome™*, *Safari™*, *Explorer™*, *Firefox™*, etc.);
- b) O facto de permitir uma redução futura dos custos de aquisição e atualização de *hardware* e *software*, uma vez que, ao concentrar as necessidades de processamento do lado do servidor, não obrigar à aquisição (para cada um dos postos de utilização) de computadores com requisitos elevados (processador, memórias, placas gráficas, etc.) e por isso relativamente dispendiosos.

2.1. Arquitetura do web - SADE

O SAD foi orientado para fornecer ajuda à decisão ao nível da avaliação do estado de conservação dos edifícios. Tal como indicado na figura 3, é composto por:

1. Uma base de dados, dotada de um sistema de gestão relacional.
2. Um servidor SIG (*ArcGIS* server).
3. Uma base de métodos para apoio à decisão, incluindo métodos tais como *Simple Additive Weighthing* (CHURCHMAN & ACKOFF 1954, YOON & HWANG, 1995), TOPSIS (MASSAM, 1988, YOON & HWANG, 1995), ELECTRE I e ELECTRE TRI (ROY 1991, SCHÄRLIG, 1996).
4. Um interface web, projetado para ser *user-friendly* e intuitivo.

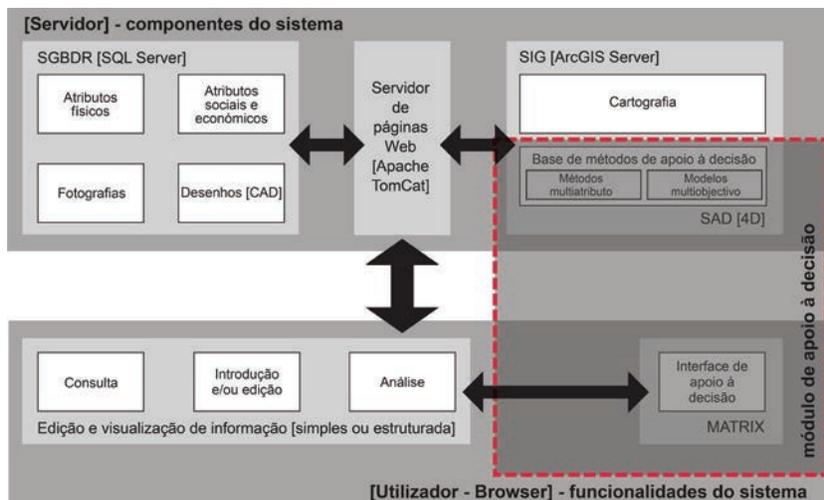


Figura 3 - Arquitetura do web-SADE

O interface permite ao utilizador não só aplicar um dos vários métodos multicritério disponíveis na base de métodos mas também visualizar, modificar, adicionar e analisar (estatisticamente) informação guardada na base de dados. O utilizador pode criar, gravar, modificar ou eliminar atributos e problemas/resultados de análise. Todas estas operações são feitas através do interface web .

2.2. Sistema de gestão da base de dados

Os componentes principais do sistema de gestão da base de dados relacional (SGBDR) são:

Base de dados de atributos que caracterizam a qualidade do edifício, que inclui por exemplo atributos físicos e ambientais, e que pode ser editada pelo utilizador. Os utilizadores têm no entanto perfis de permissões diferentes, criados de forma a garantir a integridade e coerência da informação.

Base de dados de imagens de cada edifício, organizadas em oito classes: telhado, paredes, chão, escadas, cozinha e casas-de-banho, redes de água/esgotos/ eletricidade/gás, vizinhança, outras. Estas imagens podem ser vistas e/ou editadas conforme o perfil do utilizador (figura 4).

Base de dados dos projetos técnicos dos edifícios (CAD, arquitetura), disponíveis para impressão ou descarregamento.

Base de dados de problemas e resultados de análise. Esta base contém descrições de análises feitas por utilizadores, que podem servir como ponto de partida para análises subseqüentes.



Figura 4 - Visualização da base de dados de imagens com um browser de web

2.3. Base de métodos de apoio à decisão

A base de métodos de apoio à decisão foi desenvolvida e progra-

mada em *4th Dimension (4D)* e *4D server* (www.4d.com). O 4D inclui uma linguagem de programação que permite uma integração completa da manipulação de dados com modelos através de interfaces gráficas. Permite também comunicar com a SGBDR (SQL) e com o servidor web SIG (*ArcGIS server*) via controladores (*drivers*) ODBC.

Como mencionado acima, prestou-se especial atenção ao design e desenvolvimento deste web-SADE por forma a oferecer aos utilizadores um ambiente web flexível e simples de usar. Este é no entanto poderoso e tecnicamente robusto, capaz de disponibilizar aos utilizadores ajuda à compreensão das opções em aberto, para que estes possam fazer rever nestas as suas preferências através de análises interativas e experimentação.

Os métodos de apoio à decisão disponíveis nesta componente da base de dados cobrem uma gama de técnicas orientadas para objetivos específicos e coerentes. Estas técnicas (SAW, TOPSIS, ELECTRE) diferem entre si no que toca ao tipo de informação pedida ao decisor e ao tipo de resultado (*output*). Consequentemente, a escolha do método dependerá dos objetivos do decisor. Nos dois parágrafos abaixo é feita uma breve descrição do *modus operandi* destes métodos e seu âmbito de aplicação. Para detalhes, o leitor pode consultar a literatura indicada na secção 2.1.

Os métodos SAW e TOPSIS elaboram uma ordenação completa das várias alternativas. O SAW fá-lo atribuindo pesos aos vários critérios e executando uma soma pesada para todas as alternativas. O TOPSIS ordena as alternativas baseado na distância destas à solução “ideal” (composta pelos melhores valores em cada atributo) e ao “anti-ideal” (*composta pelos piores valores em cada atributo*). A ordenação bem definida das alternativas resultante destes métodos torna-os adequados a problemas de priorização de ações de intervenção, entre outros.

Os métodos ELECTRE foram desenvolvidos para, entre outros, lidar com uma limitação do SAW e TOPSIS, designadamente o facto de um mau valor num critério (possivelmente inaceitável pelo decisor) poder ser compensado por melhores valores em outros critérios. Os métodos da família ELECTRE funcionam de forma a evitar estes mecanismos compensatórios (daí serem designados métodos *não-compensatórios*). Além

disso, os métodos ELECTRE acomodam de forma natural a imprecisão e incerteza dos processos de decisão, no sentido em que um decisor é geralmente insensível a pequenas diferenças nos valores dos critérios. Por último, nos métodos ELECTRE os pesos dos atributos não dependem da natureza das escalas, refletindo apenas a importância relativa entre os diferentes critérios. O ELECTRE I (e suas variantes, Is e Iv) abordam o problema da seleção da melhor alternativa de entre todas elas. O ELECTRE TRI aborda o problema da classificação, no sentido em que se pretende colocar as várias alternativas em classes pré- definidas (pelo AD), de acordo com o tipo de afetação, otimista ou pessimista (também definida pelo AD).

O AD pode interagir com o SAD a qualquer altura do processo de decisão. Numa primeira fase, este pode selecionar ou filtrar edifícios na base de dados, focando-se naqueles cujas características se enquadram nas suas preferências. Os parâmetros técnicos requeridos pelos diversos métodos, tais como pesos ou, nos métodos ELECTRE, limiares de indiferença, preferência ou veto, são definidos livremente pelo utilizador, o qual tem por conseguinte total controle sobre os critérios e factores de análise. O SAD permite também ao decisor efetuar uma análise de sensibilidade à variação de parâmetros, verificando na prática a influência dos limiares (de indiferença/preferência/veto) nos resultados. Esta possibilidade torna os métodos ELECTRE interessantes para a análise do tipo de problemas que aqui se pretende estudar (regeneração urbana), uma vez que permitem capturar a transição gradual do AD de um estado de indiferença para um preferência. Além disso a introdução de limiares (figura 5) permite lidar com as diferentes incertezas inerentes ao problema (p.ex. imprecisões nos dados originais) de uma forma tecnicamente justificada.

Também interessante é o facto de o ELECTRE TRI permitir uma comparação das alternativas, não entre si mas em relação a referências estáveis - as *alternativas de referência* - e ainda, estas *alternativas de referência* poderem ser totalmente parametrizadas pelo AD. Ou seja, é o AD que "cria" as *alternativas de referência* definindo para cada uma delas o seu desempenho em cada um dos atributos.

Por tudo o que se referiu, o ELECTRE TRI parece-nos ser particular-

mente adequado na avaliação do estado de conservação dos edifícios em projetos de regeneração urbana. Este método permite definir os atributos dos *perfis de referência* utilizando quer "alternativas virtuais", quer "alternativas reais" (i.e. edifícios existentes), sendo que os últimos, pelas suas características e de acordo com o seu atual estado de conservação (EC), são para os AD representativos dos limites (inferior ou superior) de uma determinada classe, podendo-se assim afectar em função dessa definição os edifícios a classes do EC.

O Web-SADE, ao incorporar um SIG, permite ainda que os resultados da análise sejam visualizados em mapas virtuais (Figura 6) onde os edifícios sob avaliação aparecem devidamente localizados com uma codificação de cores que representa a respectiva classificação. Esta funcionalidade parece-nos muito útil, uma vez que permite às entidades gestoras, no desenvolvimento das suas ações de planeamento, gerar mapas com o EC dos edifícios que permitem uma visão mais ampla das reais necessidades e que serão muito úteis, por exemplo, na definição das prioridades de intervenção para o conjunto dos edifícios em análise.

3. APLICAÇÃO A UM CASO REAL: REGENERAÇÃO DA BAIXA DE COIMBRA

Coimbra é uma cidade histórica portuguesa, a 4.^a mais populosa de Portugal continental, se excluirmos as cidades de média dimensão que constituem as áreas metropolitanas de Lisboa e Porto. Com 96 mil habitantes (INE, Censos 2011), situa-se no litoral centro do país e possui, há mais de 700 anos, a primeira universidade portuguesa e uma das mais antigas da Europa. Nas últimas duas décadas, consequência da descentralização da habitação e das atividades económicas e comerciais (nomeadamente grandes superfícies), o seu centro histórico - "alta universitária" e "baixa da cidade" (englobando as antigas freguesias de São Bartolomeu, Almedina, Santa Cruz e Sé Nova), que até ao início do XX constituíam o núcleo urbano da cidade - tem vindo a sofrer uma perda populacional significativa, não só para as novas áreas de expansão urbana da cidade, mas também para a zona periurbana e concelhos limítrofes.

A "Baixa" de Coimbra constitui o objecto do nosso caso de estudo.

Abrange uma área de cerca de 15 hectares onde (à data do levantamento dos dados) existiam cerca de 750 edifícios, 1200 fracções residenciais das quais apenas cerca de 60% estavam ocupadas por 840 famílias (quase 2000 habitantes). Existiam também cerca de 1450 fracções não- residenciais, 84% das quais ocupadas (comércio, serviços e organismos do estado).

Para contrariar este cenário, e com o objectivo de preparar um programa de regeneração urbana desta zona, em 28 de Maio de 2003, a Câmara Municipal de Coimbra (CMC) estabeleceu um protocolo com a Universidade de Coimbra/Instituto de Investigação Interdisciplinar (UC/III), cujo principal objectivo foi o desenvolvimento de um estudo Interdisciplinar - envolvendo 4 equipas de investigação da UC (cerca de 40 técnicos/investigadores) - Patologias (Departamento de Engenharia Civil), Arquitetura (Departamento de Arquitetura), Sociologia (Faculdade de Economia) e Sistemas de Apoio à Decisão em Engenharia (Departamento de Engenharia Civil). Esta última equipa foi a responsável pelo desenvolvimento e implementação do web-SADE que aqui se apresenta e que tem com função permitir armazenar, tratar e analisar a informação recolhida pelas outras equipas. Utilizadores credenciados podem aceder ao web-SADE através de um browser de internet (<http://sigurb.dec.uc.pt>).

Apresenta-se aqui, a utilização e aplicação do web-SADE, a um conjunto de 70 edifícios pré-selecionados, cujo principal objetivo é obter uma classificação multidimensional do EC dos edifícios.

Os resultados que virão dessa classificação serão também essenciais para obter outros dados essenciais ao planeamento de uma eventual operação de regeneração, como por exemplo:

- i O esforço de intervenção a efetuar em cada edifício, isto é, o tipo de obras necessárias para colocar o edifício com o nível de qualidade estipulado para a operação de reabilitação;
- ii O montante necessário para executar a reabilitação de cada um dos edifícios;
- iii O retorno financeiro na sequência da intervenção de reabilitação no edifício, que dependerá do potencial de valorização do edifício em função do seu estado inicial e do tipo de intervenção de reabilitação;
- iv As reais necessidades e custos de realojamento dos residentes

para cada um dos edifícios.

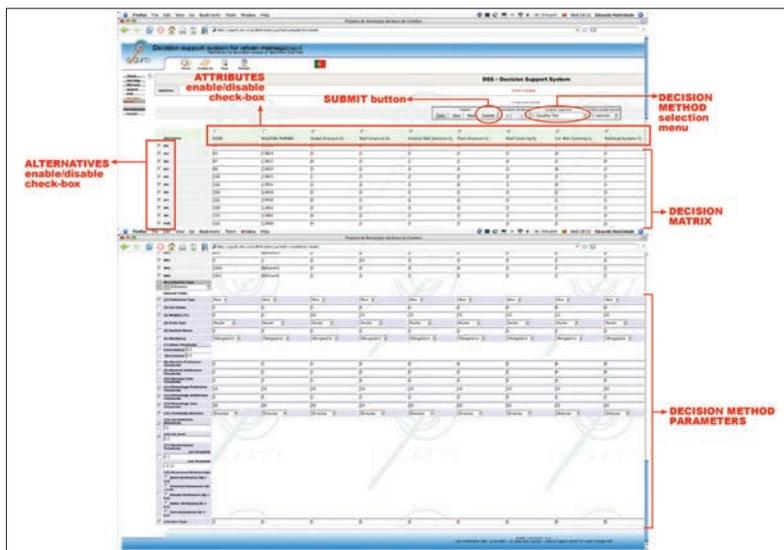


Figura 5 - Matriz de decisão e introdução de pesos e limiares para cada critério (aplicação ao caso real de 70 edifícios na Baixa de Coimbra)

O web-SADE providencia um interface com a matriz de decisão preenchida com os atributos dos edifícios selecionados para análise e subsequente classificação (aqui os edifícios são as alternativas). Os valores de cada atributo de cada edifício são recuperados automaticamente da base de dados relacional. Na parte de baixo da janela encontra-se o conjunto de parâmetros que assistem ao método de apoio à decisão a ser usado e que pode ser manipulado pelo utilizador.

Ao ser selecionado o ELECTRE TRI, o sistema desencadeia a edição dos parâmetros necessários (pesos, limiares) (figura 5). Alguns destes parâmetros podem ser introduzidos tanto em valor absoluto como em percentagem. Os atributos considerados neste estudo multicritério foram os níveis de conservação de: telhados (estrutura e cobertura), paredes exteriores (estrutura e cobertura), chão, redes de água/esgotos/eletricidade/ gás/telecomunicações.

Ao premir o botão “Submeter” na janela da matriz de decisão e parâmetros, os valores dos atributos das alternativas são enviados para os

métodos de apoio à decisão e os módulos de resolução geram os resultados. O ELECTRE TRI devolve um *output* em que as alternativas são classificadas em classes com graduação por cores. A classificação resultante pode ser de imediato representada na componente SIG do web-SADE na correspondente graduação (figura 6) (mais escuro corresponde a mais degradado). Neste caso foram consideradas seis classes, de “novo” a “em ruínas”. A figura evidencia um estado global de alguma degradação, justificando a necessidade de ações de regeneração.

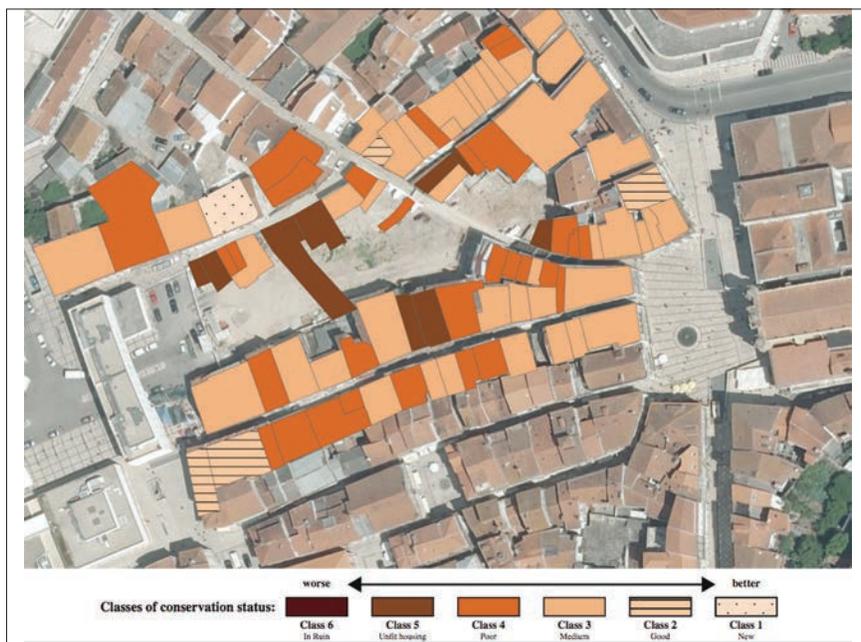


Figura 6 - Afetação dos edifícios a classes de NQC (aplicação ao caso real de edifícios na Baixa de Coimbra)

Como referido acima, o utilizador pode interagir com o SAD em qualquer fase do processo de decisão. Pode por exemplo ativar ou desativar atributos por via da *checkbox* respetiva na janela de edição do interface web, alterar parâmetros (pesos e/ou limiares) e obter novos resultados. *Outputs* sucessivos podem ser obtidos e salvos no sistema, permitindo ao utilizador comparar posteriormente resultados para o mesmo método (com parâmetros diferentes), ou entre os vários métodos. Isto é extremamente útil para a supracitada análise de sensibilidade e facilita o primeiro contacto do utilizador com o interface e com os métodos, reforçando assim

o seu conhecimento e intuição sobre o processo de decisão, o qual estará sempre sobre o seu controle.

4. CONCLUSÃO

A segunda metade do Séc. XX assistiu a um rápido crescimento das zonas urbanas na maioria dos países desenvolvidos. Este crescimento, acoplado à degradação dos centros urbanos, tem importantes consequências socioeconómicas e ambientais.

Para mitigar estas tendências, muitos países estão a tentar renovar e/ou regenerar as suas cidades, em especial os centros históricos destas. No entanto, tais esforços são extremamente complexos e dispendiosos, o que justifica o desenvolvimento e uso da mais recente tecnologia em métodos de apoio à decisão para auxiliar os decisores.

A análise do nível de EC dos edifícios é um passo crucial no estudo deste tipo de problemas. Esta avaliação envolve a determinação sistémica dos fatores que influenciam o EC de um edifício, baseados em princípios claros e usando critérios bem definidos. As múltiplas dimensões do problema evidenciam a necessidade de se aplicar métodos multicritério cientificamente comprovados. Tal aplicação depende da qualidade da informação recolhida mas também das possibilidades de escolha oferecidas ao utilizador. O sistema web-SADE apresentado neste trabalho tem como objetivo oferecer ao AD uma ferramenta flexível e de fácil utilização, baseada em métodos multicritério formais, para o assistir na recolha, armazenamento e estruturação da informação relevante, na análise de histórico e estatística e, sobretudo, para lhe providenciar ajuda à tomada de decisão, permitindo uma comparação racional entre as várias alternativas ou cenários da intervenção de regeneração urbana.

Por último, o presente trabalho apresenta como aplicação do web-SADE um estudo de caso sobre a Baixa da cidade de Coimbra, Portugal. Neste estudo o método multicritério usado, ELECTRE TRI, revelou ser especialmente adequado à classificação e seleção de edifícios. Na verdade, permite definir edifícios de referência, no que respeita ao EC, e classificar todos os outros por comparação com os primeiros.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pela *Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia* (FCT) sob a Ref^a “PEst-OE/ EEI/UI308/2014”, pelo projeto *Energy and Mobility for Sustainable Regions* (EMSURE) - Ref^a CENTRO-07-0224-FEDER-002004, e enquadra-se na iniciativa *Energy for Sustainability* da Universidade de Coimbra.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSEN, H.T. & VAN KEMPEN, R. (2003) - “New trends in urban policies in Europe: evidence from the Netherlands and Denmark.” *Cities*, Vol. 20, N^o 2, 77-86.
- BAI *et al.* (2010) - “Urban policy and governance in a global environment: complex systems, scale mismatches and public participation,” *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 2, N^o 3, 129-135.
- BREDA-VÁZQUEZ, I. (2009) - “Partnership Diversity and Governance Culture: Evidence from Urban Regeneration Policies in Portugal.” *Urban Studies*, Vol. 46, N^o 10, 2213- 2238.
- CAPUTO, S. *et al.* (2012) - “Testing energy efficiency in urban regeneration.” *Proceedings of the ICE - Engineering Sustainability*, Vol. 165, N^o 1, 69-80.
- CHURCHMAN CW & ACKOFF RL (1954) - “An appropriate measure of value.” *Journal of Operations Research Society of America*, Vol. 2, N^o 2, 172-187.
- COPENHAGEN ECONOMICS (2012) - “Renovate Europe - Multiple Benefits of Investing in Energy Efficient Renovations - Impact on Public Finances.”
- DIÁRIO DA REPÚBLICA (2004) Decreto-lei n^o 104/2004. Diário da República - I Série A, n^o 107, de 7 de maio de 2004, 2920-2929. Imprensa Nacional Casa da Moeda, Lisboa, Portugal.
- DIÁRIO DA REPÚBLICA (2005) Decreto-lei n^o 52/2005 - Grandes Opções do Plano 2005- 2009. Diário da República - I Série A, n^o 167, de 31 de agosto de 2005, 5186-5284. Imprensa Nacional Casa da Moeda, Lisboa, Portugal.
- DIÁRIO DA REPÚBLICA (2007) Resolução do Conselho de Ministros n^o 109/2007 - Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável. Diário da República - I Série, n^o 159, de 20 de agosto de 2007, 5404-5478. Imprensa Nacional Casa da Moeda, Lisboa, Portugal.
- DING, G.K. (2008) - “Sustainable construction - The role of environmental assessment tools.” *Journal of Environmental Management*, Vol. 86, 451-464.

- ENERDATA & ADEME - AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE L'ENERGIE (2012) - "Energy Efficiency Trends in Buildings in the EU." Odyssee Database, 67.
- EUROCONSTRUCT (2009) - "Country Report - 68th Euroconstruct Conference," EUROCONSTRUCT, Zurich.
- KAZMIERCZAK, A.E. *et al.* (2009) - "Regeneration of large urban areas: assessment methods." Proceedings of the ICE - Municipal Engineer, Vol. 62, N° 2, 117 -124.
- LANE, M.B. (2005) - "Public Participation in Planning: an intellectual history." Australian Geographer, Vol. 36, N° 3, 283-299.
- MALCZEWSKI, J (2004) - "GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview." Progress in Planning, Vol. 62, N° 1, 3-65.
- MASSAM BH (1988) - "Multi-criteria Decision Making (MCDM) Techniques in Planning." Progress in Planning, Vol. 30, N° 1, 1-84.
- NATIVIDADE-JESUS, E. *et al.* (2007) - "A multicriteria decision support system for housing evaluation." Decision Support Systems, Vol. 43, 779-790.
- NATIVIDADE-JESUS, E. *et al.* (2013) - "Housing Evaluation in Urban Renovation using web - based Multicriteria SDSS.", Municipal Engineer, Vol, 166, N° 3, 194 -207.
- ORUETA, F.D. (2007) - "Madrid: Urban regeneration projects and social mobilization." Cities, Vol. 24, N° 3, 183-193.
- PRICE, L. *et al.* (2006) - "Sectoral Trends in Global Energy Use and GHG Emissions." Lawrence Berkeley National Laboratory.
- ROY, B (1991) - "The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods." Theory and Decision, Vol. 31, 49-73.
- SCHÄRLIG, A (1996) - Pratiquer Electre et Prométhée - Un Complément à Décider sur Plusieurs Critères. Collection Diriger L'Entreprise, Vol. 11, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausana, Suíça.
- UNFCCC (1997) - Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto, Japan. Disponível online no endereço url: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html> (acedido em 30 março, 2014).
- UNIÃO EUROPEIA (2003) - Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Disponível online no endereço url: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0065:PT:PDF> (acedido em 30 março, 2014).
- UNIÃO EUROPEIA (2003) - Diretiva 2010/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Disponível online no endereço url: (acedido em 30 março, 2014). <http://>

eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:PT:PDF

VASCONCELOS, L. *et al.* (2009) - Governância e participação na gestão territorial. Lisboa: Série Política de Cidades, 2009.

YOON, KP & HWANG, CL (1995) - Multiple Attribute Decision-Making: An Introduction. Sage University papers, Series on Quantitative Applications in the Social Science, 7- 104, 73 p.

ZAVADSKAS, E. *et al.* (2008) - “The selection of effective retrofit scenarios for panel houses in urban neighbourhoods based on expected energy savings and increase in market value: The Vilnius case.” Energy Buildings, Vol. 40, N° 4, 573-587.

ARTIGO 48

ALGUMAS TÉCNICAS EM AMBIENTE SIG ÚTEIS À OBTENÇÃO DE ÁREAS DE SERVIÇO DE CONJUNTOS DE PONTOS

TRALHAO, Lino¹; COUTINHO-RODRIGUES, João²; SOUSA, Nuno³

¹ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra); Rua Antero Quental 199, 3000-033 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 851040/9; Fax: +351 239 824692; email: linotralhao@netcabo.pt

² Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra); Departamento de Engenharia Civil - FCTUC; Rua Luís Reis Santos - Pólo II, 3030-788 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 797145; Fax: +351 239 797123; email: coutinho@dec.uc.pt

³ Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade Aberta; Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Coimbra); Delegação de Coimbra da Universidade Aberta; Rua Alexandre Herculano, n.º 52, 3000-019 Coimbra, Portugal; Tel: +351 300 001590; Fax: +351 300 001599; email: nsousa@uab.pt

RESUMO

Em estudos de acessibilidade, e não só, são muito úteis um tipo de estruturas que se podem obter a partir de uma rede, eventualmente multi-modal e parametrizável: as chamadas “áreas de serviço”, as quais são constituídas por polígonos, cada qual correspondente a uma zona situada entre um certo intervalo de custo, relativamente a uma certa “*feature*” (ponto, multiponto, etc.). Pretende-se neste estudo obter, a partir de áreas de serviço relativas a um universo de *features*, áreas de serviço relativas a subconjuntos dessas *features*. Estas técnicas envolvem manipulações relativamente complexas de polígonos e podem ser generalizadas para conjuntos de conjuntos e assim sucessivamente. Convém notar que nem sempre se dispõe da rede, podendo dispôr-se das referidas estruturas; eventualmente, no caso de áreas de serviço, sob a forma de imagens (raster) a serem convertidas para formato vectorial.

PALAVRAS-CHAVE

Acessibilidade a conjuntos de pontos, Sistemas de informação geográfica, ArcGIS, Áreas de serviço.

SOME GIS ENVIRONMENT TECHNIQUES USEFUL FOR OBTAINING SERVICE AREAS OF SETS OF POINTS

ABSTRACT

In studies of accessibility, but not only, it is useful to consider, among others, a type of structures that can be obtained from a network, eventually multimodal and parameterizable: the so-called “service areas”, which are made out of polygons, each corresponding to a zone between a certain impedance interval, with respect to a certain *feature* (point, multipoint, etc.). This study aims at obtaining, from service areas relative to a universe of *features*, service areas relative to subsets of those *features*. These techniques deal with relatively complex polygon manipulations and can be generalized for sets of sets, and so forth. It is worth noting that the network may not always be available, although the aforementioned structures usually are; eventually, for service areas, under the form of (raster) images, to be converted into vector format.

KEYWORDS

Accessibility to sets of points, Geographical information systems, ArcGIS, Service areas.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de acessibilidade, aqui visto como respeitante aos benefícios para a população de aceder a certos locais, também ditos oportunidades, usando um determinado sistema de transporte (DE MONTIS & REGIANNI, 2012), tem sido frequentemente usado em estudos científicos e joga um papel reconhecidamente importante na definição das políticas públicas (GEURS & VAN WEE, 2004; BOCAREJO *et al.*, 2012). Tratando-se de um conceito muito abrangente, este conceito é naturalmente dado a diferentes abordagens, o que de facto se verifica na literatura. Do ponto de vista clássico, a acessibilidade foi definida como “o potencial de oportunidades de interação” (HANSEN, 1959), “a facilidade com que qualquer atividade localizada pode ser alcançada a partir de outras localizações, usando um determinado sistema de transporte” (DALVI & MARTIN, 1976) ou

“os benefícios oferecidos por um sistema de ordenamento de território/ transportes” (BEN- AKIVA & LERMAN, 1979). Outras abordagens foram usadas por diferentes autores (e.g. GEURS & VAN ECK, 2001; LITMAN, 2003; HALDEN *et al.*, 2005). Recentemente tem havido um recrudescer do interesse em análises de acessibilidade e estudos afins (DE MONTIS & REGIANNI, 2012), continuando tais análises a ser centrais na pesquisa sobre assuntos regionais e urbanos (PÁEZ *et al.*, 2012). Como reconhecido por IACONO *et al.* (2010), o melhoramento da acessibilidade, vista como a facilidade em alcançar os destinos procurados, dada uma gama de oportunidades disponíveis e impedâncias (“custos”, e.g. tempo, comprimento do caminho mais curto, etc.) associadas aos recursos usados na deslocação entre origens e destinos, emergiu recentemente como um dos objetivos centrais aos decisores ligados ao planeamento urbano.

Neste cenário, os Sistemas de informação geográfica (SIG) (GEERTMAN & VAN ECK, 1995; LONGLEY *et al.*, 2011; HEYWOOD *et al.*, 2011; MAVOA *et al.*, 2012) aparecem como uma ferramenta natural para executar a tarefa. O SIG permite guardar e representar informação georreferenciada de natureza espacial. Permite também analisar, manipular e operar sobre essa informação. Os ambientes SIG dispõem de “ferramentas” (“tools”) para algumas destas operações, mas é frequentemente necessário estender-se as funcionalidades do SIG desenvolvendo ferramentas analíticas adicionais, destinadas a lidar com problemas específicos. A tecnologia SIG tornou-se assim essencial a estudos de acessibilidade, sendo frequentemente útil no planeamento e gestão da cidade e do território.

É neste contexto que se pretende apresentar algumas técnicas úteis ao estudo da acessibilidade a equipamentos cuja representação em termos de múltiplos pontos pode ser de conveniência. P.ex. se um equipamento tiver dimensões suficientemente grandes, a sua representação por um só ponto pode ser grosseira quando a separação espacial (medida como distância, tempo de viagem ou qualquer outra variável de impedância espacial - ver p.ex. POOLER, 1995) ao ponto representativo mais próximo pode ser considerada ao invés.

Na secção 2 deste trabalho (motivação), apresenta-se o tema do trabalho, na secção 3, duas técnicas para obtenção de áreas de serviço (SA) de conjuntos de pontos representativos, e também uma técnica

para a obtenção de um indicador de acessibilidade. Como exemplo de aplicação destas técnicas, é apresentado, na secção 4, um caso de estudo envolvendo as paragens de 14 linhas de autocarro na cidade de Coimbra, Portugal. Na secção 5 são tecidas algumas considerações de conclusão sobre o trabalho.

2. MOTIVAÇÃO

Antes de mais convém notar que este trabalho foi realizado no contexto do ambiente ArcGIS Desktop 10.1. Aqui se considera a impedância a (ou de) um equipamento representado por um conjunto de pontos, como a menor das impedâncias a (ou de) esses pontos. Dado que se lida neste trabalho com áreas de serviço (ESRI, 2007), estas, quando relativas a um conjunto de pontos assentam na “menor impedância” acima referida.

É sabido que, no contexto da extensão *Network Analyst* (NA), pode obter-se áreas de serviço relativas a estruturas de tipo multiponto. No entanto, estas são obtidas relativamente a um dos elementos do multiponto. O NA permite, contudo, obter áreas de serviço relativas a um conjunto de pontos (aqui designados por conjuntos multiponto). Porém, se se tiver um universo de pontos e se quiser áreas de serviço relativas a uma classe de subconjuntos desse universo, essa obtenção terá de ser feita introduzindo, um a um, e correndo o NA para cada desses subconjuntos o que, tendo em conta o facto de em geral tais corridas serem demoradas, pode tornar o processo muito demorado e também bastante maçador (excepto usando um script ou o *Model Builder*). Além disso, usar esta funcionalidade requer ter-se uma rede onde a supra-citada extensão do ArcGIS irá operar e, mais ainda, tê-la programado com parâmetros adequados, nem sempre conhecidos.

Acontece que nem sempre se dispõe ou da rede ou da possibilidade de a usar convenientemente, p.ex. por não se dispor do próprio NA ou porque a programação/configuração do NA, por muito complexa ou envolvendo certos parâmetros, estará disponível noutra local/entidade. É pois conveniente solicitar a essa entidade áreas de serviço relativas aos vários pontos desse universo e, localmente, e por manipulação desses polígonos, obter SA para subconjuntos desse universo, considerando

inclusivamente diferentes partições deste.

Mas mesmo dispondo-se da rede e do NA devidamente programado/configurado, a obtenção de SA para conjuntos de pontos pode não ser possível, ou, pelo menos, ser muito complexa de obter. É o que acontece, por exemplo quando se trata de uma rede multimodal e pretende-se estudar como se encontram situadas uma ou mais zonas de uma cidade, considerando **simultaneamente**, SA agregadas relativamente a diferentes modos de transporte.

Mais ainda, pode de todo não existir rede, pelo que o NA nem sequer chega a ser útil. Neste caso os polígonos relativos a SA são obtidos por outras vias, eventualmente em formato *raster* (a serem convertidos em formato vetorial) ou mesmo já em formato vetorial. Muitos serão os exemplos que poderão ser fornecidos desde zonas de influência de bases navais ou aéreas, até SA demarcadas no terreno, tendo em conta as suas irregularidades. Seja, por exemplo, uma zona florestal com várias entradas possíveis, e, para cada entrada e para cada tipo de veículo, as zonas de penetração desses veículos, correspondentes a diferentes intervalos de tempo; pretende-se determinar qual ou quais as combinações (subconjuntos) de entradas a serem utilizadas num incêndio.

Um outro problema relacionado com áreas de serviço reside em que não raramente se trata de polígonos definidos por muitos vértices, frequentemente da ordem dos milhões. Assim, a sua obtenção usando NA pode originar “*crashes*” computacionais, em geral resultantes de problemas de memória. Uma forma de torneir esta dificuldade consiste em usar-se uma quadrícula (“*mesh*”). Por métodos que aqui se omitem (mas que o algoritmo C sugere) e com precisão relacionada com o lado das células da *mesh*, podem obter-se áreas de serviço a partir de matrizes origem-destino (OD) em que as origens (destinos) são os pontos de , e os destinos (origens) os centróides das células da *mesh*. É sabido que as heurísticas usadas pelo NA na obtenção das impedâncias elementos das matrizes OD são relativamente mais “ligeiras” do que as relativas a áreas de serviço, logo menos propensas a problemas de memória. No entanto, o uso de matrizes OD no *Network Analyst* não permite o tipo de estudo que as áreas de serviço permitem, porque o que acontece é que cada elemento de uma matriz OD relativa a objectos do tipo multiponto

contêm a impedância a um dos pontos da lista em que internamente o multiponto é representado, e não a impedância ao ponto “mais próximo” de cada multiponto.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Vai pois partir-se do princípio de que se dispõe de uma “*pool*” de áreas de serviço relativas a pontos de um certo conjunto, . Dessa *pool* pode, usando algoritmos que aqui se apresentam, obter-se áreas de serviço relativas a subconjuntos de , aqui designados por “conjuntos multiponto”. Assim, pode obter-se conjuntos de áreas de serviço, para diferentes configurações desses subconjuntos, sem necessidade de recurso sistemático ao *Network Analyst*. De notar que essa *pool* pode ser obtida a partir de imagens (*raster*) e depois, por algum dos modos possíveis, convertida ao formato vectorial.

Antes de prosseguir para a apresentação das técnicas, convém esclarecer alguns conceitos. Neste trabalho o conceito de “*feature class*” (FC) (BUTLER, 2008) é usado no sentido de um conjunto de “*features*”, todas elas com o mesmo tipo de geometria e no mesmo sistema de geo-referenciação. Este é um sentido um pouco mais lato do que o do ArcGIS (ESRI, 2014), incluindo conceitos como p.ex. *shapefile*, “*feature layer*”, “*feature set*”. Apesar de algumas ferramentas requererem um tipo específico de dados de entrada, no geral não é esse o caso, além de que há métodos adequados para a conversão entre tipos de dados. Por outro lado, cada FC tem associada uma tabela (no sentido da Teoria das Bases de dados - um SIG engloba como sua peça chave uma ou mais Base de Dados onde todos os seus objectos se encontram codificados) onde um conjunto de atributos (“*fields*” ou campos) pertinentes aos seus objectos (*features*) são especificados, bem como os valores que cada *feature* possui em cada atributo. Cada coluna da tabela corresponde a um atributo, cada linha corresponde a uma *feature*, encontrando-se nessa linha os valores desse objecto nos vários atributos. Temos pois uma quarta característica de uma FC - os seus objectos estão associados a um conjunto comum de atributos. Ao conjunto de atributos de uma tabela chamamos “*schema*”. Alguns desses atributos são criados pelo próprio ambiente, outros são da

responsabilidade do utilizador o qual dispõe de ferramentas para criar ou eliminar atributos deste segundo tipo.

Outro conceito pertinente é o de junção (Join) que aqui se representa por J_m^t , onde os significados de t e m serão esclarecidos no seguimento. Existem fundamentalmente dois tipos de junções: as de atributo ($t = a$) e as espaciais ($t = s$).

As junções de atributo dizem respeito essencialmente às tabelas associadas às FC operandas e correspondem às operações, com o mesmo nome, da álgebra relacional da Teoria das Bases de Dados. Na junção $x_1 J_m^a x_2$, em que x_1 e x_2 são FC (operandos) e m um campo (ou tuplo de campos) chave (aqui designado por “chave estrangeira”), as *features* do resultado são, tal como acontece na junção espacial, as *features* de x_1 (1º operando); porém a tabela tem por schema a união dos schemas dos operandos, vindo primeiro (colunas da esquerda) os atributos de x_1 e a seguir os de x_2 . Tratando-se de assunto bem conhecido da Álgebra Relacional - Teoria das Bases de Dados relacionais - não será aqui mais desenvolvido. Porém convém referir que o *ArcGis* somente respeita o especificado na Álgebra Relacional para relações do tipo m:1. Para relações m:n, e para cada valor da chave estrangeira escolhe somente a 1ª linha do 2º operando que satisfaz a junção, não procedendo a qualquer replicação de linhas/*features* do 1º operando. Assim, estas junções podem ser “desfeitas”, ficando o 1º operando com a sua tabela “separada” da do 2º. Como o *ArcGis* só permite um campo como chave estrangeira, para junções em que esta constitui um tuplo de campos deve criar-se um campo auxiliar que agregue os valores relativos ao tuplo. P.ex. numa junção (multi-atributo) $m = (keyG, keyQM)$, cria-se em ambas as tabelas dos operandos um campo de tipo string, $keyG_keyQM$, preenchendo-o (*Calculate Field*) usando a expressão $[keyG] \& _ \& [keyQM]$ (caso se use VBA); este campo será a chave estrangeira da junção.

Na junção espacial ($t = s$) (ferramenta *Spatial Join*) não estão em causa quaisquer valores de atributos mas relações de tipo geométrico entre as *features* dos operandos (relações tipo “*within*”, “*inside*”, etc.). Por exemplo na junção $x_1 J_{WITHIN}^s x_2$, *features* de x_1 continuam a estar presentes no resultado; existe também o prolongamento da tabela de x_1 referido acima, só que o prolongamento da linha da tabela relativa a uma *feature* de

x_1 acontece se essa *feature* estiver dentro de uma *feature* de x_2 , sendo prolongada pelos valores nos atributos desta *feature* de x_2 . Aqui pode haver replicação de *features* de x_1 ; é o que acontece quando a relação geométrica em causa é verdadeira para mais do que uma *features* de x_2 (e, além disso, é escolhida uma opção, “*join_one_to_many*”). O resultado é colocado numa 3ª FC. Em anexo apresentam-se as ações executadas por ferramentas relevantes aos algoritmos apresentados.

Dada a sua complexidade, serão aqui explicitadas mais detalhadamente três ferramentas. A 1ª é a ferramenta *Union*, aqui representada pelo símbolo *U*. Para mostrar a sua acção vamos recorrer à Fig 1. Tal como em outras figuras, as “*features*” aparecem desniveladas e em perspectiva somente para melhor explicitação. De facto todas encontram-se no mesmo plano. Usa-se a expressão “em perspectiva”, quando tal desnivelamento é dado.

A figura 1 apresenta, do lado esquerdo, duas FC de polígonos: a FC *galaxies* e a FC *MasterDiss100*. As *features* aparecem separadas em perspectiva. Dando transparência às *features* de modo a só se ver as respectivas fronteiras, temos, do lado esquerdo da figura 1, o mesmo conjunto de *features* visto de cima. Aqui se pode ver que, dado situarem-se no mesmo plano, as *features* das duas FC se retalham reciprocamente de modo a termos um conjunto de “pedaços” (divisões). A ferramenta *Union* tem por resultado uma FC constituída por essas divisões. O *schema* do resultado é essencialmente a união dos *schemas* dos operandos (até ao sistema 9); a partir do sistema 10 existe uma opção relativa ao *schema*, a opção que mais interessa aqui é “*No FiD*”, que corresponde à referida união de “*schemas*”. Vamos supor que é criado, em cada das FC um campo que tem por função constituir uma chave candidata (um chave candidata é um campo cujos valores se distribuem sem ambiguidade pelas *features* de uma FC ou pelas linhas de uma tabela, podendo assim identificá-las univocamente). Chamemos a esse campo *keyG* e *GNr*, respectivamente na FC *galaxies* e na FC *MasterDiss100* (vide figura 1). Cada divisão sobrepõe-se a uma ou mais *features* das FC operandas. Ora, no resultado vão aparecer os campos *keyG* e *GNr*.

Os valores atribuídos a esses campos indicam a *feature* de *galaxies* e a *feature* de *MasterDiss100* a que a divisão se sobrepõe. Se uma divisão se

sobrepuer a mais do que duas *features* do mesmo operando, então essa divisão na realidade corresponde a vários polígonos iguais e sobrepostos, ou seja, o respectivo polígono encontra-se replicado. Assim (vide figura 2), uma divisão que se sobreponha às *features* 1 e 2 de *galaxies* e às *features* 2 e 3 de *MasterDiss100*, corresponde no resultado a 4 polígonos iguais e sobrepostos: $(keyG, GNr) = (1,2), (1,3), (2,2), (2,3)$. Se uma divisão se sobrepuer somente a *features* de um dos operandos, surgirá no resultado tantas vezes quantas essas *features*, mas com valor 0 (ou Null) na chave correspondente ao outro operando. P.ex. uma divisão que se sobreponha às *features* 1 e 3 de *galaxies* mas a nenhuma de *MasterDiss100*, terá duas réplicas: $(keyG, GNr) = (1,0), (3,0)$. Isto significa que podemos encarar essas “sobreposições” como “proveniências”, pelo que do resultado de uma *Union* se podem reconstruir os operandos através do uso da ferramenta *Dissolve* sobre a chave respeitante a esse operando. Na ferramenta *Intersect*, que aqui se representa pelo símbolo \cap , tudo se passa similarmente à *Union*, mas com uma diferença: somente surgem (replicadas ou não) as divisões que se sobrepoem a *features* de ambos os operandos, portanto, nos tuplos acima não haverá zeros.

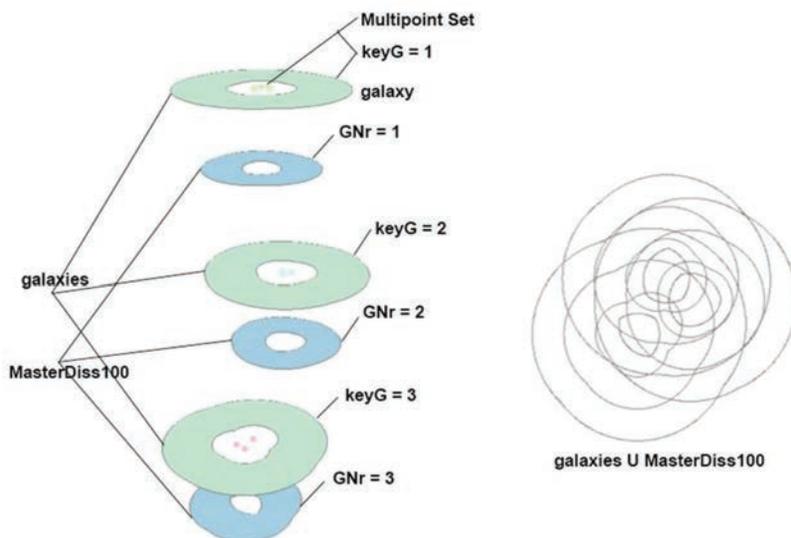


Figura 1 - *Union*

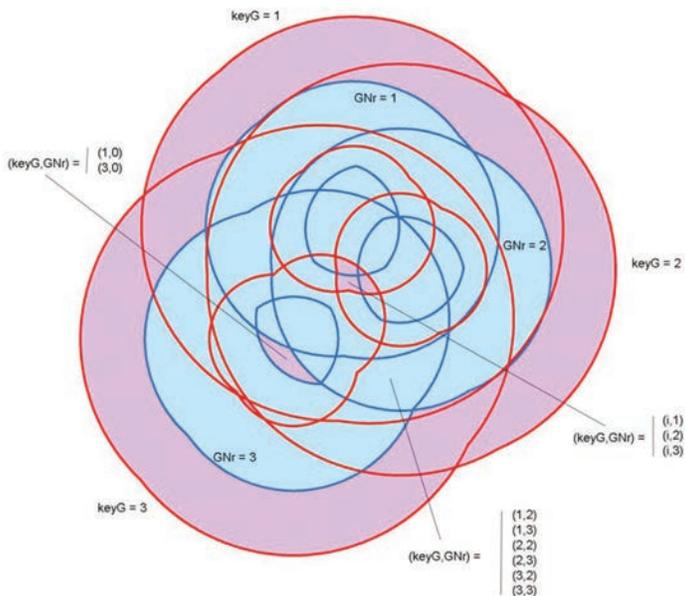


Figura 2 - *Symmetrical Difference e Intersect*

Na ferramenta *Symmetrical Difference*, que aqui se representa pelo símbolo Δ , surgem as divisões da *Union* que não pertencem ao resultado da ferramenta *Intersect*, portanto as divisões que se sobrepõem a *features* de somente um dos operandos. Portanto para todo o par - $(keyG, GNr)$ - um dos componentes é zero. Na figura 2, encontram-se representadas a intersecção e a diferença simétrica. De notar que as *features* da “intersecção” juntamente com as da “diferença simétrica” constituem as *features* da “união”.

Os resultados das três ferramentas acima referidas podem apresentar *features multipart*, i.e. *features* contendo mais do que um elemento geométrico (p. ex. dois polígonos). Na aplicação dos algoritmos abaixo apresentados, tal não constitui problema de maior; porém pode usar-se a ferramenta *Multipart to Singlepart* para decompor essas *features*. É, porém, grave o caso de surgirem divisões com “geometria nula” (polígonos de área nula), ou então polígonos que se auto-intersectam (imagine-se,

p.ex. uma ferradura que é “apertada” de modo à suas pontas se penetrem mutuamente, mas mantendo os respectivos bordos). O *ArcGis* não lida bem com objetos destes tipos que considera como contendo erros de geometria. É pois aconselhável o uso da ferramenta *Repair Geometry* após qualquer daquelas operações a qual elimina os objetos de geometria nula e decompõe os que se auto-intersectam.

Uma outra operação que surge nos algoritmos é a atribuição, representada pelo símbolo \leftarrow . Esta operação pode corresponder a uma sequência de operações se, porventura atribuir o resultado de uma operação (p.ex. \cap) a um dos seus operandos. O *ArcGis* não permite tal, salvo algumas exceções. Deverá primeiro colocar-se o resultado da operação (lado direito da atribuição) numa FC auxiliar e depois copiar esta para o destino final (lado esquerdo). Isto pode envolver ainda mais ações, mas um utilizador minimamente familiarizado com este ambiente saberá como proceder.

3.1. Áreas de serviço a um subconjunto de feautres - algoritmo A

Vamos supor um conjunto P de *features*, as quais, sem perda de generalização, consideramos como sendo pontos. Vamos também supor que temos um conjunto de sequências de k SA, cada qual relativa a um ponto, e que, sem perda de generalização, se trata de áreas de serviço de tipo “ring”, sendo que cada “ring” (ou “anel”) corresponde a um intervalo de impedância (medido na rede, caso esta exista). Temos pois uma sequência $\{I_1, \dots, I_k\}$ de intervalos de impedância adjacentes mas disjuntos. Assim, a cada ponto, j , corresponde uma sequência $\{ring_{I_1}^j, \dots, ring_{I_k}^j\}$ de áreas de serviço. A cada intervalo associamos um número identificador (chave), $keyQM_i$.

Seja *MasterSA* uma FC onde se encontram todas as áreas de serviço correspondentes a todos os pontos de P . Portanto em *MasterSA* estará $Merge(ring_{I_1}^j, \dots, ring_{I_k}^j, \dots, ring_{I_1}^j, \dots, ring_{I_k}^j, \dots)$, referindo a ferramenta *Merge*. Um dos campos da sua tabela associada será o campo $keyQM$. Terá também mais campos: um que identifica o ponto a que cada área de serviço (*ring*) corresponde; dois outros, $minImp(maxIMP)$ que indicam o extremo inferior (superior) do intervalo de impedância correspondente a um *ring*; e eventualmente outros campos com demais informação.

Consideremos agora subconjuntos (conjuntos multiponto) de P , disjuntos entre si, representados por S_{keyG} . O índice $keyG$ identifica (chave) o conjunto multiponto, e corresponde em $MasterSA$ ao campo $keyG$ que indica, para cada SA, qual o conjunto multiponto a que o ponto correspondente a essa SA pertence. Os conjuntos multiponto podem não ser exaustivos: podem corresponder somente a uma parte de P .

Na figura 1 aparecem 9 pontos agrupados em subconjuntos de três. Na figura 3 apresenta-se em perspectiva um desses conjuntos multiponto e áreas de serviço (tomadas como circulares) relativas aos seus pontos.

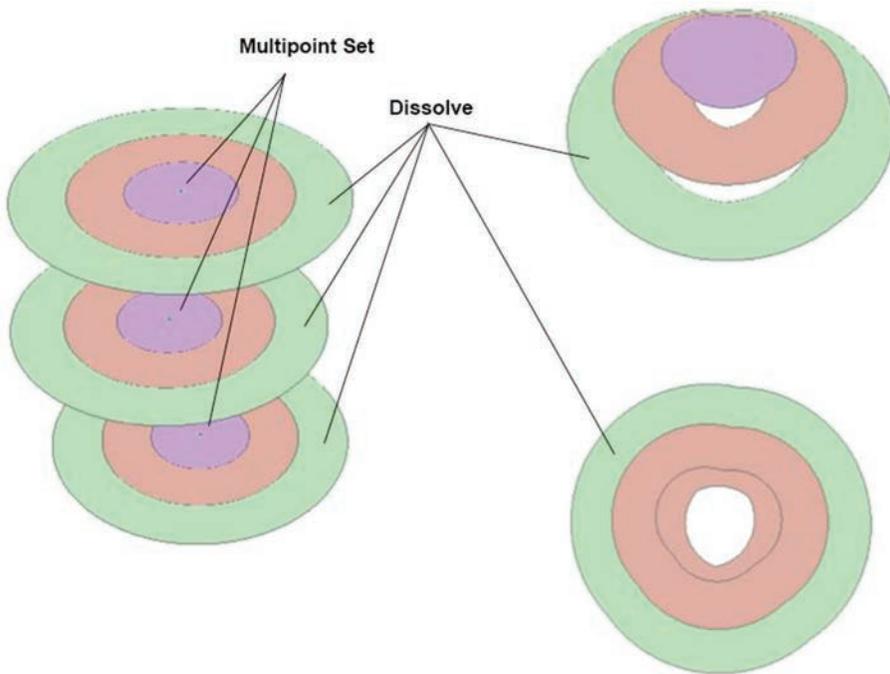


Figura 3 - SA de um subconjunto multiponto

Nesta figura aparece também o resultado da ferramenta *Dissolve* sobre $keyQM$, ou seja as uniões geométricas (“fusões”) das SA referentes ao mesmo intervalo (representadas na mesma cor). Pode verificar-se que os anéis se sobrepõem. Na 3ª parte da figura, agora sem desnivelamentos, mas com a SA referente ao intervalo inferior, transparente mas de modo a ver-se a sua fronteira, tal sobreposição está bem patente. Cada desses

rings corresponde, no algoritmo A, a $ring_{I_i}^{keyG}$ obtido no passo A2.a; no algoritmo B corresponde a um das *features de MasterDiss*.

Posto isto, o algoritmo A permite obter, a partir de *MasterSA*, as áreas de serviço correspondentes aos diferentes multipontos.

Para cada subconjunto multiponto (S_{keyG}):

A1. Determinar, a partir de *MasterSA* e usando a ferramenta *Dissolve*, a união geométrica, *galaxy*, de todas as SA com respeito a todos os pontos de *keyG*; (Nota: a FC *galaxy* é uma FC variável neste algoritmo.)

A2. Para $i = 1$ a $k - 1$:

a. Determinar, a partir de *MasterSA* e usando a ferramenta *Dissolve*, a fusão, $ring_{I_i}^{keyG}$, das SA com respeito aos pontos de *keyG* correspondentes ao intervalo I_i ;

b. Usando a ferramenta *Intersect*, fazer $ring_{I_i}^{keyG} \leftarrow galaxy \cap ring_{I_i}^{keyG}$;

c. Com a ferramenta *Symmetrical Difference*, fazer $galaxy \leftarrow galaxy \Delta ring_{I_i}^{keyG}$;

A3. $ring_{I_k}^{keyG} \leftarrow galaxy$;

Para cada subconjunto multiponto S_{keyG} , as SA são $\{ring_{I_1}^{keyG}, \dots, ring_{I_k}^{keyG}\}$
(ferramentas *Merge* ou *Append*)

Algoritmo A

Todas as SA obtidas, para todos os intervalos de impedância, e para todos os conjuntos multiponto, podem ser colocadas numa FC resultado, *sa*, no fim do ciclo exterior (usando a ferramenta *Merge*), ou por actualizações sucessivas de (ferramenta *Append*) - vide algoritmo B, passos B5 e B7.

Neste algoritmo, tal como nos seguintes, existem ou podem existir passos intermédios; ou seja, cada “instrução” pode corresponder a mais do que uma operação em ambiente SIG. Em geral trata-se da necessidade de lidar com resultados/passos intermédios, de “arranjos” dos esquemas “*Schemas*” (conjunto de campos - “*field map*”) durante/após a execução de um passo, e também da já referida reparação de geometria.

Na figura 4 apresentam-se os passos A2 a, b e c, para $keyG = 1$, $i = 2$.

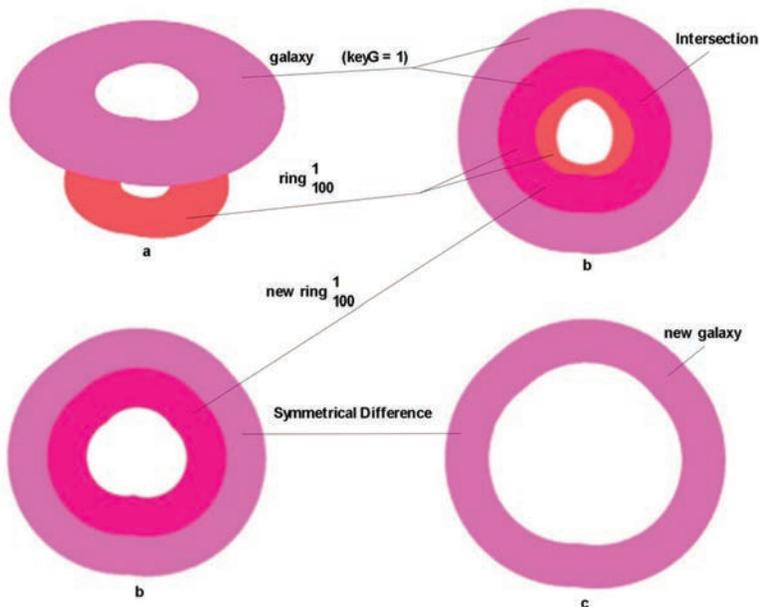


Figura 4 - Passos A2 a, b e c do algoritmo A

3.2. Áreas de serviço de um subconjunto de *features* - algoritmo B

Apresenta-se abaixo um outro algoritmo, **B**, para o mesmo efeito do anterior que, apesar de mais complexo, trata os conjuntos multiponto em simultâneo. No algoritmo B, *galaxies* é uma FC (variável) e *MasterDiss* uma FC em que cada *feature* é a fusão (ferramenta *Dissolve*) das SA das estruturas do estudo, associadas a um subconjunto e a um intervalo de impedância. Inicialmente, uma “*galaxy*” fusão (ferramenta *Dissolve*) de todas as SA correspondentes a um conjunto multiponto e a FC *galaxies* é a coleção dessas fusões. A FC (variável) *rings* corresponde à parte de *MasterDiss* relativa a um intervalo de impedância.

A ideia do algoritmo B é semelhante à do algoritmo A: cada *galaxy* é recortada intervalo a intervalo, removendo-se dela a SA correspondente a esse intervalo (de impedância). Só que isso é feito simultaneamente com todas as “galáxias” e *rings* (relativos a um intervalo de impedância). Temos pois um só ciclo, em vez de dois imbricados.

Seja $I = \{I_1, \dots, I_k\}$ o conjunto de intervalos de impedância, a cada qual corresponde um valor da chave *keyQM*.

- B1. Retirar de *MasterSA* as *features* extrínsecas ao estudo.
 - B2. Usando a ferramenta *Dissolve* sobre *keyQM* e *keyG*, criar a FC *MasterDiss* a partir de *MasterSA*. (Figura 5)
 - B3. De *MasterDiss* criar, usando a ferramenta *Dissolve* sobre o campo *keyG*, a FC *galaxies*. (Figura 5)
 - B4. Na FC *MasterDiss*, dar um novo nome ao campo *keyG*, p.ex. *Gnr* (tal pode ser feito criando o novo campo, copiando para este os valores do anterior e eliminar *keyB*).
 - B5. $sa \leftarrow \emptyset$ (ferramentas *Create Feature Class* e/ou *Delete Features*). Na FC *sa* ficará o resultado deste algoritmo.
 - B6. Para $i = 1, \dots, k - 1$:
 - a. Por seleção, colocar os polígonos de *masterDiss* correspondentes a *keyQM_i* em *rings*.
 - b. $rings \leftarrow rings \cap galaxies$. [1]
 - c. Por seleção, deixar em *rings* apenas os polígonos tais que $Gnr = keyG$. Assim, em *rings* ficam as SA (dos vários conjuntos multiponto) correspondentes ao intervalo I_i . Eliminar de *rings* o campo *keyG* (útil mas não necessário). [2] (Figura 6c)
 - d. $S_1 \leftarrow rings \cup galaxies$. [3] (Figura 6d)
 - e. Por seleção, separar os polígonos de S_1 com $Gnr = 0$ (que são por sua vez colocados numa FC, u_0) dos com $Gnr > 0$ (que se colocam numa FC, u_1). [4] (Figura 6e)
 - f. Usando a ferramenta *Delete Field*, eliminar de u_1 o campo *Gnr*. [5]
 - g. $inside \leftarrow u_1 \overset{s}{J}_{within} rings$ (escolher a opção *join_one_to_many*, e desmarcar a opção *Keep Target Features* – “junção interna”). [6] (Figura 6h)
 - h. Remover de u_1 os polígonos correspondentes a *features* de *inside* tais que $keyG = Gnr$ e colocar os polígonos restantes numa FC, u_2 . [7] (Figura 6h)
 - i. Usando as ferramentas *Append* (ou *Merge*) adicionar à FC *sa* o conjunto de *rings* obtidos no passo B6.c. Simplificar o esquema de *sa* – o campo *keyQM* e um relativo à galáxia (*Gnr* ou, preferivelmente, *keyG*) são obrigatórios.
 - j. Juntar as *features* u_0 e u_2 (ferramentas *Merge* ou *Append*), fundir (ferramenta *Dissolve*) segundo *keyG* e colocar o resultado em *galaxies*.
 - B7. No final da iteração $k - 1$, na FC *galaxies* estarão os polígonos correspondentes ao último “ring”, i.e. os polígonos respeitantes ao intervalo I_k . Esta FC deve ser apenas a *sa* (ferramentas *Merge* ou *Append*), mas de modo a que o campo *Gnr* passe a chamar-se *keyB*, e o campo *keyQM* seja preenchido na FC *galaxies*. (Figura 7)
 - B8. Fazer *Dissolve* (com a opção *Multi_Part* ativada) de *sa* sobre os campos relativos ao intervalo de impedância, *keyQM*, e à galáxia, *keyG*. A FC *sa* contém finalmente todas as áreas de serviço correspondentes a todos os conjuntos multiponto e intervalos de impedância. Para obter as SA de qualquer conjunto multiponto, basta usar o *QueryBuilder* para o selecionar. (Figura 8)
-

Explicação do Algoritmo:

Ao longo do algoritmo deverá proceder-se à eliminação de eventuais campos espúrios e (não necessário) à transformação Multipart Singlepart. São obrigatórios os campos *keyQM* (em *sa* e *rings*), *GNr* (em *rings*) e *keyG* (em *galaxies* e *sa*).

[0] Na figura 5 mostram-se em perspectiva *galaxies* e *MasterDiss* e respectivas tabelas, juntamente com os conjuntos multiponto. As Figs. 1, 2, 5 e 6 ilustram o algoritmo, e a iteração $i = 2$ do ciclo.

[1], [2] Relembrando a explicação da ferramenta *Intersect* vem que a figura 2 esclarece o passo B6.b. Quanto ao passo B6.c, as *features* para as quais $GNr = keyG$ correspondem a divisões relativas à mesma galáxia (e conjunto multiponto) e portanto temos o equivalente a A2.b do algoritmo A, mas com as (três) intersecções obtidas em simultâneo. (Figura 6c incluindo a tabela de *rings*.)

[3] De notar que neste momento, as *features* de *rings* estão dentro das respectivas galáxias porque as partes que não as intersectavam foram-lhes retiradas.

[4] As divisões de u_0 não se sobrepõem a qualquer das *features* de *rings*, pelo que são agora parte da nova FC *galaxies* (a que será usada na próxima iteração). Quanto aos polígonos de u_1 , alguns farão também parte, outros não. Os últimos devem ser eliminados.

[5] Este passo é recomendado, mas não obrigatório. Destina-se apenas a evitar o aparecimento de um campo, *GNr_1*, no próximo passo.

[6] e [7] É importante salientar que u_2 resulta de *features* de u_1 e a seleção segundo $keyG = GNr$ **diz respeito** a *inside*. Este passo pode ser executado de várias formas, vamos apresentar uma (Fig 6h):

1. Colocar uma chave candidata (*keyy*) e um campo “marcador” (*remove*) em u_1 .
2. Colocar a zeros (ou *false*) todo a coluna relativa a *remove*.
3. Executar B6.g. Em *inside* vão ficar as divisões de u_1 que se encontram

dentro de algum “ring”; em virtude da “completa” repartição produzida por *Union*, não existem em u_1 divisões que estejam parte dentro, parte fora de um *ring* e todas as divisões de *rings* estão replicadas em u_1 .

4. Selecionar em as *features* tais que $keyG = GNr$ (ou seja, “provenientes” de galáxia e de anel relativos o mesmo conjunto multiponto); colocar o resultado em *inside1*.

5. Fazer a junção de atributo $u_1 \overset{a}{j}_{keyy} inside1$.

6. Se se optar por junção interna, colocar a 1 (ou *true*) o campo (exige editor activo); se se optar por junção externa, fazer o mesmo mas só nas linhas com correspondência (sem valores *Null*) nos campos da junção correspondentes a *inside1*.

7. Desfazer a junção e por seleção sobre u_1 colocar em u_2 as *features* de u_1 em que *remove* = 0.

No contexto de um *script* estes sete (sub-)passos são muito mais fáceis de implementar (usando cursores), não sendo necessária a junção de atributo, mas antes um “varrimento” conjunto de u_1 e , ambos ordenados segundo *keyy*.

Imagine-se uma divisão que, independentemente do que se passa quanto a outras galáxias e *rings*, se sobreponha à galáxia 1 e aos *rings* 1 e 2. Esta divisão aparece (pelo menos) duas vezes em u_1 . Sejam 10 e 11 os valores de *keyy* nessas duas réplicas. Então nestas temos $(keyG, GNr, keyy) = (1,1,10), (1,2,11)$. Eliminado o campo *GNr* ficamos com $(keyG, keyy) = (1,10),(1,11)$. Ambas encontram réplicas iguais nos *rings* 1 e 2, pelo que após a junção espacial, essas duas réplicas vão originar em *inside*, quatro réplicas, a saber: $(keyG, GNr, keyy) = (1,1,10), (1,2,10), (1,1,11), (1,2,11)$. Com a seleção $keyG = GNr$ ficam somente duas: $(1,1,10), (1,1,11)$. Repare-se que os dois valores de *keyy*, 10 e 11, aparecem, pelo que, após a junção de atributo ambas as réplicas existentes em u_1 vão ficar “marcadas” (*remove* = 1) para eliminação.

Com raciocínio similar, mas agora com $GNr \neq 1(keyG \neq GNr)$ nos tripletos de u_1 acima, poderá concluir-se que as réplicas não ficam marcadas para eliminação, ou seja, são transferidas para u_2 . Assim, todas as divisões de u_1 provenientes da galáxia 1, que intersecta *ring* 1 são eliminadas, as que não intersectam *ring* 1 vão para u_2 . Em u_2 e em u_0 estão as divisões da “diferença simétrica” entre a galáxia 1 e o *ring* 1.

Facilmente se verifica que o raciocínio acima é perfeitamente generalizável qualquer que seja o tipo de sobreposição, uma ou mais galáxias um ou mais *rings*. Aplicando o devido formalismo matemático, serve como demonstração.

Por último, convém notar que, tanto o algoritmo A como o B, podem aplicar-se para o caso de *MasterSA* ser constituída não só por SA de pontos isolados mas também (e conjuntamente), ele próprio, por SA de conjuntos multiponto. Para tal basta considerar as SA de cada conjunto multiponto como as SA de um ponto isolado. Imagine-se que se tem já o resultado, , para um certo número de conjuntos multiponto, mas pretende-se acrescentar a um ou mais desses conjuntos mais alguns pontos. Em vez de usar-se novamente o NA (caso seja possível...) para os novos conjuntos multiponto (introduzidos um a um), pode aplicar-se qualquer dos algoritmos para actualizar . No caso da adição de novos pontos dizer respeito a somente um conjunto multiponto, o algoritmo A é claramente mais vantajoso, não só pela sua simplicidade como também porque, neste caso, o ciclo exterior é constituído por uma só iteração. De facto, ao resultado, , basta retirar as SA relativas a esse conjunto multiponto, usar-se o algoritmo para actualizar as SA desse conjunto e actualizar , pela adição das novas SA do conjunto multiponto (ferramentas *Merge* ou *Append*), em substituição das antigas.

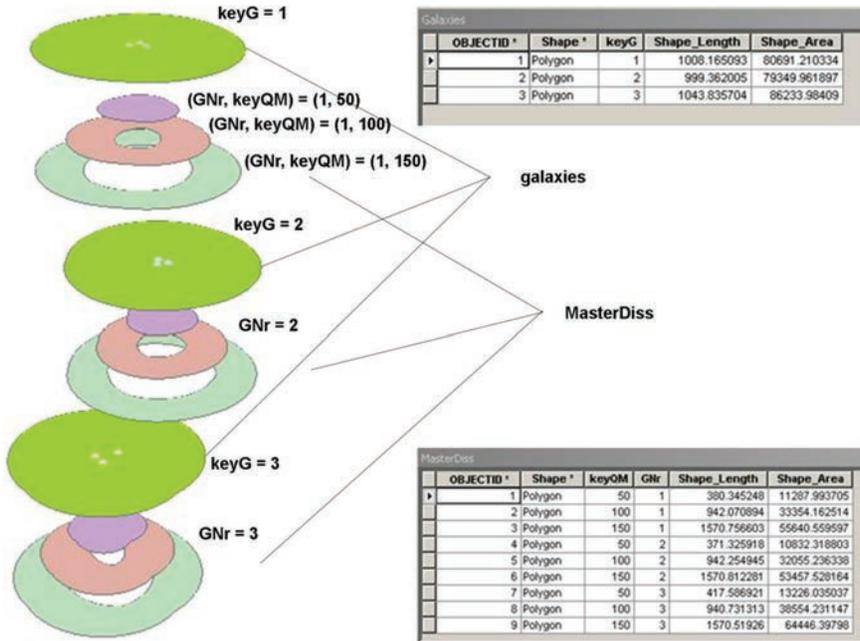


Figura 5 - FC galaxies e MasterDis e tabelas associadas

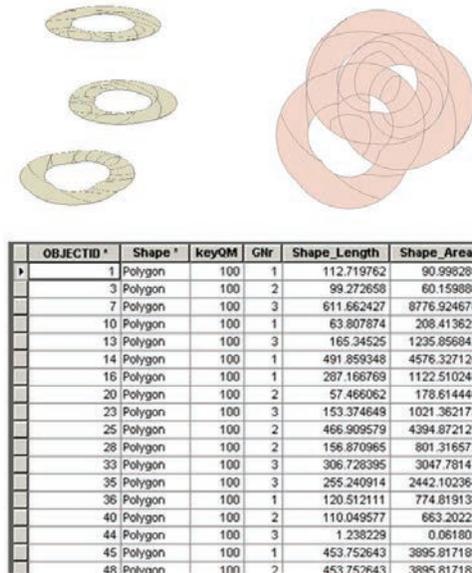


Figura 6c - FC rings e tabela associada, após B6.c

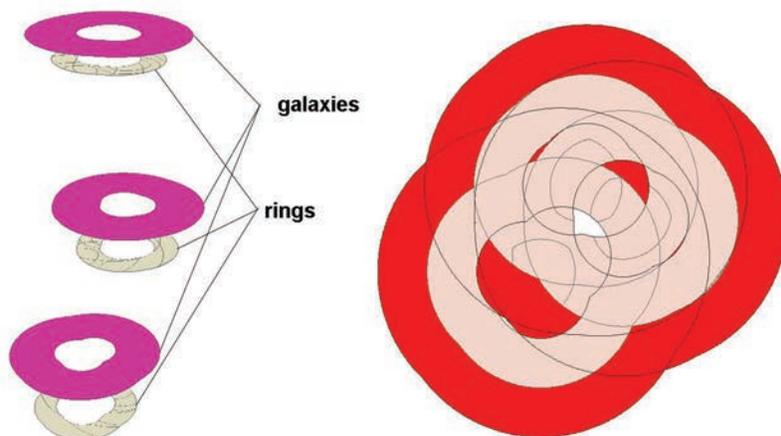


Figura 6d - *galaxies*, *rings* e S_1

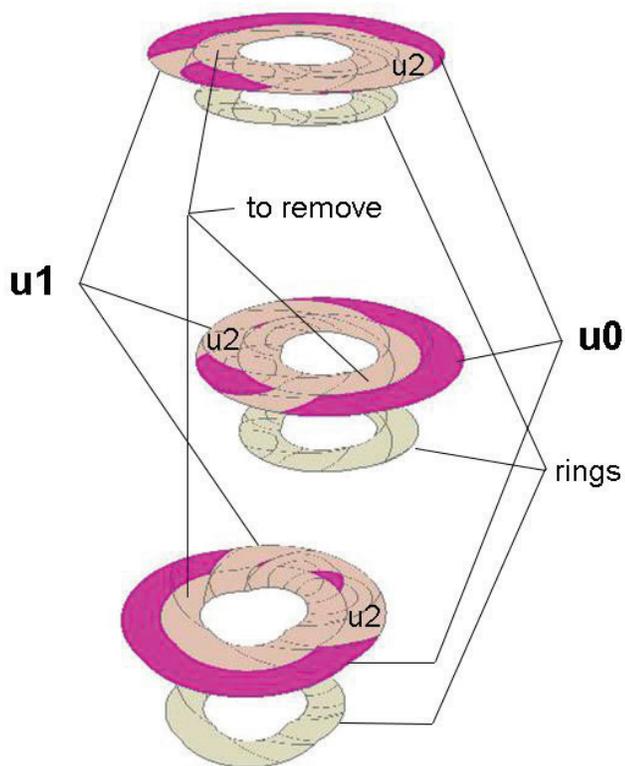


Figura 6e - u_0 , u_1 e *rings*

OBJECTID	Shape	keyOM	keyC	Shape_Length	Shape_Area	keyy	remove
1	Polygon	100	1	112.719318	90.996287	1	0
2	Polygon	100	2	99.272659	161.159686	2	0
3	Polygon	100	2	611.663008	8776.524458	3	0
4	Polygon	100	1	63.807867	208.413264	4	0
5	Polygon	100	3	165.343498	1235.891811	5	0
6	Polygon	100	2	57.466062	176.814448	6	0
7	Polygon	100	3	153.375112	1021.362466	7	0
8	Polygon	100	1	120.512111	774.813933	8	0
9	Polygon	100	2	110.049577	163.20222	9	0
10	Polygon	100	3	1.236229	0.061002	10	0
11	Polygon	100	1	491.89395	4576.32713	11	0
12	Polygon	100	2	491.89395	4576.32713	12	0
13	Polygon	100	1	207.165963	1122.569579	13	0
14	Polygon	100	3	207.165963	1122.569579	14	0
15	Polygon	100	1	466.909579	4394.872127	15	0
16	Polygon	100	2	466.909579	4394.872127	16	0
17	Polygon	100	2	156.870665	801.316552	17	0
18	Polygon	100	3	156.870665	801.316552	18	0
19	Polygon	100	1	306.725395	3047.78147	19	0
20	Polygon	100	3	306.725395	3047.78147	20	0
21	Polygon	100	2	255.240914	2442.102364	21	0
22	Polygon	100	3	255.240914	2442.102364	22	0
23	Polygon	100	1	246.415721	1798.072912	23	0
24	Polygon	100	3	246.415721	1798.072912	24	0
25	Polygon	100	2	263.691572	1658.041005	25	0
26	Polygon	100	3	263.691572	1658.041005	26	0
27	Polygon	100	1	127.174421	826.143797	27	0
28	Polygon	100	2	127.174421	826.143797	28	0
29	Polygon	100	2	82.762289	157.43952	29	0
30	Polygon	100	1	82.762289	157.43952	30	0
31	Polygon	100	1	112.486703	660.542939	31	0
32	Polygon	100	2	112.486703	660.542939	32	0
33	Polygon	100	1	453.752643	3895.817189	33	1

OBJECTID	Shape	keyOM	keyC	keyy	remove	GNr	Shape_Length	Shape_Area
31	Polygon	100	1	31	0	2	112.486703	660.542939
32	Polygon	100	2	32	0	2	112.486703	660.542939
33	Polygon	100	1	33	0	1	453.752643	3895.817189
34	Polygon	100	1	33	0	2	453.752643	3895.817189
35	Polygon	100	2	34	0	1	453.752643	3895.817189
36	Polygon	100	2	34	0	2	453.752643	3895.817189
37	Polygon	100	1	35	0	1	453.752643	3895.817189
38	Polygon	100	1	35	0	2	453.752643	3895.817189
39	Polygon	100	2	36	0	1	453.752643	3895.817189
40	Polygon	100	2	36	0	2	453.752643	3895.817189
41	Polygon	100	1	37	0	1	198.000218	1590.97138
42	Polygon	100	1	37	0	2	198.000218	1590.97138
43	Polygon	100	3	38	0	1	198.000218	1590.97138
44	Polygon	100	3	38	0	3	198.000218	1590.97138
45	Polygon	100	1	39	0	1	198.000218	1590.97138
46	Polygon	100	1	39	0	3	198.000218	1590.97138
47	Polygon	100	3	40	0	1	198.000218	1590.97138
48	Polygon	100	3	40	0	3	198.000218	1590.97138
49	Polygon	100	1	41	0	1	321.4407	3946.649921
50	Polygon	100	2	42	0	1	321.4407	3946.649921
51	Polygon	100	3	43	0	1	321.4407	3946.649921
52	Polygon	100	2	44	0	2	168.120704	151.720266
53	Polygon	100	2	44	0	3	168.120704	151.720266
54	Shewen	100	1	45	0	1	168.120704	151.720266

inside

OBJECTID	Shape	keyOM	keyC	keyy	remove	GNr	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	100	1	1	0	1	112.719318	90.996287
4	Polygon	100	1	4	0	1	63.807867	208.413264
8	Polygon	100	1	8	0	1	120.512111	774.813933
11	Polygon	100	1	11	0	1	491.89395	4576.32713
13	Polygon	100	1	13	0	1	207.165963	1122.569579
21	Polygon	100	1	21	0	1	246.415721	1798.072912
27	Polygon	100	1	27	0	1	127.174421	826.143797
33	Polygon	100	1	33	0	1	453.752643	3895.817189
35	Polygon	100	1	35	0	1	453.752643	3895.817189
41	Polygon	100	1	41	0	1	198.000218	1590.97138
45	Polygon	100	1	45	0	1	198.000218	1590.97138
49	Polygon	100	1	49	0	1	321.4407	3946.649921
60	Polygon	100	1	54	0	1	260.36272	1506.610979
70	Polygon	100	1	56	0	1	149.270319	938.934582
74	Polygon	100	1	60	0	1	149.270319	938.934582
76	Polygon	100	1	74	0	1	418.125151	2560.363038
80	Polygon	100	1	74	0	1	418.125151	2560.363038
96	Polygon	100	1	77	0	1	418.125151	2560.363038
100	Polygon	100	1	80	0	1	215.445616	2539.297796
102	Polygon	100	1	83	0	1	215.445616	2539.297796
126	Polygon	100	1	90	0	1	194.514515	456.388441
130	Polygon	100	1	101	0	1	194.514515	456.388441
144	Polygon	100	1	104	0	1	194.514515	456.388441
2	Polygon	100	2	2	0	2	99.272659	161.159686
6	Polygon	100	2	6	0	2	57.466062	176.814448
6	Polygon	100	2	6	0	2	110.049577	163.20222
64	Shewen	100	1	14	0	1	168.120704	151.720266

inside1

OBJECTID	Shape	keyOM	keyC	Shape_Length	Shape_Area	keyy	remove	OBJECTID	keyOM	keyC	keyy	remove	GNr
1	Polygon	100	1	112.719318	90.996287	1	1	1	100	1	1	0	1
4	Polygon	100	1	63.807867	208.413264	4	1	4	100	1	4	0	1
8	Polygon	100	1	120.512111	774.813933	8	1	8	100	1	8	0	1
11	Polygon	100	1	491.89395	4576.32713	11	1	11	100	1	11	0	1
13	Polygon	100	1	207.165963	1122.569579	13	1	13	100	1	13	0	1
21	Polygon	100	1	246.415721	1798.072912	21	1	21	100	1	21	0	1
27	Polygon	100	1	127.174421	826.143797	27	1	27	100	1	27	0	1
33	Polygon	100	1	453.752643	3895.817189	33	1	33	100	1	33	0	1
35	Polygon	100	1	453.752643	3895.817189	35	1	35	100	1	35	0	1
37	Polygon	100	1	198.000218	1590.97138	37	1	37	100	1	37	0	1
39	Polygon	100	1	198.000218	1590.97138	39	1	39	100	1	39	0	1
41	Polygon	100	1	321.4407	3946.649921	41	1	41	100	1	41	0	1
54	Polygon	100	1	260.36272	1506.610979	54	1	54	100	1	54	0	1
56	Polygon	100	1	149.270319	938.934582	56	1	70	100	1	56	0	1
58	Polygon	100	1	149.270319	938.934582	58	1	74	100	1	58	0	1
60	Polygon	100	1	149.270319	938.934582	60	1	76	100	1	60	0	1
74	Polygon	100	1	418.125151	2560.363038	74	1	80	100	1	74	0	1
77	Polygon	100	1	418.125151	2560.363038	77	1	96	100	1	77	0	1
80	Polygon	100	1	215.445616	2539.297796	80	1	102	100	1	80	0	1
83	Polygon	100	1	215.445616	2539.297796	83	1	108	100	1	83	0	1
90	Polygon	100	1	194.514515	456.388441	90	1	126	100	1	90	0	1
101	Polygon	100	1	194.514515	456.388441	101	1	135	100	1	101	0	1
104	Polygon	100	1	194.514515	456.388441	104	1	144	100	1	104	0	1
7	Shewen	100	1	98.373608	61.159686	7	1	101	100	1	7	0	2

u_1 | $keyy$ inside1

OBJECTID	Shape	keyOM	keyC	Shape_Length	Shape_Area	keyy	remove
89	Polygon	100	1	223.27732	2634.717374	89	0
92	Polygon	100	2	3.693157	0.001735	92	0
93	Polygon	100	3	3.693157	0.001735	93	0
94	Polygon	100	2	3.693157	0.001735	94	0
95	Polygon	100	2	3.693157	0.001735	95	0
96	Polygon	100	2	3.693157	0.001735	96	0
97	Polygon	100	3	3.693157	0.001735	97	0
1	Polygon	100	1	112.719318	90.996287	1	1
2	Polygon	100	2	99.272659	161.159686	2	0
3	Polygon	100	3	611.663008	8776.524458	3	0
4	Polygon	100	1	63.807867	208.413264	4	1
5	Polygon	100	3	165.343498	1235.891811	5	0
6	Polygon	100	2	57.466062	176.814448	6	1
7	Polygon	100	3	153.375112	1021.362466	7	1
8	Polygon	100	1	120.512111	774.813933	8	1
9	Polygon	100	2	110.049577	163.20222	9	1
10	Polygon	100	3	1.236229	0.061002	10	1
11	Polygon	100	1	491.89395	4576.32713	11	1
13	Polygon	100	1	207.165963	1122.569579	13	1
18	Polygon	100	2	466.909579	4394.872127	18	1
17	Polygon	100	2	156.870665	801.316552	17	1
20	Polygon	100	3	306.725395	3047.78147	20	1
19	Polygon	100	1	306.725395	3047.78147	19	1

} to u_2

Figura 6h - Sequência de tabelas dos (sub-)passos de 6g e 6h (ver explicação)

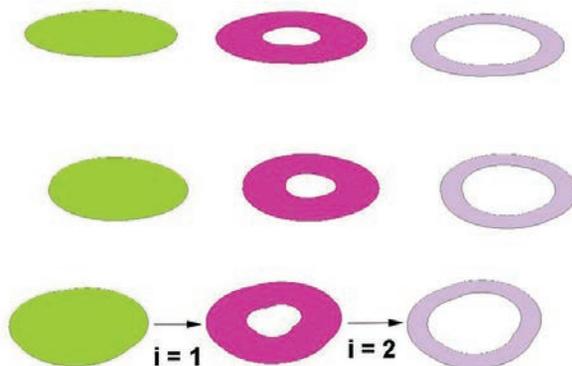


Figura 7 - Evolução da FC *galaxies*

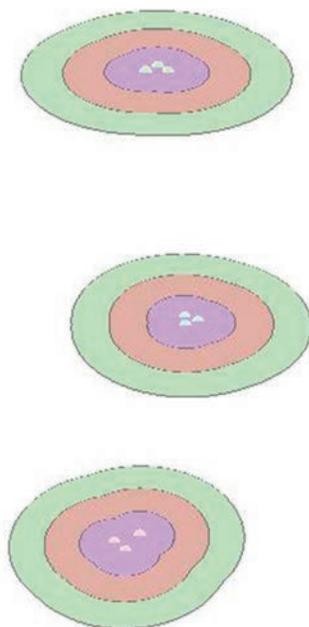


Figura 8 - FC *sa* final

3.3. Um indicador de contorno

Vamos agora supor que temos um conjunto de pontos (“procura” - *demand*), por exemplo os centróides de uma *mesh*. Caso exista, a *mesh* é colocada na FC *MeshPol*. Supõe-se a procura na FC *MeshPt*. Ambas estas FC têm chave candidata *keyB*.

Abaixo apresenta-se um algoritmo para determinar um indicador de contorno: o número de conjuntos multiponto que cada ponto de procura pode alcançar, até um dado valor máximo da impedância, *imp*. Convém que *imp* seja extremo de um dos intervalos de impedância relativos às áreas de serviço. Porém, associando-se a cada área de serviço uma impedância, *keyQM*, o algoritmo também pode ser usado para o mesmo efeito, só que agora com erro dependente das amplitudes dos intervalos de impedância.

-
- C1. Na tabela associada de *MasterSA*, criar e preencher um campo com os valores correspondentes de *keyQM*. Este passo não é estritamente necessário, mas facilita os restantes.
 - C2. Por seleção, ou através do *Query Builder*, retirar de *MasterSA* polígonos correspondentes a impedâncias acima de *imp*.
 - C3. Por junção espacial, criar a FC $S_1 = MeshPt \overset{s}{J}_{within} MasterSA$, usando a opção *one-to-many*. Em S_1 cada ponto de procura é então representado por uma pilha de pontos, um para cada polígono (SA) que o seu centróide (ou ponto de procura) intersecta.
 - C4. Usando a ferramenta *Summary Statistics* sobre S_1 , criar uma tabela T_1 , na qual para cada par (*keyG*, *keyB*) está presente o mínimo de *keyQM* (designe-se este campo por *Min_keyQM*).
 - C5. $S_2 \leftarrow S_1 \overset{a}{J}_{(keyG, keyB)} T_1$.
 - C6. Remover de S_2 todos os pontos para os quais *keyQM* \neq *Min_keyQM* e colocar o resultado em S_3 .
 - C7. Colocar um campo chave candidata (*key*) em S_3 .
 - C8. Usando *Summary Statistics* criar a tabela T_3 em que para cada valor do par (*keyG*, *keyB*) somente o primeiro valor de *key* aparece (no campo *FIRST_key*).
 - C9. Usando procedimento similar a C5 e C6, agora usando *key* e *FIRST_key* criar a FC S_4 em que, para cada valor do par (*keyG*, *keyB*) somente a primeira *feature* de S_3 aparece. Ficamos pois em S_4 , com a impedância de cada centróide da *mesh* ao ponto “mais próximo” de cada conjunto multiponto.
 - C10. Aplicando a ferramenta *Summary Statistics* (ou *Frequency*) sobre S_4 , criar a tabela T_4 , onde para cada *keyB*, o número de ocorrências de *keyG* é contado e colocado num campo. Cada um desses números corresponde ao número de subconjuntos multiponto à impedância *imp* ou menor do ponto *keyB*.
 - C11. O resultado final, sob a forma de uma FC de polígonos da *mesh* é obtido pela junção $meshPol \overset{a}{J}_{keyB} T_4$.
-

Algoritmo C

Explicação do Algoritmo:

O tuplo ($keyG$, $keyB$) identifica um par (conjunto multiponto, ponto da *mesh*). C3 replica cada ponto da *mesh* (centróide ou ponto de procura) de forma a ficarem em cada “pilha” tantos pontos quantas as SA o centróide intersecta. C4, C5 e C6 permitem determinar a menor impedância de cada centróide a cada conjunto multiponto, eliminando de S_2 os pontos de cada “pilha” a impedância superior a esse valor mínimo. Para prevenir o caso de um centróide estar à impedância mínima de mais do que um ponto de um conjunto multiponto, os passos C8 e C9 permitem escolher somente um dos pontos da pilha correspondente ao centróide, por sinal o primeiro, e eliminar os outros. Agora trata-se somente de contar quantos pontos restaram em cada “pilha” e obtêm-se o resultado final.

É possível usar uma parte de *MasterSA* em vez de toda essa FC, dependendo do que se pretende. Em particular, pode ser interessante considerar somente alguns subconjuntos de pontos. Note-se que se as áreas de serviço forem obtidas subconjunto a subconjunto, os passos C4 a C8 são desnecessários.

Uma variante curiosa deste algoritmo consiste em, num passo C6' selecionar de S_3 os valores de $keyQM_i$ correspondentes a um intervalo de impedância, ou ao intervalo união de vários intervalos adjacentes. Neste caso teríamos como resultado, e para cada célula da *mesh* o número de conjuntos multipontos situados nesse intervalo (união) de impedâncias.

4. CASO DE ESTUDO

Como aplicação dos algoritmos, apresenta-se um caso de estudo relativo à acessibilidade a algumas (14) das linhas dos Serviços Municipais de Transportes (rodoviários) Urbanos de Coimbra (SMTUC).

Aqui, P é o conjunto das paragens das diversas linhas; a distância temporal pedonal a cada das paragens desempenha o papel de impedância. Como são estas os únicos pontos de acesso às linhas, torna-se claro que uma área de serviço (correspondente a um intervalo de tempo)

relativa a uma linha é a área de serviço do conjunto multiponto constituído pelas suas paragens. Assim, neste caso *keyG* identifica uma linha e *keyQM* um intervalo de tempo. Como cada linha tem várias variantes, consideram-se, para cada linha as paragens de todas as suas variantes. Por aplicação do algoritmo B (ou A), obteve-se SA relativas às diferentes linhas em estudo, destacando-se (*Query Builder*) o resultado para a linha 7, apresentado na figura 9. Nesta figura, os pontos de várias cores correspondem às paragens: uma cor por cada linha (as paragens da linha 7 encontram-se a branco). *keyG* é o código da linha. As zonas sombreadas a cores indicam áreas de serviço para acesso pedonal à paragem mais próxima da Linha 7 (a branco).

Pode parecer estranho considerarem-se valores tão elevados de impedância como 45min. Acontece, porém que a velocidade comercial média apresentada pelos SMTUC para os seus veículos é de aproximadamente 4 vezes o valor mais usual para a velocidade pedonal média. Assim, e para as SA relativas a impedâncias elevadas, o mapa dá também uma ideia do tempo de autocarro até à linha em causa, a qual é, notoriamente, de natureza circular.

Na figura 10 apresenta-se um resultado obtido pelo algoritmo C: o número de linhas de autocarros SMTUC a menos de 5 minutos a pé de cada quadrícula de uma *mesh* com quadrículas de 50m de lado.

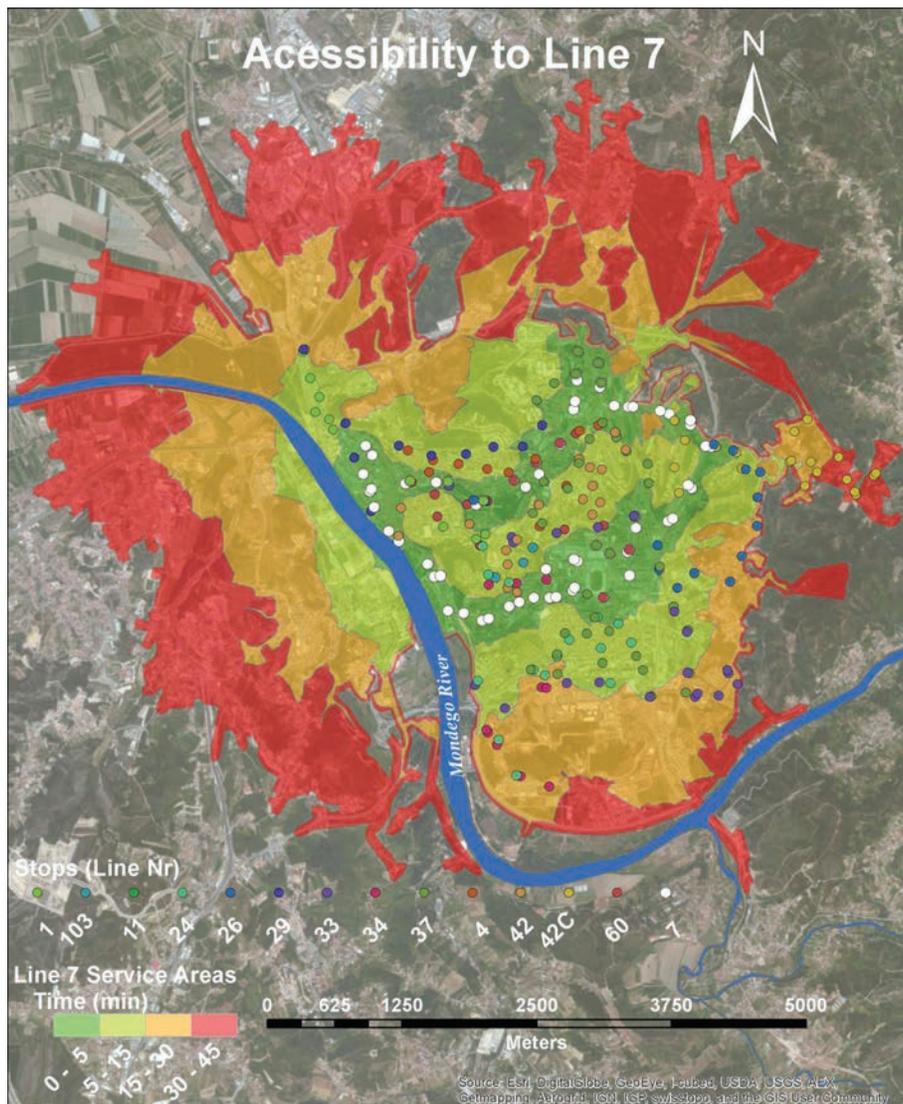


Figura 9 - Acessibilidade pedonal à Linha 7 dos SMTUC

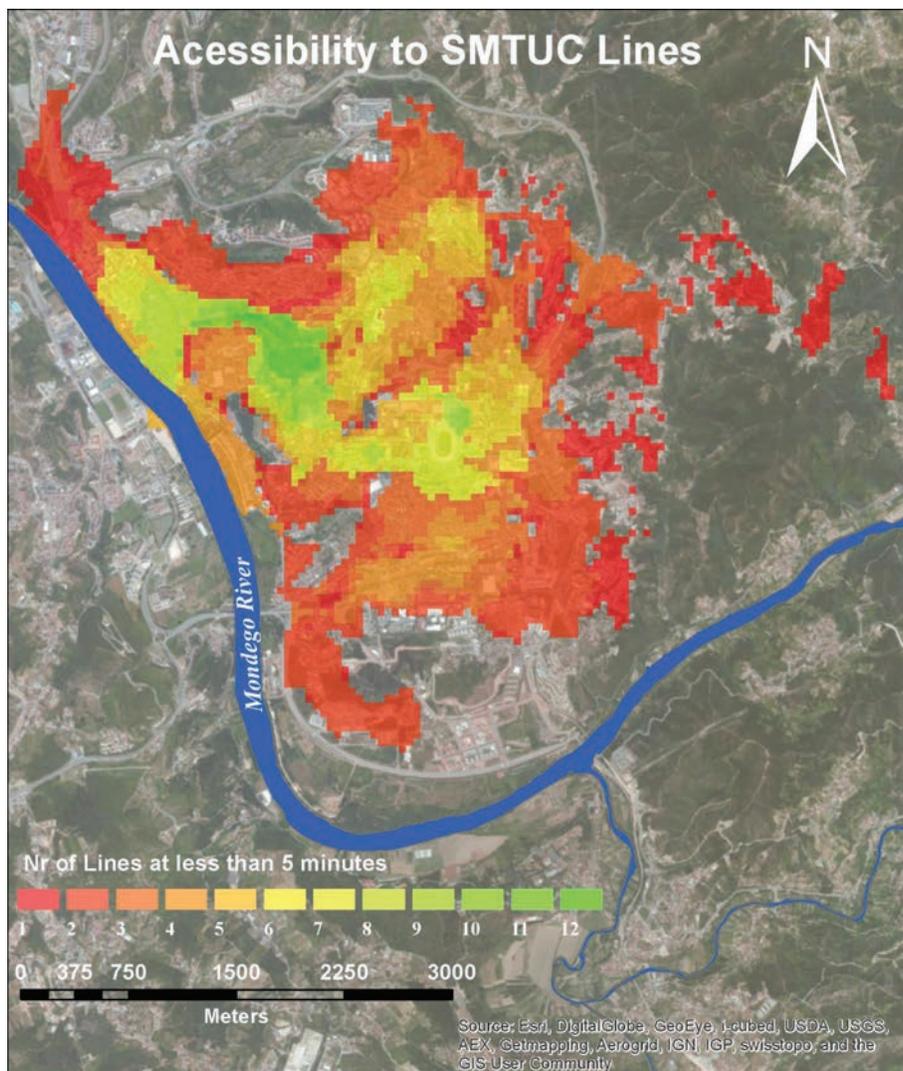


Figura 10 - Número de linhas de autocarros SMTUC a menos de 5 minutos a pé

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi analisada a questão da acessibilidade a conjuntos de pontos. Apresentaram-se algumas técnicas SIG úteis à abordagem desse tema, baseadas na obtenção de áreas de serviço e manipulação de polígonos. Estas técnicas foram testadas no contexto de um caso de estudo.

O caso de estudo debruçou-se sobre algumas linhas (14) de transportes públicos rodoviários da cidade de Coimbra, Portugal, mas a abordagem é completamente geral e extensível a outros tipos de equipamentos urbanos públicos, comerciais ou de serviços, vistos tanto isolada como agregadamente.

Os resultados permitem identificar deficiências e desequilíbrios oferta/procura, fornecendo ao decisor elementos para o planeamento e gestão da cidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Portuguesa para a Ciência e a Tecnologia” (FCT), que financiou parcialmente este trabalho sob as referências “PEst-OE/ EEI/UI308/2014” e a iniciativa *Energy for Sustainability* da Universidade de Coimbra, suportada pelo projeto *Energy and Mobility for Sustainable Regions* (EMSURE) - CENTRO-07-0224-FEDER-002004.

BIBLIOGRAFIA

- BEN-AKIVA, M. & LERMAN, S.R. (1979) - “Disaggregate Travel and Mobility-Choice Models and Measures of Accessibility.” *in* HENSHER, D.A. & STOPHER, P.R. (eds.): Behavioural Travel Modeling, London: Croom-Helm, 654-679.
- BOCAREJO, S. *et al.* (2012) - “Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments.” *Journal of Transport Geography*, Vol. 24, 142-154.
- BUTLER, J.A. (2008) - Designing Geodatabases for Transportation. ESRI Press, New York. 480 p.
- DALVI, M.Q. & MARTIN, K.M. (1976) - “The measurement of accessibility: some preliminary results.” *Transportation*, Vol. 5, 17-42.
- DE MONTIS, A. & REGGIANI, A. (2012) - “JTG Special Section on Accessibility and Socio- Economic Activities: Methodological and Empirical Aspects.” Guest editorial, *Journal of Transport Geography*, Vol. 25, 95-97.
- ESRI (2007) - Working with ArcGIS network analyst. Environmental Systems Research Institute, EUA.
- ESRI (2014) - ArcGIS 2008. Environmental Systems Research Institute, EUA. Disponível online no endereço url: <http://resources.arcgis.com/content/>

- web-based-help (acedido em 30 de março 2014).
- GEERTMAN, S. & VAN ECK, J. (1995) - "GIS and models of accessibility potential: an application in planning." *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 9, Nº 1, 67-80.
- GEURS, K.T. & VAN ECK, J.T.R. (2001) - *Accessibility Measures: review and applications*. RIVM Report 408505/006. Utrecht University, Países Baixos.
- GEURS, K.T. & VAN WEE, B. (2004) - "Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions." *Journal of Transport Geography*, Vol. 12, Nº 2, 127-140.
- HALDEN, D. *et al.* (2005) - "Accessibility analysis literature review." Working paper. Disponível online no endereço url: (acedido em 30 de março 2014) http://home.wmin.ac.uk/transport/download/SAMP_WP3_Accessibility_Modelling.pdf
- HANSEN, W. (1959) - "How Accessibility Shapes Land Use." *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 25, 73-76.
- HEYWOOD, I. *et al.* (2011) - *An Introduction to Geographical Information Systems*, 4ª Ed. Pearson Education Limited Ed., Harlow, Reino Unido.
- IACONO, M. *et al.* (2010) - "Measuring non-motorized accessibility: issues, alternatives, and execution." *Journal of Transport Geography*, Vol. 18, Nº 1, 133-140.
- LITMAN, T. (2003) - *Accessibility: Defining, Evaluating and Improving Accessibility*. Victoria Transport Policy Institute. Disponível online no endereço url: www.vtpi.org (acedido em 30 de março 2014).
- LONGLEY, P.A. *et al.* (2011) - *Geographic Information Systems & Science*. Wiley, Hoboken (NJ), EUA.
- MAVOA, S. *et al.* (2012) - "GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand." *Journal of Transport Geography*, Vol. 20, 15- 22.
- PÁEZ, A. *et al.* (2012) - "Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators." *Journal of Transport Geography*, Vol. 25, 141- 153.
- POOLER, J.A. (1995) - "The use of spatial separation in the measurement of transport accessibility." *Transportation Research A*, Vol. 29, Nº 6, 421-427

ARTIGO 49

ESTUDOS DE IMPACTE AMBIENTAL EM INFRAESTRUTURAS RODOVIÁRIAS COM RECURSO A TECNOLOGIA SIG E AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

GONÇALVES, *Agostinho Jordão*¹; COUTINHO -RODRIGUES, *João*² & SOUSA, *Nuno*³

¹ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC Coimbra); Rua Antero de Quental n.º 199, 3000 -033 Coimbra, Portugal; Tel: +351 239 851040/9; Fax: +351 239 824692; e -mail: ajordao@dec.uc.pt

² Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC -Coimbra) Departamento de Engenharia Civil - FCTUC; Rua Luís Reis Santos - Pólo II, 3030 -788 Coimbra, Portugal
Tel: +351 239 797145; Fax: +351 239 797123; email: coutinho@dec.uc.pt

³ Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade Aberta; Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC -Coimbra); Delegação de Coimbra da Universidade Aberta; Rua Alexandre Herculano, n.º 52, 3000 -019 Coimbra, Portugal; Tel: +351 300 001590; Fax: +351 300 001599; email: nsousa@uab.pt

RESUMO

O Estudo de Impacte Ambiental (EIA) é uma peça fundamental no processo de Avaliação Ambiental a que têm de ser submetidos alguns projetos de engenharia. Este é o resultado de atividades e avaliações metodológicas conducentes a identificar/avaliar possíveis impactes, apresentando medidas de minimização e o plano de monitorização. Se existirem múltiplas alternativas, o EIA deve indicar a “ambientalmente mais favorável”. O presente trabalho apresenta uma proposta metodológica para apoio dessas atividades/avaliações, tendo como estrutura integradora um SIG ligado a modelos externos específicos, constituindo -se assim como uma contribuição para o desenvolvimento de um SADE -MC, no domínio ambiental. Essa proposta engloba a conceção duma rotina interativa, em Visual Basic® para suportar os processos de *Screening/Scoping*, Avaliação da Significância e Seleção dos Indicadores Ambientais. As funcionalidades do SIG, associadas aos módulos externos, são usadas para

prever/quantificar os impactos e os indicadores ambientais. Estes indicadores são então utilizados como critérios, no módulo de avaliação multicritério que utiliza, nesta aplicação, o método ELECTRE III. Isso permite apresentar uma preordenação final das alternativas, desde a “ambientalmente mais favorável” até à mais adversa. Como caso de estudo, essa proposta metodológica é aplicada a um EIA referente ao projeto de um troço de autoestrada no Centro de Portugal.

PALAVRAS-CHAVE

Estudos de impacto ambiental, Avaliação ambiental em infraestruturas de transporte, Avaliação multicritério, Sistemas de informação geográfica (SIG).

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF ROAD INFRASTRUCTURES USING GIS TECHNOLOGY AND MULTICRITERIA EVALUATION

ABSTRACT

The Environmental Impact Study (EIS) is a key formal document in the Portuguese Environmental Assessment context procedure, which is required for an engineering project. This is the outcome of several methodological evaluation assessments and activities undertaken towards the identification of environmental impacts. It should present the mitigation measures and the monitoring plan. If there are several alternatives, the “most -environmental -friendly” should be indicated. This work proposes a methodology to support the Assessment procedure above in a GIS integrating environment. This combination of GIS standard functionalities with the implementation of specific external models constitutes a relevant contribution towards the development of a specific SDSS -MC in the environmental domain. The methodology includes the design of an interactive routine developed in Visual Basic in order to support the Screening/ Scoping, the Significance Evaluation, and Selection of the Environmental Indicators. The GIS functionalities are used to predict impacts and measure related indicators that are used as criteria, within the multicriteria analysis module, based on the ELECTRE III method. This will provide the user with a sorted list of possible alternatives, from the “most -environmental - friendly” down to the least. The methodology was applied to the case study of a motorway in the west -center of Portugal.

KEYWORDS

Environmental impact study, Environmental assessment in transport infrastructure, Multicriteria evaluation, Geographical information system (SIG).

1. INTRODUÇÃO

O Estudo de Impacte Ambiental (EIA) é uma peça fundamental no processo de Avaliação de Impacte Ambiental a que são submetidos alguns projetos ou empreendimentos de engenharia. Essa submissão é função das características do projeto e deve estar de acordo com disposições expressas na legislação. O EIA é o resultado de um conjunto de atividades e avaliações metodológicas conducentes a identificar e avaliar possíveis impactes ambientais, induzidos por essas atividades ou empreendimentos, apresentando as medidas de minimização desses impactes e o plano de monitorização. No caso de existirem múltiplas alternativas em análise, o EIA deve indicar também a alternativa “ambientalmente mais favorável”. A natureza eminentemente espacial da informação associada a estes problemas apela ao uso da tecnologia dos Sistemas de informação geográfica (SIG). Dado tratar -se, naturalmente, de um processo de avaliação que envolve em simultâneo diversas dimensões da realidade, as técnicas baseadas em métodos de análise multicritério (MAMC) fornecem uma base metodológica moderna e adequada.

A metodologia que integra SIG e MAMC é aplicada a um caso real: a construção de um novo troço de autoestrada na Região Centro de Portugal, ligando Ílhavo ao Lanço do IC1 - Mira/Aveiro, no seu sublanço Vagos/Aveiro Sul, denominado SCUT DA COSTA DA PRATA.

2. APRESENTAÇÃO DO TEMA

O presente artigo apresenta uma proposta metodológica para apoiar esse conjunto de atividades e avaliações metodológicas, conforme se mostra na Figura 1 abaixo, tendo como estrutura integradora um SIG, apoiado nas suas próprias potencialidades capazes de desempenharem esse conjunto de tarefas, sozinho ou ligado a modelos externos específicos, constituindo -se, assim, como uma contribuição para o desenvolvimento de um futuro sistema de apoio à decisão espacial multicritério (SADE -MC), no domínio ambiental, materializada através da construção e aplicação de um protótipo a um caso real.

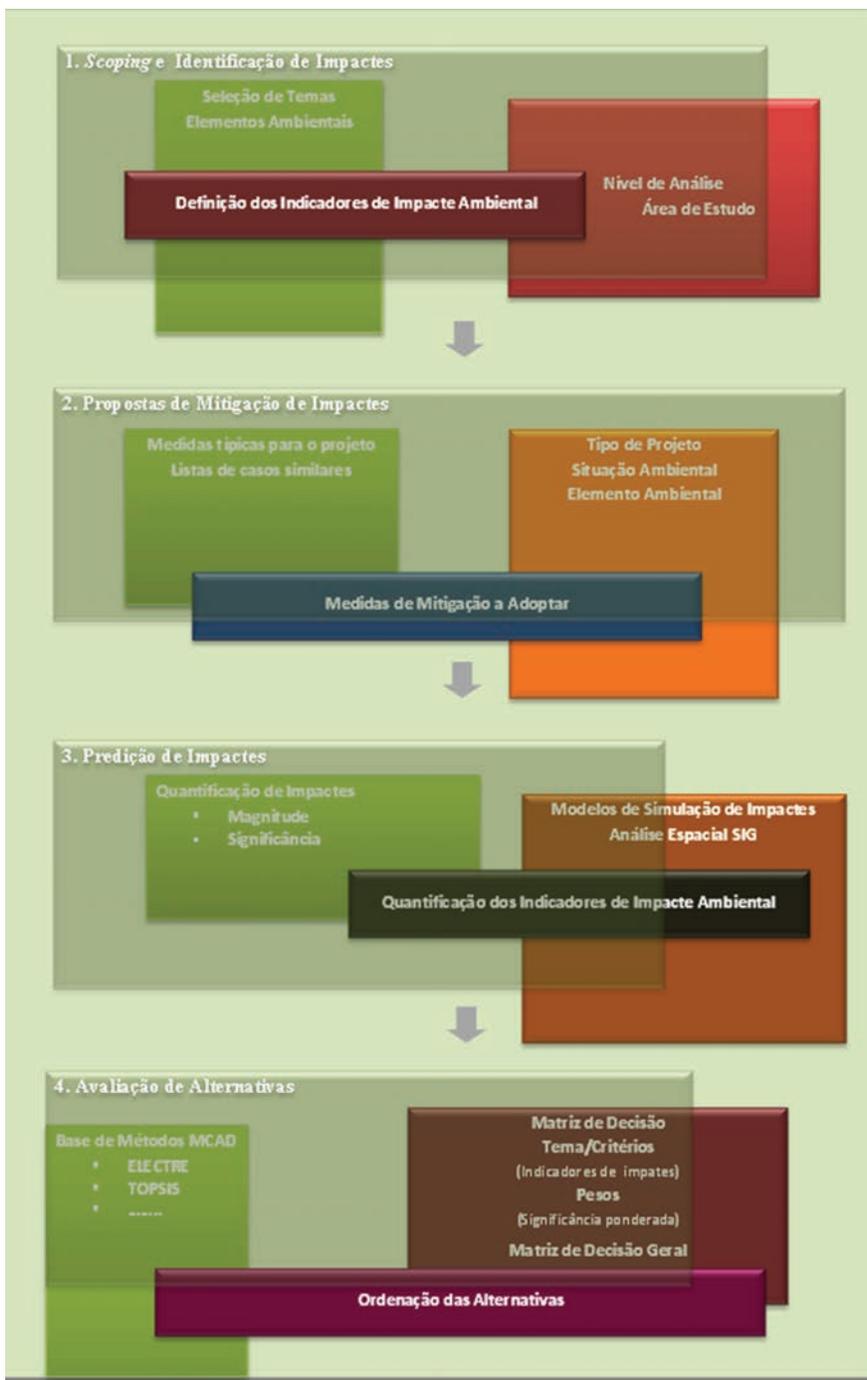


Figura 1 - Fases de aplicação

Foram desenvolvidas rotinas interativa em Visual Basic® - a linguagem embebida do ArcView® - as quais através de um conjunto de caixas de diálogo e menus, suportam os processos de *Screening*, *Scoping*, Avaliação da Significância e Seleção dos Indicadores de Impacte Ambiental. As funcionalidades do SIG, sozinhas ou associadas a módulos externos específicos, são usadas para prever e quantificar os impactes e os respetivos indicadores ambientais. Estes indicadores de impacte são então utilizados como critérios, no módulo de avaliação multicritério materializado numa base de métodos multicritério de apoio à decisão (BMCAD), que disponibiliza, nomeadamente, o método ELECTRE III. Isso permite apresentar uma preordenação final das alternativas, desde a “ambientalmente mais favorável” até à mais adversa. Essa proposta metodológica é aplicada a um caso concreto de construção de uma estrada.

3. PROPOSTA METODOLÓGICA

Nesta proposta, e no protótipo desenvolvido, o SIG surge como uma plataforma integradora para o desenvolvimento de todas as tarefas.

O protótipo, pensado como SADE -MC, é composto por quatro módulos integrados no SIG ArcView®, conforme se mostra na Figura 2 - Interface Gráfico de Comunicação; Módulo de Manuseamento de Base de Dados; Módulo de Análise e Consulta; Geração de Relatórios.

O Interface Gráfico de Comunicação é essencialmente o interface gráfico do utilizador do ArcView®, personalizado para conduzir o utilizador através do programa. O Módulo de Manuseamento de Base de Dados faz uso da suas capacidades de manuseamento de base de dados para guardar e manipular dados geográficos da Base de dados Geográficos SIG (GISBASE) e criar, guardar, manipular e atualizar a Base de Conhecimentos (KB) que suporta a rotina interativa. Finalmente, manipula o módulo da BMCAD. A Base de conhecimentos (KB) é uma base de dados no formato dBase® ou Microsoft Access®. As tabelas são agrupadas nas seguintes três categorias, consoante o seu conteúdo informativo: ListaEmpreendimentos; Ambiente; e Mitigação. As primeiras contêm informação sobre os diversos tipos de projetos sujeitos a AIA. As segundas contêm informação (tabelas), sobre os temas ambientais (geomorfologia, recursos hídricos,

ambiente sonoro, solos, atmosfera, sistemas ecológicos, ocupação do solo, estética, condicionantes e socioeconómicos) e respetivos elementos ambientais (ex: relevo e topografia, valores geológicos, qualidade e fluxo das água, ruído, erosão, qualidade do ar, flora e fauna, área agrícolas, paisagem, RAN,REN, etc.). As medidas de mitigação estão organizadas em tabelas de medidas de mitigação, por tipo de projeto. Essas tabelas vão alimentar as caixas de diálogo da rotina VBA. A Base de dados Geográficos (GISBASE) é constituída pela informação digital em vários formatos (*shapefile*, *geodatabase*, *cad*, imagens, tabelas, *mdt*, *grid*, etc.) das características ambientais da zona do empreendimento. A BMCAD é constituída por um conjunto de métodos multicritério de apoio à decisão (ex. ELECTRE e TOPSIS), permitindo assim estabelecer uma preordenação ou ordenação final das alternativas.

O Módulo de Análise e Consulta é um módulo chave do sistema. É totalmente desenvolvido dentro da “vista” do subsistema do ArcView®. Faculta ferramentas para expor, analisar, selecionar e recuperar a informação da GISBASE da KB e da BMCAD. Permite visualizar, analisar e processar dados. O Módulo de Geração de Relatórios é destinado a expor os resultados da análise e avaliação numa linguagem familiar (gráficos, relatórios, mapas, etc.).

O caso de estudo refere -se ao novo troço de autoestrada que liga Ílhavo ao Lanço do IC1 - Mira/Aveiro, no seu sublanço Vagos/Aveiro Sul, denominado SCUT DA COSTA DA PRATA. O EIA foi elaborado em 2001 pela firma ARQPAIS, Consultores de Arquitetura Paisagista e Ambiente, Lda., sem recurso a qualquer técnica de análise multicritério, ou outra técnica formal de apoio à decisão, e o projeto técnico disponível era o Estudo Prévio. Na Figura 3 apresenta -se a localização e o enquadramento do projeto em estudo, e a implantação dos traçados das soluções em análise sobre a Carta Militar. Estas foram denominadas Solução 7 Base (A1); Alternativa (A2); Alternativa (A3); Alternativa (A4); e Alternativa (A5). As alternativas A1, A2 e A3 constavam no EIA inicial e o seu traçado já constava do projeto técnico de execução da estrada. As alternativas A4 e A5 foram introduzidas neste trabalho como exercício académico, para teste da proposta metodológica aqui apresentada e sua robustez.

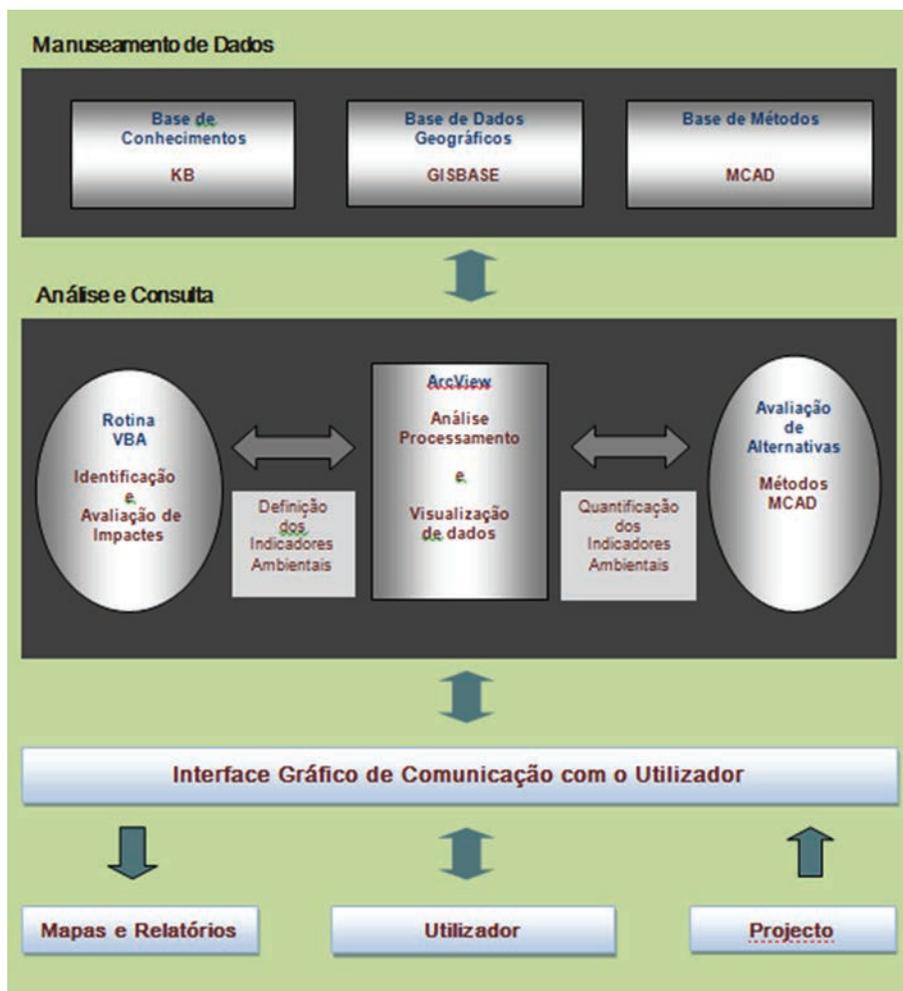


Figura 2 - ArcView® Desktop

4. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA. CASO DE ESTUDO

Uma parte da informação geográfica da área de estudo foi adquirida ao IGeoE - Instituto Geográfico do Exército (altimetria, edifícios, hidrografia, rede viária, mdt - modelo digital do terreno, etc.), e outra recuperada de estudos técnicos relacionados com o EIA do projeto (descritiva, ras-

ter da Carta Militar, ficheiros dwg com a delimitação espacial de vários aspectos ambientais, nomeadamente geologia, biótipos, condicionantes, etc.). Outra foi ainda recolhida em websites de organismos estatais (ex. SNIG, IA, IEP, SNIRH).

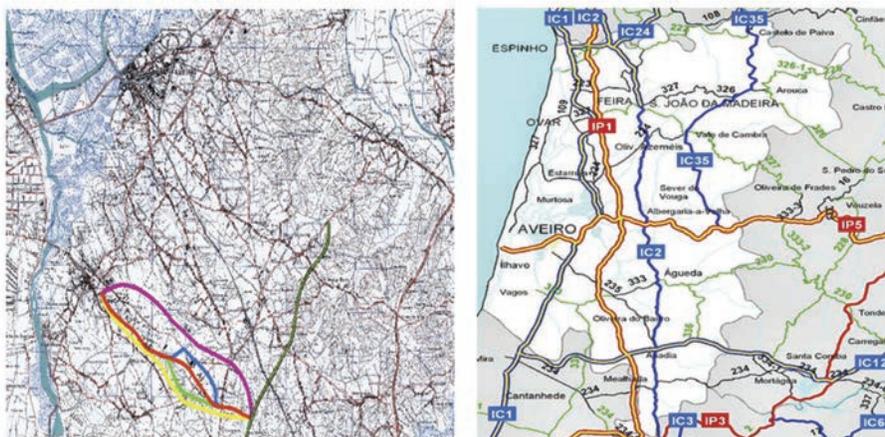


Figura 3 - Localização e implantação das alternativas de traçado

4.1 Scoping e identificação de impactes

Na fase de *Scoping* os elementos suscetíveis de sofrerem impacte devem ser identificados. Para isso, recorreu -se a um dos métodos de identificação existentes, a Matriz de Leopold, (LOOIJEN, 2004). O utilizador, atendendo à situação particular do projeto e das características ambientais da zona em estudo, seleciona os elementos ambientais suscetíveis de sofrerem impacte (ex.: qualidade do ar, fluxo das água superficiais e subterrâneas, etc.). Em termos computacionais, esta fase pode ser executada recorrendo a uma rotina interativa, codificado em *Visual Basic for Applications*, a linguagem de programação embebida no SIG, ArcView®. Essa rotina conduz o utilizador desde o menu de início do programa, através de um conjunto de caixas de diálogo, até à seleção final dos fatores ambientais suscetíveis de sofrerem impacte. Essa seleção é efetuada pelo utilizador que vai fazendo a “triagem”, primeiro do tipo de projeto - num processo de *Screening* - seguida da fase do empreendimento (construção, funcionamento ou desativação), depois as ações relacionadas, e finalmente dos elementos ambientais suscetíveis de sofrerem impacte. Assim, a seleção

dos temas e correspondentes elementos a estudar é feita no final, através de um processo simples de “matching”, i.e., 8 para cada ação do projeto selecionada numa ListBox, faz -se corresponder um tema ambiental noutra ListBox e, para cada um destes temas selecionados, faz -se corresponder os elementos ambientais que sofrerão impacte ambiental. Nesta metodologia não interessa a ordem nem se são impactes diretos (ex. ruído, poluição, emprego, ganho de tempo, ocupação de solo agrícola, etc.) ou indiretos (saúde, socioeconómicos, efeito barreira, etc.), assumindo -se que só são selecionados os impactes irreversíveis a longo prazo.

Para cada elemento ambiental que sofra impacte serão escolhidos um ou mais indicadores de impacte ambiental (ex.: área de vegetação afetada pelo empreendimento, ou variação de descritores ambientais, como por exemplo, concentração no ar de NOx, ou concentração de chumbo na água de escorrência da estrada, etc.). Os indicadores ambientais darão assim uma medida do impacte em cada componente (ANTUNES *et al.*, 2001). Para o efeito são utilizados três tipos de indicadores quantitativos e um qualitativo (MOLINES & CHEVALLIER, 2002): Indicadores Quantitativos, normalmente indicam a área dum elemento ambiental (ex.: vegetação, área agrícolas, etc.) afetado pelo empreendimento. Podem ser de três tipos: Absolutos, Relativos ou Discretos. Estes últimos permitem tomar em conta os elementos pontuais (ex.: passagens, monumentos, poços, etc.). Os Indicadores Qualitativos permitem avaliar os elementos ambientais intangíveis ou não quantificáveis numericamente, como por exemplo a qualidade da paisagem ou a qualidade arquitetónica dum monumento.

Definidos o número e tipo de indicadores por elemento ambiental, teremos o seu número total por tema ambiental. Os indicadores corresponderão aos critérios (atributos), neste caso ambientais, na matriz de decisão usada na Análise Multicritério. O valor desses indicadores será tomado como o desempenho de cada alternativa do empreendimento segundo cada critério. Assim, é nesta fase que vai ser definida a dimensão da matriz de decisão, por tema, e global. Para cada tema ambiental é definida uma matriz de decisão de m linhas (m = número de alternativas) e n colunas (n = número de indicadores ambientais para esse tema). Se o tipo de indicador escolhido for Qualitativo, terá de ser realizada uma

quantificação de atributos qualitativos, por exemplo, numa escala de 1 a 10 (COUTINHO -RODRIGUES, 2003).

4.2. Desenvolvimento da metodologia.

A **KB** dispõe também de uma tabela onde são guardadas as medidas de mitigação para cada tipo de projeto, por tema ambiental, a qual vai sendo enriquecida cada vez que usada e atualizada. A função da seleção destas medidas é, por um lado, propor e atualizar uma base de dados sobre medidas de mitigação e, por outro, elaborar uma ponderação sobre o peso dos critérios ambientais, no que respeita às medidas de mitigação efetivamente a aplicar. É definido um fator de ponderação **K** através da relação entre o número de medidas de mitigação efetivamente a aplicar por tema ambiental, e o número de medidas previstas na **KB**. Depois na avaliação multicritério por tema, o peso do tema ambiental (critério), atendendo às medidas de mitigação, é ponderado por esse fator **K**.

4.3. Predição de impactes

A predição de impactes implica a quantificação dos impactes previsíveis. A quantificação de impactes consiste na determinação da sua **magnitude** e na avaliação da sua **significância**. Uma medida dessa magnitude pode ser dada pelo valor do indicador de impacte ambiental selecionado. Para determinação desse valor pode recorrer -se, para além da informação constante no projeto técnico, a modelos de simulação (ex.: modelo de dispersão de poluentes no ar/atmosfera) que permitem estimar a variação de um descritor ambiental, por exemplo a concentração de CO provocada pelo tráfego de uma estrada sobre numa área envolvente à estrada. Para isso o SIG pode fornecer os dados, espaciais e alfanuméricos, de entrada para esses modelos e expor os resultados. Esses modelos de simulação são baseados em formulações matemáticas e algorítmicas, alguns dos quais estão já automatizados em programas computacionais. Nalguns casos, no entanto, essa magnitude é determinada recorrendo apenas a simples operações de análise espacial, ou a operações de geoprocessamento disponibilizadas pelo SIG.

O ArcGis® disponibiliza atualmente um ambiente de geoprocessa-

mento que permite a construção de modelos SIG para desempenharem repetidamente um conjunto de operações de geoprocessamento. Para tal disponibiliza o *ModelBuilder*, um interface visual onde são gerados os diagramas de fluxo dessas operações (ORMSBY *et al.*, 2004). Disponibiliza também mais quatro formas de automatizar operações ou um conjunto (diagrama de fluxo) de operações SIG de geoprocessamento: (1) **a partir da ferramenta na caixa de diálogo**; (2) **usando *shortcut* numa linha de comando de uma janela**; (3) **escrevendo *scripts***; (4) **através da criação de ferramentas personalizadas desenvolvidas com linguagem de programação C++, VB, .NET, C#, com código embebido, que manipulam *ArcObjects*** (conjunto de objetos computacionais especialmente concebidos para programação com as aplicações *ArcGis Desktop* (BURKE, 2003), (ORMSBY *et al.*, 2004).

A Figura 4 mostra, a título de exemplo, o fluxograma do modelo SIG construído para o caso de estudo, denominado **Mod_Flora**, o qual permite gerar o *map layer*.

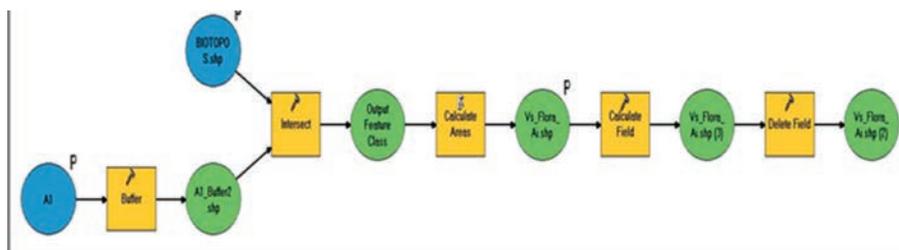


Figura 4 - Fluxograma do Mod_Flora

É assim possível criar automática e repetidamente *map layers* com a distribuição espacial da variação dum descritor ambiental, extrair daí um indicador ambiental (critério) e o respetivo valor (*performance* de cada alternativa segundo esse critério). Nas Figuras 5 e 6 mostram-se alguns mapas gerados no SIG, a partir dos quais foi possível extrair os valores dos indicadores (ex. indicador ambiental Valor Ecológico da Flora).

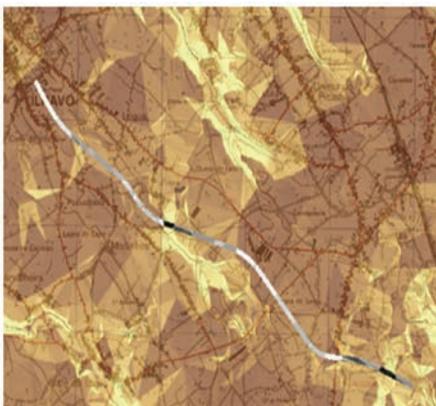


Figura 5 - Mapa da erosão média para a A1

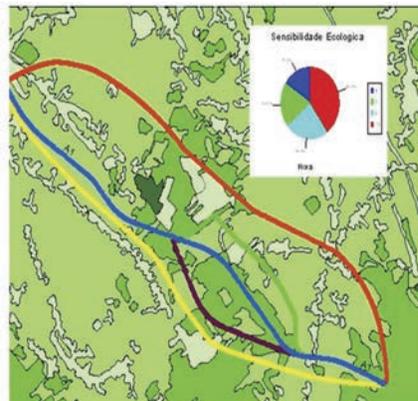


Figura 6 - Mapa da sensibilidade ecológica, flora

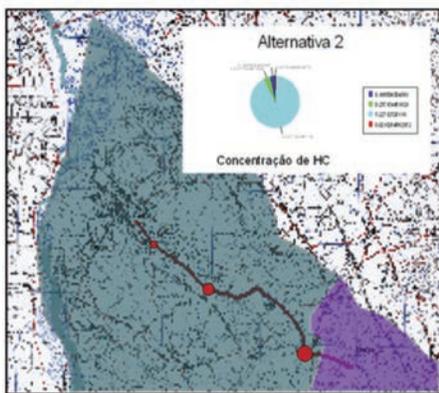


Figura 7 - Concentração de HC para a Alternativa A2

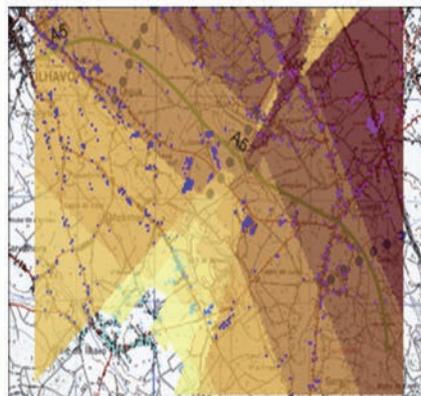


Figura 8 - Distribuição espacial da concentração de CO gerada pela Alternativa 5

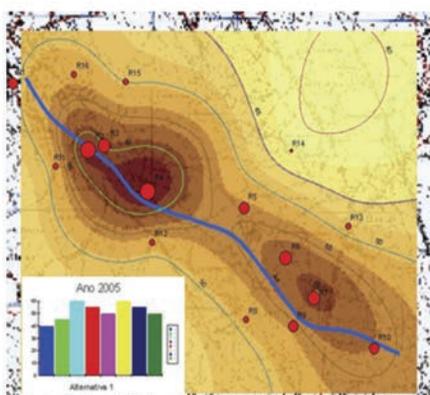


Figura 9 - Mapa e Linha de Contorno de Ruído para a Alternativa 1 e ano 2005

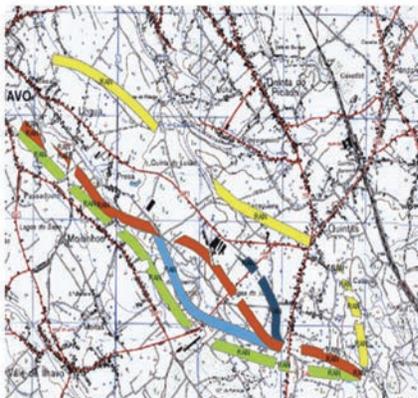


Figura 10 - Áreas de RAN, REN e PP afetadas, por cada alternativa

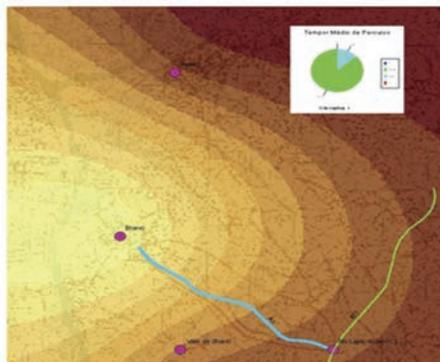


Figura 11 - mapa *raster* GanhoTempo, para alternativa 1



Figura 12 - Zonas de Maior Impacte Visual, sobre Mapa de Sensibilidade da Paisagem

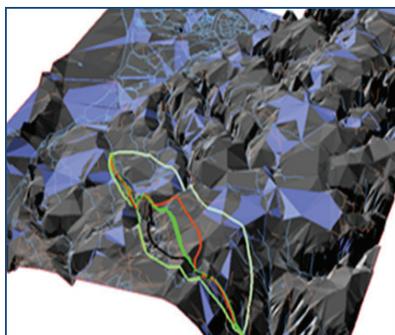


Figura 13 - Visualização dos traçados

A **significância** dos impactes tem a ver com a importância que lhes é atribuída pelos técnicos, opinião pública, instituições, etc. (LOOIJEN, 2004), (ANTUNES *et al.*, 2004) Ou seja, para a tomada de decisão sobre qual a alternativa a escolher interessa ponderar esta importância. Na metodologia a computação da importância que é atribuída a cada tema ou elemento ambiental, segundo determinados critérios, atenuada ou não pelas medidas de mitigação efetivamente a aplicar, vai servir de base à definição dos pesos a usar na análise multicritério. Assim, todos os temas ou elementos ambientais vão ser avaliados sob uma base comum de comparação. Isto é, todos eles são avaliados numa escala de 1 a 6, em função (MOLINES & CHEVALLIER, 2002):

Do seu potencial ambiental - Tendo em conta a situação atual e a

sua evolução na ausência da implementação do projeto, o aspeto (tema ou elemento) ambiental apresenta um potencial local, regional, nacional, ou mundial, em relação às preocupações ecológicas, urbanísticas, patrimoniais, culturais, sociais, estéticas, técnicas, económicas, etc. Esta quantificação tem em conta princípios científicos formais, e incorpora uma atenção a consciência e ao peso que lhe é dado pela sociedade;

Da sua sensibilidade à introdução do projeto - É avaliado aqui o risco de impacto sobre o aspeto ambiental induzido pela introdução do projeto;

Ao risco de impacto após mitigação - Este peso é construído em duas etapas. A primeira corresponde à avaliação desses riscos de impacto, mesmo tendo em conta a introdução de todas as medidas de mitigação possíveis, independentemente do custo financeiro, numa escala de 1 a 3. Na segunda etapa este valor sofre uma transformação linear para a escala ponderada de 1 a 6, através do operador $(2 - K)$. Isto é, $P M (K) m = \times 2 -$, sendo M a graduação do risco de impacto após a adoção de todas as medidas de mitigação possíveis, na escala de 1 a 3, e Pm a importância atribuída ao tema ou elemento ambiental, que cresce com a diminuição da implementação de medidas de mitigação, na escala comum de 1 a 6.

Assim, dum nível 1 que caracteriza um elemento pouco sensível ou de importância apenas local, até ao nível 6 que põe em evidência a presença de uma componente tipo “património mundial”, são definidos 6 valores. O peso para cada elemento dentro do tema ambiental é a correspondente proporção relativa do somatório dos três pesos anteriores, dentro do tema. Esse peso da componente é distribuído uniformemente pelos indicadores ambientais dessa componente. Computacionalmente estas operações podem ser realizadas pela rotina em código *VB* invocada a partir duma caixa de diálogo de atribuição de pesos, sendo guardados numa tabela *dBase*® relacionada com as tabelas de temas e elementos ambientais. Opcionalmente aos pesos “técnicos”, definidos anteriormente, pode optar -se por atribuir pesos “voluntaristas” a cada componente baseado na sensibilidade do utilizador.

Os temas e respetivos indicadores ambientais analisados foram os seguintes:

a) *Geomorfologia e Geologia* §§ Relevo e Topografia §§ Estabilidade de Vertentes b) *Recursos Hídricos* §§ Fluxo de Águas Superficiais §§ Fluxo de Águas Subterrâneas §§ Qualidade das Águas c) *Solos* §§ Erosão §§ Impermeabilização do solo d) *Atmosfera* §§ Qualidade do Ar e) *Sistemas Ecológicos* §§ Flora §§ Fauna f) *Ocupação do Solo* §§ Agrícola §§ Floresta §§ Habitacional §§ Indústria e Serviços g) *Estética* §§ Paisagem h) *Ambiente Sonoro* §§ Ruido i) *Condicionante e Ordenamento* §§ RAN §§ REN §§ Planos de Pormenor j) *Socioeconómico* §§ Acessibilidade §§ População ativa §§ Expropriações

Geomorfologia e Geologia

Para avaliação da magnitude dos impactes sobre este tema e os seus elementos ambientais foram selecionados vários indicadores ambientais. Para o elemento **Relevo e Topografia** foi selecionado o indicador **Volume Total de Escavação (VTE)**, porque é uma “medida” do “rasgo” que é feito no terreno. O seu valor é obtido por consulta ao projeto rodoviário. Para o elemento **Estabilidade de Vertentes** foram selecionados os indicadores **Altura Máxima de Talude (AMT)** - porque está relacionado com a inclinação do talude - sendo o seu valor também obtido por consulta ao projeto rodoviário, e o indicador **Erosão Média (EM)** já que a ocorrência de nascentes de água nos taludes de escavação, associados à erosão provocada pelo escoamento superficial, são suscetíveis de provocar instabilidade de taludes. Para a sua quantificação recorreu -se à construção de um **Mapa de Erosão do Solo**, recorrendo às ferramentas e funcionalidades do *ArcGis®* e da extensão *Spatial Analyst® (SPA)*. Como exemplo mostra -se na ura 5, o **Mapa da Erosão Média para a alternativa A1**.

Recursos Hídricos

Para o tema ambiental “Recursos Hídricos” foram selecionados os elementos ambientais: **Fluxo das águas superficiais; Fluxo de águas subterrâneas; Qualidade das águas superficiais; Qualidade das águas subterrâneas**. Para o primeiro elemento foram escolhidos os indicadores ambientais **Número de Passagens Hidráulica Afetadas (PHA)**, e **Volume de Escoamento Superficial Direto (VESD)**. Para o segundo elemento foi escolhido o indicador **Poços e Furos Diretamente Afetados (PFDA)**. Para o terceiro elemento ambiental **Qualidade das Águas Superficiais** foram

definidos cinco indicadores: **Acréscimo de Concentração de partículas sólidas (SST)**; **Acréscimo de Concentração de Hidrocarbonetos (HC)**; **Acréscimo de Concentração de Cádmió (Cd)**; **Acréscimo de Concentração de Cobre (Cu)**; **Acréscimo de Concentração de Zinco (Zn)**. A título exemplificativo apenas se considerou a concentração de (HC), já que a sua concentração é a que mais nitidamente ultrapassa os limites legais. Para o último elemento **Qualidade das Águas Subterrâneas** considerou -se o indicador **Distância à Mina das Castelhanas**. Como exemplo mostra -se na Figura 7 o mapa da **Concentração de HC para a Alternativa A2**.

Solos

Para avaliação da magnitude dos impactes sobre este tema foram selecionados os elementos **Erosão e Impermeabilização de Solo**. Para o elemento **Erosão** definiu -se o indicador ambiental **Erosão Total (ET)** - já que esta afeta a qualidade do solo. Para o elemento ambiental **Impermeabilização** considerou -se o indicador **Área Total Impermeabilizada (ATI)** uma vez que ela determina a ausência de infiltração imediata no terreno de uma boa parte da precipitação. Para quantificar o valor destes indicadores utilizam -se os dados estatísticos gerados no modelo SIG **Modelo de Erosão** gerado no *ModelBuilder* do ArcGis®.

Atmosfera

Para o presente tema ambiental foi escolhido o elemento ambiental **Qualidade do ar** e os respetivos indicadores ambientais **Concentração de CO sobre o edifício A (CCOA)** e **Concentração de CO sobre o edifício B (CCOB)** .Como exemplo mostra -se na Figura 8 o mapa da **Distribuição espacial da concentração de CO** gerada pela Alternativa 5

Sistemas Ecológicos

Para determinação da magnitude dos impactes sobre este tema selecionaram -se os elementos ambientais **Flora** e **Fauna**. Para o primeiro foi escolhido o indicador ambiental **Valor Ecológico da Flora (VEF)** e para o segundo os indicadores **Valor Ecológico dos Mamíferos (VEM)** e **Valor Ecológico das Aves (VEA)**, afetados pela estrada. Como exemplo mostra -se na Figura 6 o **Mapa da sensibilidade ecológica, flora**. Para

a quantificação desses impactes construíram -se os modelos SIG, **Mod_Flora** e **Mod_Fauna**, apoiados nas capacidades de geoprocessamento do ArcGis®, e nos seguintes pressupostos teóricos: O primeiro efeito duma estrada é a perda não negligenciável de habitats, e o desaparecimento de ecossistemas situados sobre o traçado. O segundo efeito é o corte na paisagem e em fragmentos de habitats - com efeito só as aves conseguem voar - pelo que as outras espécies se vêm impedidas de a atravessar. O terceiro efeito é a recriação de novos ecossistemas dentro do “ambiente” da estrada (GASSER *et al.*, 2004).

Ocupação do Solo

Para avaliação da magnitude dos impactes sobre este tema selecionaram -se os seguintes elementos e indicadores ambientais: O elemento **Ocupação Agrícola** e o indicador ambiental **Total de Área Agrícola Afetada (AAA)**; o elemento **Ocupação Florestal** e os indicadores **Total de Área Florestal Afetada (AFA)**, **Total de Área de Floresta de Produção Afetada (AFPA)**, e **Total de Área de Matos Afetada (AMA)**; o elemento **Ocupação Habitacional** e o indicador **Total de Área Habitacional Afetada (AHA)**; o elemento **Ocupação Indústria e Serviços** e o indicador **Total de Área de Indústria e Serviços (AISA)**. Para quantificar o valor destes indicadores utilizaram -se os dados estatísticos gerados pelo Modelo SIG **AreasAfectadas** que geram o mapa **Areas de RAN, REN e PP afetadas**, por cada alternativa, apresentado na Figura 10.

Estética

Para avaliação da magnitude dos impactes sobre este tema, selecionou -se o elemento **Paisagem**, tendo como indicador único o **Índice de Paisagem (IPS) afetada**. Este índice agrega o somatório para todas as zonas homogêneas de impacto visual - graduadas de 1 a 12 - do produto da sensibilidade média da paisagem, numa largura de 500 metros - para cada zona - pela incidência graduadas das características do projeto no troço atravessando essa zona homogênea. Para a sua quantificação e visualização, construíram - se os modelos SIG, **Sensibilidade da Paisagem** e **Degradação Visual da Paisagem** a partir do qual foi gerado o mapa **Zonas de Maior Impacte Visual, sobre Mapa de Sensibilidade da Paisagem**, conforme se mostra na Figura 12, tendo em conta os se-

guintes pressupostos teóricos: A paisagem pode ser considerada como uma expressão das atividades do homem sobre um determinado sistema biofísico. Constitui, assim, uma entidade mutável cuja sustentabilidade depende necessariamente do equilíbrio dinâmico das interações operadas sobre esse sistema. A sua análise depende do conhecimento de fatores intrínsecos da paisagem, tais como “fatores independentes da ação humana e de âmbito biofísico, como sejam a geologia, a morfologia do terreno, recursos hídricos, solos, biocenoses entre outros” (ARQPAIS, 2001), e de fatores extrínsecos que constituem “aspectos de ordem sociocultural, que atuam ao nível do sistema biofísico e que se refletem em formas de apropriação do território, concorrendo para a caracterização e/ou definição da paisagem, como sejam os modelos de povoamento, a tipologia dos sistemas culturais, entre outros” (ARQPAIS, 2001).

Ambiente Sonoro

Para avaliação da magnitude dos impactes sobre este tema, selecionou -se o elemento **Ruído de Tráfego** e dois indicadores absolutos e dois indicadores relativos, respetivamente **Área total de zona urbana exposta a um LAeq \geq 55 dB(A) para o ano do projecto (AUL55_0)**; **Área total de zona urbana exposta a um LAeq \geq 55 dB(A) para o ano horizonte de projecto (AUL55_30)**, e mais os dois relativos à situação actual (% **AUL55_0**) e (%**AUL55_30**). Para automatizar a quantificação e visualização, construiu -se um modelo SIG denominado **LAeq \geq 55dba**, apoiados nas capacidades de geoprocessamento do *ArcGis*® e nos pressupostos técnicos -legais estipulados no Regulamento Geral sobre o Ruído, publicado pelo D.L 09/2007 de 17 de Janeiro e outras publicações técnicas da especialidade. Como exemplo mostra -se na Figura 9 o **Mapa e Linha de Contorno de Ruído para a Alternativa 1 e ano 2005**.

Condicionante e Ordenamento

Para quantificação de impactes sobre este tema foram selecionados os elementos ambientais **RAN** e **REN** dada sua importância para a preservação do ecossistema ambiental. A discriminação destas áreas, ao nível local (concelho) é feita no PDM (Plano Diretor Municipal). Foi também selecionado o elemento **Planos de Pormenor** pela sua implicação a nível do ordenamento local. Segundo (ARQPAIS), no concelho de

Ílhavo, a data (2001), estavam definidos 4 Planos de Pormenor: Plano de Pormenor de Cimo da Vila; Plano de Pormenor dos 4 Caminhos; Plano de Pormenor da Légua/Presas; Plano de Pormenor da Zona Industrial das Ervasas; Plano de Pormenor das Cancelas. Como indicadores de impacto ambiental foram selecionados: **Área de RAN Afectada (ARANA)**; **Área de REN Afectada (ARENA)**; **Área de PP Afectada (APPA)**. Os seus valores traduzem uma magnitude do impacto nas Condicionantes (RAN e REN) e no Ordenamento (Planos de Pormenor existentes). Para quantificação desses indicadores, construiu-se no *ModelBuilder* do ArcGis® o modelo SIG **Cond_Afecta** que permite automatizar a criação de *map layers* para análise e visualização, conforme se mostra na Figura 10 - Áreas de RAN, REN e PP afetadas, por cada alternativa.

Socioeconómico

Para o caso concreto de um projeto rodoviário, são normalmente associados, pelos especialistas, os seguintes efeitos principais: (1) Alterações da acessibilidade; (2) Condições de circulação; (2) Expropriações de propriedade; (3) Afetação de parcelas com produção agrícola ou florestal; (4) Constituição de barreiras; (5) Desenvolvimento de novas atividades; (6) Alteração da ocupação do solo (7); Alteração ao nível da população ativa e interferência com atividades económicas e equipamentos coletivos. Destes, para exemplo de integração em ambiente SIG, e avaliação multicritério - adaptados ao exemplo de estudo - foram selecionados os elementos ambientais **Acessibilidades**, **Expropriações** e **População Ativa**, tomando como indicadores de impacto ambiental, respetivamente: **Ganho de Tempo (GT)**; **Emprego Induzido (EI)**; **Valor de Expropriação Média (VEM)**; e **Valor de Expropriação Total (VETO)**. Como exemplo mostra-se na Figura 11 o *mapa raster GanhoTempo para a alternativa 1*.

4.4. Avaliação de alternativas

A fase de avaliação de alternativas tem por objetivo a ordenação das alternativas desde a “ambientalmente mais favorável” até à mais adversa. Essa ordenação é o culminar do processo de avaliação multicritério suportado pelos métodos MCAD. No presente trabalho utilizou-se basicamente o ELECTRE III (MAYSTRE *et al.*, 1994) dado a sua especial adequação

ao fim em causa. O algoritmo deste método está disponível em <http://kreation.dec.uc.pt/matrix.html>, uma base de métodos de apoio à decisão multicritério que oferece uma interface web -browser para a edição interativa de problemas (matriz de decisão, parâmetros), centralizando vários algoritmos multiatributo (Simple Additive Weighting, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE I/III/IV/Tri, entre outros).

Conceptualmente o processo de avaliação de alternativas, por tema, inicia -se com a ativação de um menu “Avaliação Multicritério” que dá acesso a uma caixa de diálogo onde se pode optar pela “Avaliação por Tema Ambiental” ou “Avaliação Geral”. A primeira opção chama uma rotina para preenchimento da matriz de decisão e definição 17 dos pesos e limiares de preferência, indiferença e veto, para cada Tema Ambiental (ex. Figura 14 abaixo, Sistemas Ecológicos).

TEMA			SISTEMAS ECOLOGICOS		
Elementos Ambientais			Flora	Fauna	
SIGNIFICÂNCIA (1-6)	Avaliação do Elemento em Relação	Σ	7	8	
		Ao seu potencial ambiental	2	2	
		À sua sensibilidade à introdução do projeto	2	3	
		Ao Risco de Impacte após mitigação	3	3	
		Pesos dos Indicadores (%)	46	27	27
Indicadores			Flora (10⁴)	Mamíferos (10⁴)	Aves
A1			1530	21466	2777
A2			1572	21606	9389
A3			1555	21908	2830
A4			1527	13953	10419
A5			1606	22575	10731
Limiar, q			16	1724	1530
Limiar, p			32	3445	3060

Figura 14 - Matriz de decisão para o tema Sistemas Ecológicos

A dimensão da matriz é previamente definida, durante o desenrolar da rotina VBA, ainda na fase de *Scoping* e Identificação de Impactes, sendo o número de linhas igual ao número de alternativas e o número de colunas é igual ao número de critérios ou atributos ambientais, representados pelos Indicadores de Impacte Ambiental, selecionados para esse tema.

Os pesos são guardados em tabelas dBase® ou Access®. Os limiares de **indiferença**, **preferência** e **veto** podem ser atribuídos de uma forma

voluntarista ou através de uma função. Definida a matriz de decisão (p.ex. Figura 14 - Matriz de decisão para o tema Sistemas Ecológicos), o método ELECTRE III será aplicado retornando duas preordenações parciais, uma para cada destilação, e uma preordenação final dada pela “intersecção” destas duas.

No caso de se optar pela “Avaliação Global” (Figura 15), a matriz de decisão terá as m linhas das alternativas e um número de colunas n “critérios” igual ao dobro do número dos temas ambientais a avaliar T correspondendo a duas colunas por cada tema, uma para a ordenação de preferências das alternativas da destilação descendente e outra para a ordenação da destilação ascendente. No caso de estudo foram selecionados dez temas pelo que a matriz de decisão será de vinte vezes cinco. O valor dos atributos ou desempenhos desta matriz são definidos recorrendo a uma escala que varia de 0 a 20.

Elementos Ambientais		GERAL																			
		GEO.		RH		SOLOS		ATMF.		S.ECO		OCUP.SO		AESTET.		RUIDO		COND.		ECONOM.	
SIGNIFICÂNCIA	Avaliação em relação																				
	Σ	7,8		8,8		7		7,8		8		7,8		5,5		5,5		11		5,1	
	P.Amb.	2		2		2		3		2		3		2		2		4		2	
	S.I.P	3		3		3		2		3		3		2		2		4		2	
	R.I.A.M	2,8		3,3		2		2,7		3		2,7		1,5		1,5		3		1,1	
	Pesos(%)	10		12		9		10		11		10		8		8		15		7	
Indicadores (Destilações)		D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A
A1		0	0	15	15	15	15	5	10	10	10	15	10	10	10	15	15	10	5	0	0
A2		10	10	5	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	10	10	15	10	10	15
A3		0	0	0	0	5	5	5	5	10	10	10	5	10	10	10	10	0	0	10	5
A4		5	5	15	10	5	5	10	15	10	10	20	15	10	10	0	0	15	5	5	10
A5		15	15	10	5	10	10	10	15	10	10	0	0	5	5	5	5	5	0	0	15
Limiar, q (20m-1)		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Limiar, p (2q)		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
v(veto) (3q)		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Figura 15 - Matriz de decisão global, 20 critérios

Trata -se da normalização linear para uma escala comum da classificação das preordenações:

$$r_{ij} = \left[\frac{20}{m-1} \right] \times X_{ij} - \left[\frac{20}{m-1} \right] \quad (1)$$

sendo X_{ij} a classificação ordinal da alternativa i na preordenação j , e m o número de alternativas. Agora, para cada tema, atribui-se uma pontuação de 1 a 6 segundo os critérios: do seu potencial ambiental; da sua sensibilidade à introdução do projeto; ao risco de Impacte após mitigação. Os pesos são distribuídos igualmente pelos dois critérios (ordenações) de cada tema. Também aqui é possível optar pelos pesos “técnicos” ou “voluntaristas”. O resultado são duas preordenações parciais, uma para a destilação ascendente e outra para a destilação descendente, que são agregadas numa única preordenação final, conforme se mostra na Figura 16.

(1)	(2)	(3)
A1,A5	A1,A5	A1
A4	A4	A4,A5
A2	A2	A2,A3
A3	A3	

Figura 16 - Preordenação final

Esses resultados do método ELECTRE III são visualizados numa janela separada do ArcView®. Para isso é construído um botão personalizado no interface do ArcView® que, através do método VB shell, estabelece a comunicação com o referido servidor de algoritmos.

4.5. Análise de sensibilidade

Uma análise de sensibilidade mostra que a alternativa (A1) é a “ambientalmente mais favorável” já que aparece sempre, isolada ou em conjunto com outra, à cabeça das preordenações. Já as alternativas (A2) e (A3), aparecendo consistentemente na cauda das preordenações, podem ser consideradas as “ambientalmente mais adversas”. A Figura 13 mostra uma modelação do terreno no ArcScene® com o traçado “ambientalmente mais favorável” realçado a verde.

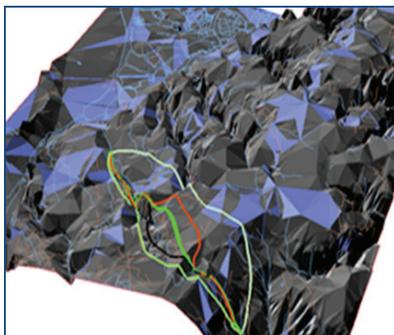


Figura 13 - Visualização dos traçados (repetida para conveniência)

5. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A proposta metodológica apresentada neste trabalho representa um primeiro passo para o desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão Espacial Multicritério (SADE -MC) no domínio ambiental. Considerando o trabalho desenvolvido e os resultados obtidos sugere -se para futuros trabalhos a prossecução da integração SIG -MC com vista à construção do supra -citado SADE -MC, que se constituirá como um efetivo programa computacional de apoio à decisão para diversos projetos sujeitos a EIA.

Essa integração poderá ser desenvolvida em ambiente SIG (desktop ou Server) - o que pressupõe embeber no SIG a codificação de vários algoritmos dos métodos multiatributo ou uma ligação web a uma base de métodos de apoio à decisão multicritério, como por exemplo a disponível em <http://kreation.dec.uc.pt/matrix.html>, anteriormente referida. Isso permitirá carrear cientificidade e objetividade para as tomadas de decisão, no domínio ambiental, sobre os empreendimentos em avaliação, já que a subjetividade sempre presente nos estudos e conclusões dos EIA será substancialmente reduzida.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pela *Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia* (FCT) sob a Ref^a “PEst -OE/ EEI/UI308/2014”, pelo projeto *Energy and Mobility for Sustainable Regions* (EMSURE) - Ref^a

CENTRO -07 -0224 -FEDER -002004, e enquadra -se na iniciativa *Energy for Sustainability* da Universidade de Coimbra.

BIBLIOGRAFIA

- ABRANTES, Graça (1998) - “Conceitos de Sistemas de informação geográfica”. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa, Portugal. Disponível online no endereço url: <http://www.isa.utl.pt/dm/sigdr/sigdr01-02/SIGconceitos.html> (acedido em 28 Março, 2014).
- AGRAWAL, Mohan *et al.* (2003) - “Impact Assessment on Soil Erosion due to Highway Construction using GIS”. in *Electronic Journal of Geotechnical Engineers*. Disponível online no endereço url: <http://www.ejge.com/2003/Ppr0339/> (acedido em 28 Março, 2004).
- ALMEIDA, José & COUTINHO-RODRIGUES, João (2001) - “Estudo de Impactes Ambientais com SIG. Simulação para o Caso da Co -Incineração de Souselas”. Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESCC), Nº 15. Disponível online no endereço url: http://www.inescc.pt/documentos/RR2003_15.pdf (acedido em 28 Março, 2014).
- ANTUNES, Paula *et al.* (2001) - “The Application of Geographical Information Systems to determine environmental impact significance”. In *Environmental Impact Assessment Review*. Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925501000907> (acedido em 28 Março, 2014).
- ARQPAIS, Consultores de Arquitetura Paisagista e Ambiente, Lda., (2001) - “Estudo de Impacte Ambiental da SCUT da Costa de Prata. Lanço ICI * Mira/Aveiro. Sublanço Vagos /Aveiro Sul. Ligação a Ílhavo”.
- BOOTH, Bob (2002) - *Using ArcGis® 3D Analyst* . ESRI Press, Redland, California, 212 p.
- BURKE, Robert (2003) - *Getting to know arcobjects, programing arcgis® with vba*. ESRI PRESS, Redland, Califórnia, 422 p.
- CABRAL, Pedro (2001) - “Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão. O Sistema de Apoio ao Licenciamento da Direcção Regional do Ambiente do Alentejo”. Tese de Mestrado em Sistemas de informação geográfica. Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal. Disponível online no url: www.isegi.unl.pt/la-bnt/tese/tesemaio2001_pedrocabral.pdf (acedido em 28 Março, 2014).
- CÂMARA, Gilberto & QUEIROZ, Gilberto (2001) - “Arquitetura de Sistemas de informação geográfica”. Disponível online no endereço url: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf> (acedido em 28 Março, 2014).

- CAMPOS, Luís *et al.* (1999) - Programação em Visual Basic 6. FCA - Editora de Informática, Lda. Lisboa, Portugal, 464 p.
- CHAKHAR, Salem & MARTEL, Jean-Marc (2001) - "Toward a Spatial Decision Support System: Multi -Criteria Evaluation Functions into Geographical Information Systems". LAMSADE, Université Paris Dauphine, France. Disponível online no endereço url: <http://www.lamsade.dauphine.fr/~chakhar/papers/CM-ANNALES2a.pdf> (acedido em 28 Março, 2014).
- CHAKHAR, Salem & MARTEL, Jean-Marc (2003) - "Enhancing Geographical Information Systems Capabilities with Multi -Criteria Evaluations Functions". Journal of Geographic Information and Decisions Analysis, Vol. 7, N.º 2, 47 -11.
- COE, Davis *et al.* (1998) - "User's Guide for CL4. US". Environmental Protection Agency. Disponível online no endereço url: <http://www.epa.gov/scram001/index.htm> (acedido em 28 Março, 2014).
- COUTINHO -RODRIGUES, João (2003) - Gestão de Empreendimentos. IDTec, Engenharia e Inovação, Lda. Coimbra, Portugal, 480p.
- DECRETO -LEI n.º 09/2007 de 17 de Janeiro. Diário da República, 1.ª série - N.º 12 - 17 de Janeiro de 2007. Lisboa. Portugal
- ERICKSON, Paul (1994) - A Practical Guide to Environmental Impact Assessment. Academic Press San Diego, Califórnia, USA, 266p.
- ESRI Portugal (2004) - Sistemas de informação geográfica. Sebenta do Curso de Introdução ao ArcGis, Nível I. Lisboa, Portugal.
- ESRI Portugal (2005) - Sistemas de informação geográfica. Sebenta do Curso de Introdução ao ArcGis, Nível II. Lisboa, Portugal.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2004) - Environmental impact assessment and environmental auditing in the pulp and paper industry. Disponível online no endereço url: <http://www.fao.org/docrep/005/v9933e/v9933e00.HTM> (acedido em 28 Março, 2014).
- FELIX-FILHO, José (1994) - Integração e concretização de Medidas Mitigadoras no Projeto Rodoviário. Seminário sobre a Avaliação de Impacte Ambiental de Projetos Rodoviários. Espinho, Portugal. 16 a 19 de Março de 1994.
- FELIX-FILHO, José (1994) - Método Simples de Previsão de Impactes na Qualidade da Água Associados às Águas de Escorrência de Estradas. Seminário sobre a Avaliação de Impacte Ambiental de Projetos Rodoviários. Espinho, Portugal. 16 a 19 de Março de 1994.
- FELIX-FILHO, José (1995) - Controlo de Impactes Ambientais de obras de Engenharia Civil. Seminário Luso -Brasileiro de Geotécnica Ambiental. Lisboa, Portugal. 30 e 31 de Março de 1995.

- GASSER, Monique *et al.* (2004) - Autoroutes et aménagements. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne, CH, 327p.
- JOHNSTON, Kevin *et al.* (2001) - Using ArcGis® Geostatistical Analyst (ESRI®). ESRI Press. Redland, California, USA, 300p. Disponível online no endereço url: http://dusk2.geo.orst.edu/gis/geostat_analyst.pdf. (acedido em 28 Março, 2014).
- KELEAGETSE, Sewelo (2001) - Exploring the linkage of Environmental Impact Assessment and Geographic Information Systems: A Case Study of the Run Expressway, Morgantow, Monongalia County, West Virgínia. Tese de Mestrado em Geografia, West Virgínia University, USA, 95p. Disponível online no endereço url: <http://wvuscholar.wvu.edu:1801/webclient/DeliveryManager?pid=6102> (acedido em 28 Março, 2014).
- LOOIJEN, Joan (2004) - Environmental Impact Assessment using GIS and MCE. The International Institute for Geo -Information Science and Earth Observation, Netherlands. Disponível online no endereço url: <http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/quoctuan/Environmental%20Impact%20Assesment.pdf>. (acedido em 28 Março, 2014).
- LOUREIRO, Henrique (2004) - Curso Avançado de Programação em Access com VBA. FCA - Editora de Informática, Lda. Lisboa, Portugal, 336p.
- MALCZEWSKI, Jacek (1999) - Gis and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons, Inc, USA, 408p.
- MAYSTRE, Lucien. *et al.* (1994) - Méthodes multicritères ELECTRE. Press Polytechniques et Universitaires Romandes. Laussane, CH, 327p.
- MCCOY, Jill *et al.* (2002) - Using ArcGis® Spatial Analyst (ESRI®). ESRI Press, Redland, Califórnia, USA, 230p. Disponível online no endereço url: http://www.web.pdx.edu/~emch/gis1/Using_ArcGIS_Spatial_Analyst.pdf (acedido em 28 Março, 2014)
- MOLINES, Nathalie & CHEVALLIER, Jean -Jacques (2002) - Système d' information géographique et analyse multicritère: une association novatrice au service du processus d' évaluation des grandes infrastructures linaires. Disponível online no endereço url: <http://biblio.nantes.archi.fr/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=27051> (acedido em 28 Março, 2014).
- NINA, Nuno (1999) - Visual Basic 6, Curso Completo. FCA- Editora de Informática, Lda. Lisboa, Portugal, 1104p.
- ORMSBY, Tim. *et al.* (2004) - Getting to Know ArcGis® desktop, update for ArcGis 9.0. ESRI Press. Redland, California, EUA, 535p.
- PAMANIKABUD, Pichai & TANSATCHA, Marupong (2001) - "Geographical information system for traffic noise analysis and forecasting with the appearance of barriers". Environmental Modeling & Software Journal, Disponível online no endereço url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>

S1364815203000975. (acedido em 28 Março, 2014).

- PIMENTA, Maria (1998) - Directrizes para a Aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG. Factor de Cultura C e Factor de Erodibilidade do Solo K. Institui da Água (INAG), Direção de Serviços de Recursos Hídricos (DSRH), Lisboa, 12p.
- PINHO, Paulo (1997) - Apontamentos das Aulas de Gestão Ambiental. Curso de Mestrado em Engenharia Urbana, 97 -99. Universidade de Coimbra, Portugal.
- RODRIGUES-BACHILLER, Agustin & GLASSON, John. (2004) - Expert Systems and Geographical Information Systems for Impact Assessment. Taylor and Francis, Inc. London, UK, 408p.
- RODRIGUES, Pimenta *et al.* (1998) - Programação em C++, Conceitos básicos e algoritmos. FCA - Editora de Informática, Lda. Lisboa, Portugal, 478p.
- TAM, Chi Ming *et al.* (2002) - ELECTRE III in evaluating performance of construction plants. University of Hong Kong, Hong Kong. Disponível online no endereço url: <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1577590> (acedido em 28 Março, 2014).
- TOMÁS, Pedro (2003) - Erosão Hídrica do Solo em Pequenas Bacias Hidrográficas. Aplicação da Equação Universal de Perda de Solo. Disponível online no endereço url:[https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571248015/ErosaoPeqBacias .pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571248015/ErosaoPeqBacias.pdf) (acedido em 28 Março, 2014).
- VLADO, V. (2002) - Knowledge Based GIS for Site Suitability. Disponível online no endereço url: [http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap1185/ p1185.htm](http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap1185/p1185.htm) (acedido em 28 Março, 2014).
- ZEILER, Michael (1999) - Modeling Our World. The Esri® Guide to Geodatabase Design. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, Califórnia, USA, 199p.

SESSÃO 12

COMUNICAÇÕES LONGAS

ARTIGO 50

AGIM - ENSINO PÓS-GRADUADO EM GESTÃO DE INFORMAÇÃO AGRÍCOLA E AGRICULTURA DE PRECISÃO EM CABO VERDE E MOÇAMBIQUE

PAINHO, Marco¹; BAPTISTA, Alexandre²; NASCIMENTO, Judite³ & ATUMANE, Ali⁴

¹ Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação - Universidade Nova de Lisboa (Portugal)
Campus de Campolide, 1070-312 Lisboa, Portugal; Tel: +351 213 828616; Fax: +351 213 828611; email:
painho@isegi.unl.pt

² Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação - Universidade Nova de Lisboa (Portugal);
Campus de Campolide, 1070-312 Lisboa, Portugal; Tel: +351 213 828610; Fax: +351 213 828611; email:
a.baptista@isegi.unl.pt

³ Universidade de Cabo Verde (Cabo Verde); Praça António Lerenó, 379C - Praia, Santiago, Cabo Verde;
Tel: (00238) 261 99 04; Fax: (00238) 261 26 60; email: judite.nascimento@adm.unicv.edu.cv

⁴ Faculdade de Agricultura - Universidade Católica de Moçambique (Moçambique); Rua do Aeroporto,
22 - Cuamba, Moçambique; Tel: +258 825 961720; email: aatumane@ucm.ac.mz

RESUMO

Apesar da recente expansão do ensino superior e a crescente procura de profissionais em Gestão de Informação Agrícola e Agricultura de Precisão, Moçambique e Cabo Verde ainda apresentam uma escassez de especialistas altamente qualificados, que tenham a capacidade de formar as futuras gerações de profissionais. Com o objetivo de dar uma resposta adequada à falta de mão-de-obra qualificada, num sector considerado estrategicamente relevante para o desenvolvimento socioeconómico dos dois países, o Instituto Superior de Estatística de Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa (ISEGI-NOVA), em parceria com a Universidade de Cabo Verde (UniCV) e a Universidade Católica de Moçambique (UCM) e com o apoio da Esri Portugal, desenvolveu um projeto (AgIM - *Agricultural Information*

Management and Precision Farming) com um período de execução de 42 meses. Pretende-se através da utilização dos SIG, a capacidade para resolução de problemas locais e regionais e condições para multiplicar os benefícios da transferência do *know-how* do curso de Gestão de Informação Agrícola e Agricultura de Precisão. A primeira edição do Mestrado e Pós-Graduação em Moçambique teve início em 17 de março de 2014, estando previsto o início da 1ª edição em Cabo Verde em setembro de 2014.

PALAVRAS-CHAVE

Ensino pós-graduado, Sistemas de informação geográfica, Agricultura de precisão, Gestão de informação agrícola e *Blended learning*.

AGIM - POST-GRADUATED EDUCATION IN AGRICULTURE INFORMATION MANAGEMENT AND PRECISION FARMING IN CAPE VERDE AND MOZAMBIQUE

ABSTRACT

Despite the recent expansion of higher education and the growing demand for professionals in Agricultural Information Management and Precision Farming, Mozambique and Cape Verde still have a shortage of highly qualified specialists who have the ability to train future generations of professionals. In order to give an adequate response to the lack of skilled labor in a sector considered strategically relevant to the socio-economic development of both countries, the Instituto Superior de Estatística de Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa (ISEGI-NOVA) in partnership with the Universidade de Cabo Verde (UniCV) and the Universidade Católica de Moçambique (UCM) and with support from Esri Portugal, developed a project (AgIM - Agricultural Information Management and Precision Farming) with an implementation period of 42 months. It is intended by the use of GIS, the ability to solve local and regional problems and able to multiply the benefits of transferring the course know-how on Agricultural Information Management and Precision Farming. The first edition of the Master and Postgraduate Course in Mozambique began on March 17th, 2014 and in Cape Verde is scheduled to begin in September 2014.

KEYWORDS

Post-graduated teaching, Geographic information systems, Precision farming, Agriculture information management, *Blended learning*.

1. INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas tem ocorrido um interesse crescente pelo conceito de agricultura de precisão. Este ramo científico tem sido suportado pelos recentes avanços não só nas áreas tradicionais das ciências agrárias como também na emergência e convergência de novas metodologias de processamento nos campos dos Sistemas de informação geográfica (SIG), sistemas de posicionamento global (GPS) e deteção remota que contribuíram para o conceito de variabilidade espacial e temporal. Segundo ADHIKARI (2009) com o desenvolvimento do potencial destas tecnologias, levou a um novo conceito de agricultura focado nos fatores de produção com os seguintes objetivos:

1. Aumento da eficiência da produção e dos lucros
2. Aumento da qualidade de produção
3. Uso eficiente e sustentável de químicos e pesticidas
4. Eficiência energética
5. Proteção do solo e águas subterrâneas

Existem no entanto fatores que limitam a adoção e implementação da agricultura de precisão (KITCHEN *et al*, 2002; WIEBOLD *et al*, 1998), especialmente em países em vias de desenvolvimento, onde os custos e a falta de profissionais qualificados são evidentes. Tendo em conta os objetivos da agricultura de precisão: otimização de recursos e sustentabilidade ambiental, esta deveria ser vista como fundamental no desenvolvimento da atividade agrícola destes países, mesmo que a sua introdução e técnicas sejam diferentes do que é implementado na Europa ou América do Norte (COOK *et al*, 2003; LUMPKIN, 2011; MAOHUA, 2001; MONDAL & BASU, 2009; RILWANI & IKHUORIA, 2006). Neste contexto, foram propostas estratégias de adoção da agricultura de precisão em países em vias de desenvolvimento. MISHRA *et al* (2003) apresentou um plano focado na sua integração na Índia: Criação de equipas multidisciplinares para analisar o raio de ação da agricultura de precisão; Criação de cooperativas de agricultores para auxiliar na aquisição de ferramentas utilizadas na agricultura de precisão; Legislação restritiva do uso indiscriminado de produtos químicos e pesticidas causadores de problemas ecológicos/ambientais; Realização de estudos-piloto junto dos agricultores para de-

monstrar os benefícios da agricultura de precisão.

Em Cabo Verde e Moçambique não existe atualmente nenhuma instituição de ensino superior que ofereça um curso de agricultura de precisão. Tendo em conta a importância do setor agrícola para a economia dos dois países e uma escassez de profissionais qualificados, o ISEGI-NOVA desenvolveu uma parceria com a UniCV e a UCM, no sentido de criar nas duas instituições um curso de pós-graduação e mestrado em gestão de informação agrícola e agricultura de precisão.

2. SITUAÇÃO DO ENSINO SUPERIOR E SETOR AGRÍCOLA EM MOÇAMBIQUE E CABO VERDE

Desde a promulgação da Lei de Ensino Superior em 1993, Moçambique tem registado progressos significativos que culminaram em 2000 com a criação do Ministério do Ensino Superior, Ciência e Tecnologia que tem o papel de coordenar a expansão do sector e promover a equidade no acesso às IES. Com a implementação do Plano Estratégico para o Ensino Superior (PEES 2000-2010), registou-se um aumento do número de instituições públicas e privadas (o país conta atualmente com 38). No entanto a quantidade de alunos continua a ser uma das mais reduzidas da região e ainda permanecem problemas ao nível da qualidade das infraestruturas e do corpo docente. Existe também um desequilíbrio entre os cursos oferecidos e a sua relevância para o desenvolvimento de Moçambique, com a maioria dos estudantes a enveredar pelas ciências sociais em detrimento das ciências naturais e áreas tecnológicas.

Relativamente ao panorama socioeconómico de Moçambique, mais de 70% das famílias com baixos rendimentos habita em áreas rurais. A agricultura é o seu principal meio de subsistência, mas a sua produtividade é muito reduzida. Estas comunidades são extremamente vulneráveis a desastres naturais como secas e cheias, recorrentes no centro e sul do país.

No seio das comunidades rurais de Moçambique, as mulheres encontram-se numa situação de particular desvantagem, principalmente no que se refere ao acesso à educação e saúde. A maioria das mulheres destas comunidades trabalha na agricultura, sendo responsáveis principalmente

pelas colheitas onde a carga de trabalho é pesada e importante no rendimento familiar, pois está dependente da produtividade do trabalhador. No entanto têm pouco acesso ou controlo sobre os recursos de produção (IFAD, 2011).

No caso de Cabo Verde, o ensino superior desenvolveu-se mais recentemente do que em Moçambique. Até à criação da Universidade Jean Piaget (instituto privado) em 2001, o país apenas contava com três instituições públicas de pequena dimensão (Instituto Superior de Educação - ISE; Instituto Superior de Engenharia e Ciências do Mar - ICSEMAR e o Instituto Nacional de Gestão e Administração - INAG). Em 2006 os três institutos acabaram por se associar, criando a Universidade de Cabo Verde, sendo a primeira e única universidade pública no país (o processo só se concluiu em 2008 com a integração absoluta dos três institutos).

A agricultura em Cabo Verde é limitada pela disparidade das secas severas e inundações recorrentes que afetam o arquipélago. Com apenas 10% de solo arável, escassez de recursos minerais, clima árido e terreno montanhoso, a produção agrícola é extremamente limitada, resultando em colheitas irregulares e períodos de fome. Cerca de 90% dos alimentos são importados. Entre as principais culturas de consumo local destacam-se o milho, cana-de-açúcar, fava, batata e amendoim.

O rápido crescimento económico desde o início da década de 1990 reduziu a pobreza em Cabo Verde. De acordo com o Banco Mundial, a percentagem de população na situação de pobreza absoluta reduziu de 49% em 1988-89 para 37% em 2001-02, 27% em 2007 e 24% em 2010. No entanto a desigualdade permanece elevada, tendo aumentado durante a década de 1990 e permanecido elevada desde então, com um coeficiente de Gini para o consumo de 0,49 (2007). A redução de pobreza tem-se revelado mais lenta em áreas rurais, onde residem 72% dos pobres dos quais 30% em estado de pobreza absoluta, contrastando com os 12% registados entre a população urbana. Os valores variam de acordo com a ilha. As ilhas com maior população rural (Santo Antão, Santiago, São Nicolau e Fogo) apresentam os maiores índices de pobreza e escassez de alimentos.

Neste contexto, tem havido um crescente reconhecimento da necessidade de desenvolver novos programas educacionais nos países em

desenvolvimento que reflitam as mudanças e dinâmicas em curso no que concerne a novos conceitos de culturas e gestão territorial, contribuindo deste modo para responder as crescentes necessidades de profissionais qualificados em agricultura.

De modo a responder às evoluções e alterações das necessidades da agroindústria e dos próprios produtores, os programas devem ter em consideração uma profunda compreensão dos condicionalismos na implementação da agricultura de precisão em países em desenvolvimento e a integração de abordagens revolucionárias na gestão de informação agrícola e no desenvolvimento de técnicas adequadas para os locais-alvo, recursos e características dos produtores (agricultura familiar e de subsistência).

3. O PROJETO AGIM

Com base na experiência do Instituto de Superior de Estatística e Gestão de Informação - ISEGI-NOVA em redes de cooperação no campo da Ciência e Tecnologias de Informação Geográfica (PAINHO, 1995 e 1999; PAINHO *et al*, 2007) e de modo a dar uma resposta adequada aos problemas acima descritos relativos a Moçambique e Cabo Verde, o ISEGI-NOVA (como instituição requerente) em parceria com a Escola Superior de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade de Cabo Verde (UniCV) e a Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Católica de Moçambique (UCM) e com o apoio da Esri Portugal (membro associado), submeteu uma proposta ao Programa EDULINK¹, o projeto AgIM (*Agricultural Information Management and Precision Farming*).

O projeto tem uma duração esperada de 42 meses e pretende atingir o reforço institucional e humano das duas IES parceiras, bem como o apoio no desenvolvimento de um curso de pós-graduação e mestrado

¹ O programa EDULINK é financiado pela União Europeia (UE) e implementado pelo Secretariado ACP (African, Caribbean and Pacific Group of States), que tem o objetivo de melhorar a eficácia e o impacto da cooperação UE-ACP no ensino superior. Esta parceira promove a integração regional no domínio do ensino superior através de redes institucionais e o apoio a um sistema de ensino de qualidade, que consiga responder às necessidades do mercado de trabalho e de acordo com as prioridades de desenvolvimento económico dos países ACP (Secretariado ACP, 2007,2008a,2008b). Para mais informações consultar: <http://www.acp-edulink.eu>

de referência em boas-práticas de gestão de informação agrícola e agricultura de precisão em países em vias de desenvolvimento, que irá cobrir três áreas fundamentais:

1. Agricultura de precisão: Adequação dos currículos para a realidade dos países em desenvolvimento (comunidades rurais dedicadas essencialmente à agricultura de subsistência) e através da combinação de integração de abordagens inovadoras na gestão do território com práticas e conhecimentos locais;
2. Sistemas de monitorização e agricultura sustentável: Os conceitos de agricultura de precisão e sustentabilidade são praticamente indissociáveis, devendo ser vistos como fundamentais em estratégias de promoção de desenvolvimento agrícola principalmente no que concerne a países em desenvolvimento;
3. Desenvolvimento da cadeia de produção agrícola: Num período de tempo mais alargado, espera-se que o projeto contribua para uma gestão mais eficiente da produção e rendimentos dos agricultores locais, para além de melhorias no acesso aos mercados agrícolas.

O objetivo específico do projeto passa por melhorar a gestão académica, administrativa e tecnológica das IES parceiras, de modo a sustentar a implementação e transferência de duas edições do curso de pós-graduação e mestrado. O currículo tem como base boas-práticas em gestão de informação agrícola e agricultura de precisão, tendo em consideração os seus últimos desenvolvimentos e condições específicas para a sua introdução em países em vias de desenvolvimento. Existe também o objetivo de estabelecer um enquadramento comum de garantia de qualidade relacionada com o reconhecimento/acreditação do programa de pós-graduação e mestrado AgIM pelas autoridades competentes.

Está prevista a organização de duas edições do AgIM em Moçambique e Cabo Verde e o estabelecimento de dois projetos-piloto de demonstração (um em cada país), que irão desempenhar um papel crucial na implementação do conhecimento adquirido ao longo das unidades curriculares. Para facilitar a transferência de conhecimento será desenvolvido um repositório de práticas e trabalho de campo que servirá como suporte na adaptação

e atualização dos métodos e técnicas adotados.

A primeira edição do AgIM será coordenada e conduzida por um corpo docente do ISEGI-NOVA juntamente com dois professores da UCM e UniCV com formação em tecnologias SIG. Na segunda edição os docentes locais irão estar envolvidos diretamente em todas as atividades, passando os docentes do ISEGI a supervisionar as aulas (à distância e, quando necessário, no local).

4. METODOLOGIA APRESENTADA

O projeto pretende prestar particular atenção às carências das duas instituições parceiras ao nível administrativo, académico e tecnológico (para além das questões relacionadas com a agricultura de precisão). O projeto AgIM irá implementar um conjunto de atividades práticas e em dois projetos-piloto de demonstração, dando oportunidade aos estudantes de aprender métodos de integração de agricultura de precisão e de processos de tomada de decisão. Deste modo é esperado que os alunos atinjam com sucesso os passos fundamentais na adoção e aplicação da agricultura de precisão (KITCHEN *et al*, 2002):

1. Compreensão do conceito de dados espaciais e sua gestão e importância;
2. Aprendizagem do uso de tecnologias (GPS, deteção remota, etc.) que contribuem para a recolha de dados intensiva de informação qualidade a custo reduzido.
3. Aprendizagem de *software* SIG (Sistemas de informação geográfica).
4. Compreensão dos fatores que influenciam a extensão, estabilidade e rendimento da atividade agrícola.
5. Realização de trabalho de campo de modo a compreender as causas da variabilidade (integração de conhecimento local com conhecimento técnico especializado).
6. Otimização da estação estratégica por meio de amostragem e ensaios no local (explorações agrícolas).

Através destes passos, os estudantes irão adquirir conhecimento das várias facetas da agricultura de precisão. Após a formação do curso AgIM, estarão preparados para desempenhar um papel importante como especialistas qualificados no sector agrícola, podendo desenvolver as

seguintes tarefas:

- Aquisição de informação relacionada com solos e dados de produção e sua integração em aplicações de Sistemas de informação geográfica.
- Documentação e tratamento de dados relativos a agricultura de precisão.
- Classificação de campos agrícolas em zonas georreferenciadas tendo como base características de solo e potencial de produção.
- Avaliação de tipo de cultivo adequados a áreas específicas, tendo como base a análise de dados geoespaciais.

A metodologia proposta assenta num conjunto de objetivos:

- Melhorar a gestão administrativa, académica e tecnológica das duas instituições parceiras de modo a apoiar a implementação de duas edições do curso de pós-graduação e mestrado AgIM.
- Desenvolver o curso AgIM tendo em consideração os últimos avanços no campo da agricultura de precisão e condições para a sua implementação em países em vias de desenvolvimento.
- Estabelecer um quadro comum de garantia de qualidade.
- Promover o reconhecimento/acreditação do curso AgIM pelas autoridades competentes.
- Criação de uma rede interinstitucional de modo a promover a investigação, pesquisa e inovação tecnológica entre os parceiros.
- Promover o envolvimento ativo dos beneficiários e a relevância do AgIM no contexto local e regional.
- Garantir a implementação e execução do programa de acordo com as necessidades locais e regionais do mercado trabalho e em conformidade com as condições socio económicas e prioridades de desenvolvimento de cada país.
- Integrar um conjunto de soluções de modo a tornar o AgIM autossustentável com especial atenção para a mitigação do problema da fuga de cérebros dos dois países.

Foi definido um conjunto de grupos-alvo que irão beneficiar diretamente com a implementação do curso de pós-graduação e mestrado AgIM:

- **Estudantes** - São esperados 70 estudantes nas duas primeiras edições,

dividindo-se em 40 em Moçambique e 30 em Cabo Verde. Será realizado um esforço adicional (contactos com instituições de igualdade locais e atribuição de um ponto extra a candidatas ao AgIM) de modo a que pelo menos 30% dos alunos sejam do sexo feminino de modo a aumentar o número de mulheres qualificadas no sector agrícola.

- **Docentes** - Formação de 16 professores no ramo da agricultura e tecnologias de informação geográfica: 8 docentes provenientes da UCM e 8 d UniCV.
- **Gestão/administração** - Através de cursos de formação organizados paralelamente ao AgIM, espera-se a qualificação de staff administrativo, financeiro e relações externas. No total prevê-se a formação de 4 elementos de cada instituição parceira.
- **Técnicos de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)** - Formação de 2 técnicos TIC, que serão responsáveis por desenvolver os websites locais e apoio tecnológico na utilização da plataforma e-learning e seus conteúdos.
- **Pequenos agricultores/comunidades locais** - Pequenos agricultores e comunidades diretamente envolvidos nos dois projetos-piloto de demonstração (1 em cada país).

A médio/longo termo os beneficiários finais do projeto serão todos os cidadãos, agricultores, comunidades, instituições e organizações em Cabo Verde e Moçambique que irão beneficiar por um aumento do numero de profissionais qualificados em agricultura no sector da alimentação, com uma melhor compreensão das necessidades da produção e produtores à escala local e com conhecimento para facilitar os processos de tomada de decisão e aumento dos rendimentos provenientes da atividade. Ao responder diretamente aos problemas detetados no sector agrícola, contribui-se para uma estratégia de redução de pobreza, aumento do fornecimento de alimentação e implementação de boas-práticas e gestão de recursos naturais. Especificamente os principais beneficiários da ação serão:

- Comunidades locais

- Consumidores
- Mulheres
- Pessoas afetadas com VIH/SIDA
- Organizações comerciais/agronegócio
- Outras organizações educacionais
- Instituições de investigação/investigadores
- Outros estudantes
- Autoridades locais
- Administração pública
- Organizações não-governamentais

A implementação do projeto compreende ainda um conjunto de atividades divididas em seis áreas específicas:

1. Gestão das atividades da ação: Transversal a todo o projeto. Reúne os meios para a execução do projeto, implementação (incluindo monitorização, revisão e elaboração de relatórios), avaliação e auditoria.

2. Criação de capacidades académicas e gestão dos parceiros: O objetivo desta atividade é a melhoria da capacidade académica e de gestão/administração geral dos parceiros. Esta atividade será composta por um conjunto de cursos de formação especialmente concebidos para melhorar as qualificações dos docentes e de gestão/administração dos dois parceiros. Estão previstos 6 cursos:

- *Problem based-learning:* Formação dirigida a docentes. Sessões orientadas para o desenvolvimento de projetos.

- *Teorias de desenvolvimento curricular:* Formação dirigida a docentes. Estudo aprofundado dos fundamentos, teorias e procedimentos de desenvolvimento curricular e avaliação.

- *Tecnologias educacionais:* Formação dirigida a docentes e *staff* TIC. Sessões especialmente concebidas para melhorar e facilitar o processo de aprendizagem através do uso de ferramentas de *e-learning* relevantes e inovadoras e gestão de infraestruturas tecnológicas adequadas.

- *Atual estado da arte da agricultura de precisão*: Formação dirigida a docentes e *staff* TIC. Estado da arte das abordagens e métodos utilizados na agricultura de precisão, através da utilização de materiais e conteúdos curriculares relevantes e inovadores.
- *Gestão de projetos internacionais*: Formação dirigida a *staff* administrativo e docentes interessados em submeter projetos internacionais. Direcionado principalmente para recursos humanos das instituições parceiras, mas também estará disponível para outros interessados como instituições governamentais, organizações não-governamentais (ONG's) e consultores. O curso irá focar-se em padrões, ferramentas e diretrizes de gestão de projetos estabelecidos para apoiar boas-práticas de gestão e tomadas de decisão, ao longo de um ciclo de gestão de um projeto.
- *Gestão de relações externas no ensino superior*: Formação dirigida a *staff* administrativo e docentes interessados em submeter projetos internacionais. As atividades de formação passarão por temáticas como estágios e integração dos estudantes no mercado de trabalho, colaborações externas, criação de redes institucionais com os principais parceiros nacionais/internacionais, promoção do envolvimento com as comunidades locais, ONG's e autoridades locais.

3. Desenvolvimento do currículo AgIM: Este bloco compreende um conjunto de atividades relacionadas com a construção do currículo do curso AgIM, lidando com todos os aspetos da criação, estruturação e organização do currículo, incluindo todas as atividades relacionadas com a criação e produção dos seus elementos-chave (*e-books*, exames de avaliação, bibliografia recomendada, recursos de internet, exercícios práticos, estudos de caso, apresentações de palestras, atividades de aprendizagem, repositórios de dados, etc.).

4. Criação e gestão de dois projetos-piloto de demonstração: Este bloco inclui uma vasta gama de atividades relacionadas com a criação de dois projetos-piloto de demonstração (um em cada país parceiro) que irão desempenhar um papel crucial em toda a ação. Espera-se que o conhecimento e a experiência adquirida através da implementação destes

dois projeto-piloto irão contribuir para desenvolver uma análise crítica e avaliação da adequação do curso de mestrado, fornecendo simultaneamente uma perceção mais profunda sobre as abordagens e estratégias que podem apoiar programas de educação mais eficazes e relevantes em Moçambique e Cabo Verde.

5. Duas edições do curso de pós-graduação e mestrado AgIM: Este bloco inclui as atividades de ensino (palestras, sessões tutoriais, seminários, projetos de supervisão/dissertação, avaliação, etc.), relacionados com as duas edições do Programa de Pós-Graduação e Mestrado AgIM em Moçambique e Cabo Verde.

6. Desenvolvimento de ações de promoção e divulgação: Esta atividade compreende um conjunto de ações de divulgação e exploração projetados para integrar e manter boas-práticas de educação em agricultura de precisão em países em desenvolvimento e para incrementar as redes interinstitucionais entre os parceiros.

5. MODELO PEDAGÓGICO

O Programa de Pós-Graduação e Mestrado do curso AgIM tem a duração de três semestres e integra um conjunto de unidades curriculares de natureza obrigatória. O primeiro semestre do curso consiste em quatro unidades curriculares que proporcionam competências e conhecimentos específicos considerados essenciais para atingir os objetivos definidos para o programa de estudos:

- SIG e Agricultura de Precisão
- Métodos de Pesquisa
- Aquisição de Dados
- Detecção Remota e Análise Espacial
- O segundo semestre do curso apresenta um conjunto de quatro unidades curriculares com um maior nível de especialização e aprofundamento:
 - Métodos Quantitativos
 - Agricultura de Precisão
 - Gestão de Informação Agrícola
 - Implementação da Agricultura da Precisão na Comunidade

Os objetivos e o conteúdo das unidades visam a aquisição de competências necessárias para a continuação do processo de aprendizagem e conhecimento, promovendo a investigação científica e utilização de técnicas e abordagens adequadas para a resolução de problemas complexos na área de Gestão de Informação Agrícola e Agricultura de Precisão. O terceiro semestre do curso é dedicado à preparação da dissertação.

A obtenção de um diploma de pós-graduação é dependente da realização dos créditos associados às oito unidades curriculares que integram o 1.º e o 2.º semestre. A concessão do grau de mestre exige, além da aprovação na componente curricular do 1.º e do 2.º semestre, a elaboração de uma dissertação, sua discussão e aprovação.

As unidades curriculares serão lecionadas de forma sequencial. O início de uma unidade curricular coincide necessariamente com o término da unidade curricular que lhe antecede. Cada unidade curricular tem uma duração prevista de 5 semanas, conforme esquema que se segue (ver figura 1):

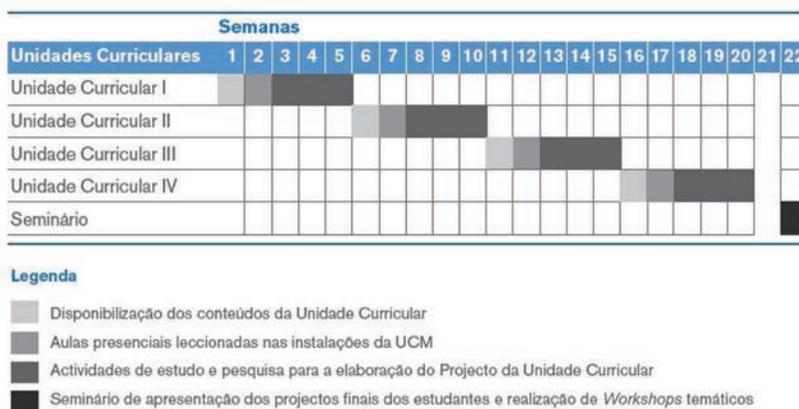


Figura 1 - Sequência das Unidades Curriculares

No final de cada semestre irão decorrer as defesas dos trabalhos realizados pelos alunos (um projeto por unidade curricular). As discussões estão abertas, podendo assistir, para além de docentes, alunos e *staff* das IES parceiras, elementos de ONG's, cidadãos, produtores locais, entre outros.

6. SITUAÇÃO ATUAL DO PROJETO AGIM

O início formal do projeto decorreu no *First Steering Committee* (27 e 28 de Novembro de 2013 - ISEGI-NOVA) onde se reuniram todos os parceiros do consórcio: ISEGI-NOVA, UniCV, UCM e Esri Portugal (ver figura 2). Esta reunião teve como objetivo a apresentação dos objetivos e sua discussão, calendarização das aulas e datas importantes no projeto e distribuição de tarefas entre os parceiros.



Figura 2 - Sequência das Unidades Curriculares

Para efeitos de informação e divulgação, foi criado um *website* oficial do projeto (<http://agim.isegi.unl.pt>), sendo possível consultar os objetivos do AgIM, participantes, unidades curriculares e cursos de formação a serem lecionados durante o período de implementação do projeto (ver figura 3).

Cada parceiro conta também com um *website* próprio integrado no principal, onde se encontra reunida a informação específica de cada IES (<http://agim.isegi.unl.pt/pt/ucm/> - UCM; <http://agim.isegi.unl.pt/pt/unicv/> - UniCV) (ver Figuras 4 e 5).



Figura 3 - Página principal do website AgIM



Figura 4 - Página principal do website AgIM - UCM



Figura 5 - Página principal do website AgIM - UniCV

O curso AgIM será lecionado em regime de *blended learning (b-learning)*, ou seja reúne as características referentes ao *e-learning* (disponibilização dos conteúdos *online* e apoio dos docentes à distância) com aulas presenciais. A componente do *e-learning* é garantida por meio de uma plataforma Moodle desenvolvida especialmente para o AgIM (<http://moodle.agim.isegi.unl.pt/>). Os alunos do curso terão acesso ao Moodle AgIM onde estão disponibilizados os conteúdos das unidades curriculares para além de elementos de avaliação. A plataforma servirá também como um ponto de contacto entre os docentes e estudantes (ver figura 5).

A 1ª edição do AgIM irá decorrer numa primeira fase em Moçambique, a partir de Março de 2014. Até ao momento contam-se 17 candidatos, a maioria dos quais com formação académica em ciências agrárias, como seria de esperar de um curso de agricultura de precisão, os restantes são originários das áreas de gestão, ciências biológicas e química marinha.

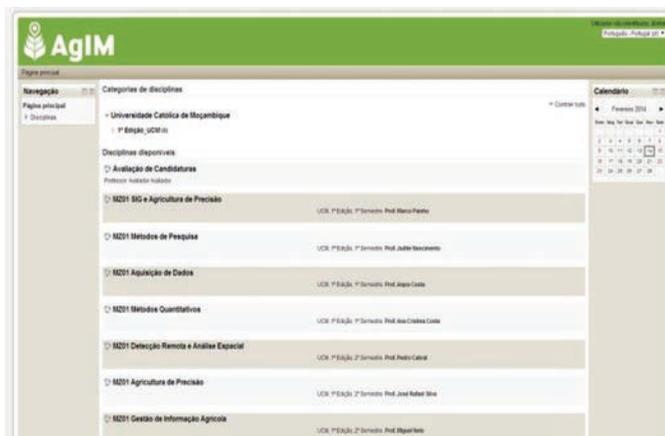


Figura 6 - Página principal do Moodle AgIM

7. CONCLUSÃO E RESULTADOS ESPERADOS

Através dos objetivos propostos e metodologia adotada, foi delineado um conjunto de resultados esperados. Em primeiro lugar e ligado diretamente ao curso de pós-graduação e mestrado AgIM prevê-se a formação de 16 professores (8 em cada instituição parceira), que serão responsáveis por lecionar as unidades curriculares na 2ª edição do curso, com o apoio de docentes do ISEGI-NOVA, permitindo deste modo a sustentabilidade da ação. Este conjunto de docentes será selecionado dos alunos que irão frequentar a 1ª edição. Com a organização de uma série de cursos de formação, pretende-se a qualificação de pessoal administrativo, gestão e de tecnologias de informação (5 em cada IES) o que irá permitir colmatar carências detetadas e valorizar as instituições parceiras.

Outro grande objetivo passa pela organização de dois projetos-piloto de demonstração em agricultura de precisão (Cabo Verde e Moçambique). Estes projetos além de terem a função de possibilitar aos alunos uma experiência *in situ* da aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo das unidades curriculares, permite também o contacto com as comunidades e produtores locais, dando a conhecer os seus problemas e facilitando a adaptação das técnicas de agricultura de precisão em países de desenvolvimento (ver Figuras 7 e 8).



Figura 7 - Alunos do AgIM em trabalho de campo (Moçambique)



Figura 8 - Alunos do AgIM em trabalho de campo - contato com as comunidades locais (Moçambique)

Os projetos piloto servirão de base para a criação de uma plataforma de boas-práticas de agricultura de precisão em países em desenvolvimento (estando também previsto um livro sobre o tema) e também um pequeno documentário de 15 minutos relativo a estas ações. Para efeitos de divulgação da temática da agricultura de precisão, serão organizadas duas conferências em cada IES.

O AgIM será pioneiro no âmbito do ensino pós graduado em agricul-

tura de precisão nos dois países envolvidos no processo. Para além da formação de técnicos especializados em um sector determinante para o desenvolvimento socioeconómico de Cabo Verde e Moçambique, permite também adaptar e testar as tecnologias da agricultura de precisão em pequenas comunidades rurais que praticam essencialmente a atividade como meio de subsistência.

O projeto aborda também com especial atenção as componentes de gestão/administração, académica, investigação e tecnológica das IES parceiras, levando a que exista um esforço, por meio da organização de cursos/*workshops* para responder aos problemas encontrados de modo a valorizar as instituições e o seu *staff*. Com o reforço das relações externas dos parceiros juntamente com o conhecimento técnico adquirido, tanto a UniCV como a UCM poderão tornar-se centros de referência no âmbito da gestão de informação agrícola e agricultura de precisão, e sua aplicação em países em desenvolvimento.

BIBLIOGRAFIA

- ADHIKARI, Kabindra *et al.* (2009) “Site specific land management: General concepts and applications”. In JRC Scientific and Technical Reports, Luxemburgo. Disponível online no endereço url:http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eusoils_docs/other/EUR23978.pdf (acedido em 17 Fevereiro, 2014).
- COOK, Simon *et al.* (2003) - “Precision agriculture” in Stafford, J.V & Werner, A (eds.): Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 115-119.
- INTERNATIONAL FUND FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT (2011) - “Republic of Mozambique: Country strategic opportunities programme”. IFAD, Roma, Itália. Disponível online no endereço url: <http://www.ifad.org/gbdocs/eb/103/e/EB-2011-103-R-13.pdf> (acedido em 13 Fevereiro, 2014).
- KITCHEN, Newell *et al.* (2002) - “Educational needs of precision agriculture” Precision Agriculture, Nº 3, 341-351.
- LUMPKIN, Thomas (2011) - “Help for developing countries in a world of rising grain prices”
- ISHS Acta Horticulturae, Vol. 916, 31-46.
- MAOHUA, Wang (2001) - “Possible adoption of precision agriculture for developing countries at the threshold of the new millennium” Computers and electronics in agriculture, Vol. 30, Nº 3, 45-50.

- MINISTÉRIO DO ENSINO SUPERIOR, CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2000) - “Strategic plan of higher education in Mozambique”. Ministério do Ensino Superior, Ciência e Tecnologia, Maputo, Moçambique. Disponível online no endereço url: http://planipolis.iiep.unesco.org/upload/Mozambique/Mozambique_HE_Strategic_Plan%202000_2010.pdf (acedido em 13 Fevereiro, 2014).
- MISHRA, Ashish *et al.* (2003) - “Operationalization of precision farming in India”. In Map India 2003. Disponível online no endereço url: <http://gisdevelopment.net/application/agriculture/overview/pdf/127.pdf> (acedido em 17 Fevereiro, 2014).
- MONDAL, Pinaki & BASU, Manisha (2009) “Adoption of precision agriculture in India and in some developing countries: scope, present, status and strategies” Progress in natural science, Vol. 19, N°6, 659-666.
- PAINHO, Marco (1995) “Teaching GIS to multiple background students: ISEGI’s experience” Proceedings of the Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information - from Research to Application through Cooperation, Vols. 1 e 2, 281-285.
- PAINHO, Marco (1999) - Teaching GIS in Information Management - A discussion of teaching methods, options and curricula for GIS teaching in higher education. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- PAINHO, Marco *et al* (2007) - “eduGI Project - An International Network for GIScience Courses Exchange”. In Proceedings of the 7th Annual ESRI Education User Conference, San Diego, Estados Unidos. Disponível online no endereço url:http://proceedings.esri.com/library/userconf/educ07/educ/papers/pap_1499.pdf (acedido em 13 Fevereiro, 2014)
- RILWANI, Momoh & IKHUORIA, Isi (2006) - “Precision farming with geoinformatics: a new paradigm for agricultural production in a developing country” Transactions in GIS, Vol. 10, N° 2, 177-197.
- WIEBOLD, William *et al.* (1998) - “Determining barriers to adoption and research needs of precision agriculture”. In Report to the North Central Soybean Research Program, Missouri, Estados Unidos. Disponível online no endereço url: <http://www.fse.missouri.edu/mpac/pubs/parpt.pdf> (acedido em 15 Janeiro, 2014)

ARTIGO 51

TECNOLOGIAS GEOESPACIAIS NA DEMARCAÇÃO DA FRONTEIRA DA GUINÉ-BISSAU

*NUNES, Maria do Carmo; COSTA, Fernando Lagos; MELO,
Ana Raquel & MORGADO, Ana Maria*

Instituto de Investigação Científica Tropical (Portugal); Travessa do Conde da Ribeira, 9B, 1º, 1300-142 Lisboa, Portugal; Tel: +351 213 616340; email: mcarmonunes15@gmail.com; flcosta1955@gmail.com; a.raquel.melo@gmail.com; anammorgado@gmail.com

RESUMO

A demarcação das fronteiras africanas é uma questão em aberto, sobretudo, por dificuldade de acesso à informação sobre a sua delimitação. Por razões históricas, o Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT) concentra um vasto acervo sobre fronteiras da CPLP, incluindo informação histórica e dados geográficos, em cadernetas de campo, croquis e cartografia de precisão. Delegações oficiais têm consultado essa documentação pelo que se considerou importante desenvolver um projeto¹ para implementar um Sistema de Informação Geográfica de Fronteiras (BGIS - Boundary Geographical Information System), para organizar a documentação e investigar metodologias visando a localização precisa dos marcos e da linha de fronteira.

¹ Projeto financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia: PTDC/ATP-GEO/4645/2012, GEOBOUND - Tecnologias Geoespaciais na Demarcação e Gestão da Fronteira da Guiné-Bissau / Geospatial Tools on Demarcation and Management of Guinea Bissau Boundary.

Apresentam-se os resultados preliminares deste projeto, sobre a fronteira da Guiné-Bissau, território onde ocorreram disputas sobre os limites da fronteira, sobretudo por desconhecimento da posição de marcos. O recurso a tecnologias geospaciais como deteção remota, posicionamento por satélite e a trabalhos de campo, permitirá a reconstituição da linha de fronteira, no BGIS, essencial para uma fidedigna caracterização, monitorização e gestão da fronteira.

PALAVRAS-CHAVE

Fronteira, SIG, Deteção remota, GNSS/GPS, Guiné-Bissau.

GEOSPATIAL TECHNOLOGIES ON DEMARCATION OF GUINEA BISSAU BOUNDARY

ABSTRACT

The demarcation of African boundaries still continues to be an unresolved issue, essentially to difficulty accessing information of its delimitation. For historical reasons, the Tropical Research Institute (IICT) concentrates a vast collection of information on the borderlands of the CPLP countries, which comprises historical documents and spatial data, included in field notebooks, sketches and mapping accuracy. Many official delegations have checked the documentation, therefore it was considered important to carry out a project to implement a Boundary Geographic Information System (BGIS), to organize boundary documents and to investigate methodologies for the accurate location of the boundary beacons and the borderline.

We present the preliminary results of this project, on the Guinea-Bissau border, a territory where boundary disputes occurred, especially due to the unknown position of the beacons. The use of geospatial technologies such as remote sensing, satellite positioning and fieldwork, will allow the reconstruction of the boundary, in a BGIS, essential for an accurate characterization, monitoring and management of the boundary.

KEYWORDS

Boundary, GIS, Remote sensing, GNSS/GPS, Guinea-Bissau.

1. INTRODUÇÃO

Muitas das fronteiras em África são consideradas como artificiais, por uma grande maioria de autores, pois não seguem elementos geográficos naturais, não contemplam as formas de organização política e social dos

seus povos, nem a sua distribuição étnica. África é considerada o continente mais dividido pois é constituído por 55 estados e 109 fronteiras internacionais e tem o mais baixo *ratio* entre o comprimento das linhas de fronteira e a área territorial. Apenas 26% das fronteiras africanas seguem formas de relevo (montanhas, linhas de água ou de cumeada, limites de bacias hidrográficas) e as restantes correspondem a linhas geométricas, parte das quais definidas segundo meridianos ou paralelos (Amaral, 1995).

Em África, no tempo pré-colonial, havia a noção de territorialidade e de fronteira separando entidades políticas, que eram definidas por vários fatores como o sistema político e económico ou a proporção entre a terra e a população, e não dependiam de unidades étnicas, culturais ou linguísticas, sendo por isso espaços que englobavam várias etnias e diversas línguas. No período colonial a Partilha da África foi basicamente definida após a Conferência de Berlim de 1884/85, por acordos bilaterais entre as potências administrantes para delimitação e demarcação das fronteiras, tendo sido a maioria concluída nas duas décadas seguintes.

Os limites fronteiriços, do período colonial, foram assumidos pelos novos Estados independentes, tendo-se mantido uma certa tradição africana pré-colonial de espaços políticos plurilinguísticos e multiétnicos (Döpcke, 1999). Apesar disso, muitos autores consideram que os novos países africanos adotaram o modelo europeu de estado nação e acabaram por englobar sociedades pluriculturais e multiétnicas dentro das fronteiras coloniais artificiais (Amaral, 1994). Em África existem 834 grupos etnolinguísticos, de entre os quais 358 se encontram distribuídos por mais de um país (Murdock, 1959; Michalopoulos & Papaioannou, 2011).

A elevada percentagem de fronteiras segundo linhas retas, bem como a divisão de áreas culturais, podem sugerir uma política de desrespeito pelas realidades pré-coloniais na delimitação das fronteiras. Döpcke (1999) considera, no entanto, que existem fortes indícios de que as potências colonizadoras entraram em linha de conta com algumas das realidades sociais pré-existentes para definir as fronteiras de África e de que os dirigentes africanos locais influenciaram, em parte, o seu traçado. Admite mesmo que existem casos de correspondência entre os limites coloniais e a orientação das divisões políticas anteriores, pois muitos dos

espaços de jurisdição de chefes africanos, referidos em tratados entre os representantes dos estados europeus e aqueles dirigentes locais, foram mantidos pelas potências coloniais europeias.

Uma grande parte dos investigadores que se dedicaram ao estudo das fronteiras em África admite, no entanto, que o traçado das fronteiras coloniais constitui um importante elemento gerador de conflitos, entre os estados africanos, ou mesmo dentro deles, constituindo um dos principais fatores de instabilidade política. Contrariamente Döpcke (1999) afirma que os conflitos armados em África ocorreram sobretudo a nível interno, dos próprios países, e a maioria das disputas fronteiriças entre 1958 e 1995, em torno de 25 casos, não envolveu violência e foi resolvida por mútuo acordo.

A linha de fronteira da Guiné-Bissau separa alguns espaços étnicos entre os países vizinhos, como os balantas, fulas e mandingas no troço norte da fronteira e os fulas no leste. A fronteira não constitui, no entanto, uma barreira aos movimentos de população e às suas atividades quotidianas, como é o caso particular do setor norte, com o Senegal, onde há grandes afinidades étnico-linguísticas entre os povos dos dois países.

A Guiné-Bissau é um país multiétnico e plurilinguístico, aspetos que têm contribuído, pelo menos em parte, para condicionar a unidade nacional e a estabilidade do país, apesar da coexistência pacífica entre as diversas etnias. Trata-se, apesar disso, de um pequeno país com uma história de algumas disputas fronteiriças, pelo que delegações oficiais têm vindo consultar a documentação da sua fronteira, existente no IICT, de modo a esclarecer questões particulares sobre alguns troços.

2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO E GEOGRÁFICO

A Guiné-Bissau, localizada na costa ocidental de África, faz fronteira com o Senegal a norte, na região de Casamança, numa extensão de cerca de 338 km, segundo a direção predominante este-oeste. No seu troço mais oriental foi definido por um paralelo enquanto no ocidental, por uma linha a meia distância entre os rios Cacheu na Guiné-Bissau e o Casamança no Senegal, até ao litoral norte, na região do Cabo Roxo (figura 1).

A fronteira com a Guiné-Conacri, a leste e a sudeste, estende-se por cerca de 386 km, tendo uma orientação geral norte-sul, no setor leste, e uma disposição conjunta nordeste-sudoeste, no troço sudeste. A sua demarcação foi definida pelos talvegues do Rio Corubal e seus afluentes, e nalguns troços por linhas retas e pelo talvegue do Rio Cajete, no setor com cerca de 9 km, mais próximo do litoral (figura 1).

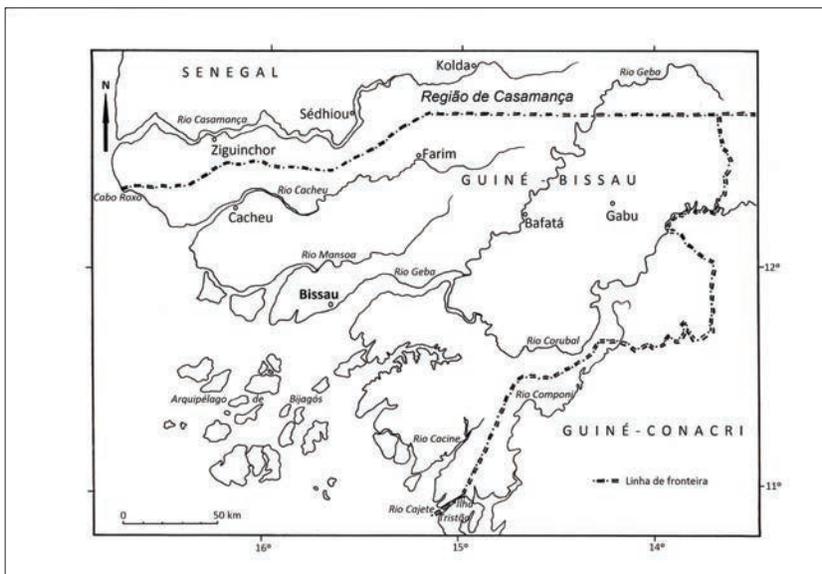


Figura 1 - Localização da Guiné-Bissau

A fronteira da Guiné-Bissau foi delimitada na sequência da “Convenção relativa à delimitação das possessões portuguesas e francesas na África Ocidental”, concluída e assinada em Paris a 12 de Maio de 1886 e ratificada em Lisboa a 31 de Agosto do mesmo ano. No artigo I dessa Convenção a fronteira foi delimitada da seguinte forma: “a) ao Norte, uma linha que, partindo do Cabo Roxo se conservará [...] a igual distância dos rios de Casamansa (Cazamance) e de São Domingos de Cacheu (San-Domingo de Cacheu) até à intersecção do meridiano de 17° 30’ de longitude Oeste de Paris com o paralelo de 12° 40’ de latitude Norte. Entre este ponto e o meridiano de 16° de longitude Oeste de Paris a fronteira confundir-se-á com o paralelo de 12° 40’ de latitude Norte; b) a Leste, a fronteira seguirá

o meridiano de 16° de longitude Oeste de Paris, desde o paralelo de 12° 40' de latitude Norte até ao paralelo de 11° 40' de latitude Norte; c) ao Sul, a fronteira seguirá uma linha que partindo da foz do rio Cajé, situado entre a ilha Catack (atribuída a Portugal) e a ilha Tristão (atribuída a França) e, conservando-se [...] a igual distância do rio Componi (Tabatí) e do rio Cassini, [...] terminando no ponto de intersecção do meridiano de 16° de longitude Oeste de Paris com o paralelo de 11° 40' de latitude Norte. Ficaram pertencendo a Portugal todas as ilhas compreendidas entre o meridiano de Cabo Roxo, a costa e um limite meridional formado por uma linha que segue o thalveg do rio Cajet dirigindo-se depois para Sudoeste, seguindo o canal dos Pilotos até atingir o paralelo de 10° 40' de latitude Norte [...] até ao meridiano de Cabo Roxo”.

Em 1887 foi nomeada uma Comissão de Limites que tinha como objetivo o reconhecimento de campo para a execução da Convenção de 1886. Os trabalhos levados a cabo pela Comissão em 1887/1888 foram iniciados no sul, a partir da Ponta Cajete (Cachequé), progredindo daí para norte, até à região de Dandum (Dandong), no limite leste, correspondente ao meridiano 16o oeste de Paris.

Na Tabela 1 apresenta-se uma síntese cronológica dos principais tratados, campanhas de levantamentos e de demarcação da fronteira da Guiné-Bissau, e ainda da cartografia produzida a nível de todo o país e da fronteira, na sequência daquela Convenção. Esta síntese foi baseada nos documentos existentes no IICT sobre a fronteira da Guiné-Bissau (1890 a 1965).

Entre 1901 e 1905 decorreram várias campanhas para demarcar com alguma precisão a fronteira, numa extensão total de aproximadamente 724 km, com a implantação de 184 marcos primários (Tabela 1). A linha de fronteira foi materializada no terreno por uma pista de três metros de largura e por marcos de cimento, sobretudo na fronteira norte (figura 2.a), e por marcos de pedra solta, principalmente nos troços leste e sudeste da fronteira.

A demarcação desta fronteira foi um dos primeiros trabalhos levados a cabo na África de expressão portuguesa. A aprovação final dos limites sudeste e leste, com a atual Guiné-Conacri, foi realizada em 1904 e o

acordo sobre o limite norte, com o atual Senegal, foi concretizado em 1906, entre Portugal e França, com base nos limites estabelecidos num mapa na escala de 1:250 000.

Tabela 1 - Campanhas de demarcação da fronteira e cartografia da Guiné-Bissau

Data	Campanhas / Informação Geográfica
1886	Convenção relativa à delimitação das possessões portuguesas e francesas na África Ocidental.
1887 - 1888	Campanhas de reconhecimento de campo.
1901 - 1902	Campanhas de demarcação da fronteira sul da Ponta Cajete ao marco 24 (marcos de pedra solta).
1902	Carta da Guiné Portuguesa na escala de 1:1 000 000 (Lith. C. Nal. Editor, 1902).
1903	Campanha de demarcação da fronteira sul oriental, leste e norte oriental dos marcos 24 a 66 (marcos de pedra solta).
1904 - 1905	Campanhas de levantamentos da margem direita do Rio Cacheu e da esquerda do Casamansa (fronteira norte) e construção de marcos de cimento.
1906	Carta na escala de 1:250 000 com a linha de demarcação da fronteira norte dos marcos 66 a 184 (da região de Pirada ao litoral) em 2 folhas.
1906	Acordo final entre Portugal e França de demarcação da fronteira.
1906	Esboço da Carta da Província da Guiné na escala de 1:500 000 (CC/IICT, 1906).
1919	Carta na escala de 1:250 000 de delimitação da fronteira da Guiné em 3 folhas.
1925	Campanha de verificação da fronteira da Guiné. Edificação de 6 marcos intercalares na fronteira sul entre os marcos 1 e 2 e revisão da fronteira norte entre os marcos 66 e 184.
1928 - 1929	Campanhas de retificação da fronteira da Guiné. Determinação de latitude e longitude de alguns marcos com Teodolito (Zilhão, 1930a).
1929	Carta de retificação de fronteiras da Guiné na escala de 1:100 000.
1929 - 1930	Campanhas de verificação da fronteira da Guiné. Determinação de latitude e longitude de alguns marcos com Teodolito (Zilhão, 1930b).
1930	Carta de fronteiras da Guiné na escala de 1:200 000.
1930 - 1931	Campanhas de retificação da fronteira da Guiné. Determinação de latitude e longitude de alguns marcos com Teodolito (Zilhão, 1932).
1931	Carta da Fronteira da Guiné na escala de 1:250 000.
1933	Carta da Colónia da Guiné na escala de 1:500 000 (CC/IICT, 1933).
1944 - 1954	Campanhas de geodesia da Guiné.
1949 - 1955	Fotografia aérea da Aviação Naval.
1950 - 1965	Carta da Guiné Portuguesa na escala de 1:50 000 (com localização de todos os marcos de fronteira) (JMGIU/IICT, 1950-1965).
1961	Carta da Província da Guiné na escala de 1:500 000 (com localização de todos os marcos de fronteira) (JIU/IICT, 1961).

De 1925 a 1931 decorreram várias missões de verificação e retificação da fronteira, durante as quais se fizeram observações astronómicas, com teodolito (figura 2.b), em alguns marcos, permitindo obter as coordenadas geográficas com uma maior precisão. Foram ainda reconstruídos marcos que se encontravam em mau estado e outros tiveram que ser edificadas de raiz, porque os inicialmente existentes eram de pedra solta e tinham sido destruídos.

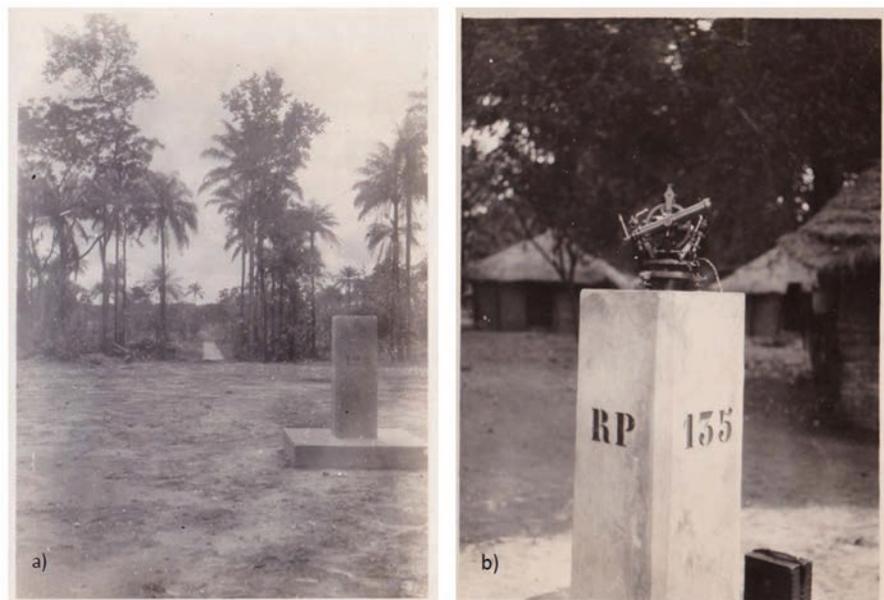


Figura 2 - Demarcação da fronteira: a) corredor de fronteira entre os marcos 127 e 128; b) marco 135 com teodolito Otto Fennel (Zilhão, 1930a)

No período de 1944 a 1955 foram realizadas campanhas geo-hidrográficas, no âmbito das quais alguns dos marcos de fronteira constituíram vértices da rede de triangulação geodésica, pelo que a sua localização foi obtida com elevada precisão.

Muitos trabalhos científicos foram efetuados sobre as fronteiras de África, no entanto foram escassos os que trataram os países de expressão portuguesa. Braz (1943) e Almeida (1994) estudaram do ponto de vista histórico a delimitação e demarcação de todas as ex-colónias portuguesas, em geral, incluindo a da Guiné-Bissau. A nível de cada país

efectuaram-se estudos geográficos das fronteiras de Angola (Amaral, 1980) e análises históricas das fronteiras de Moçambique (Correia, 2010; Roque, 2010). Relativamente à Guiné-Bissau foi efectuado um relatório inédito (Guimarães, 1965) e publicado um livro onde se descreveram os fatos históricos, os acordos diplomáticos, os incidentes ocorridos e as fases de delimitação e demarcação da fronteira (Esteves, 1988). Nunes *et al.* (2012a, 2012b), apresentaram os primeiros resultados do estudo geográfico e histórico sobre a fronteira da Guiné-Bissau, recorrendo a tecnologias geoespaciais.

O primeiro mapa da Guiné-Bissau foi publicado em 1886 (Débuissons, 1886) (figura 3), onde a fronteira se encontra definida de uma forma muito grosseira e que serviu de base à Convenção internacional de 12 de Maio de 1886, entre Portugal e França as potências coloniais administrantes. Entre 1901 e 1905, na sequência das várias campanhas de demarcação foram produzidos mapas com a localização dos respetivos marcos, o mesmo sucedendo após as campanhas de verificação e retificação da fronteira de 1928 a 1931 (Tabela 1).

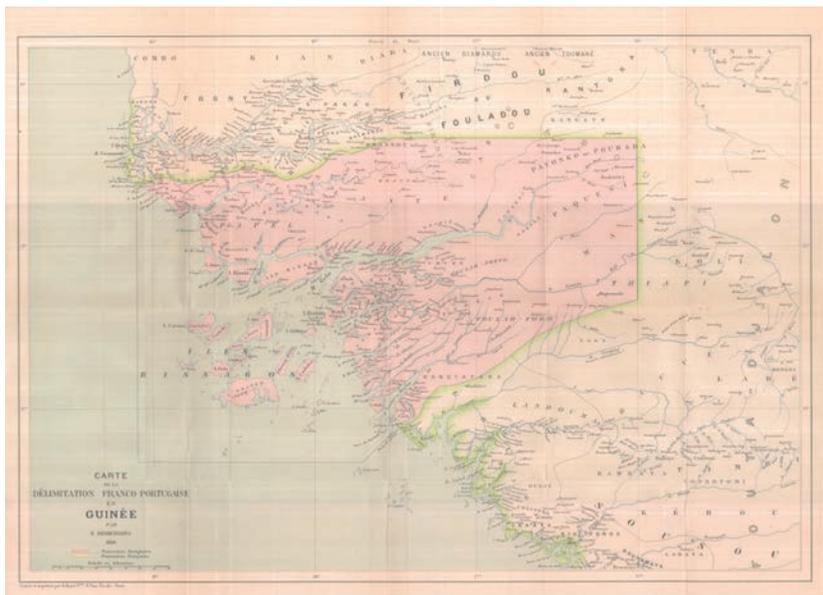


Figura 3 - Mapa de delimitação da fronteira da Guiné-Bissau (anexo I da Convenção) (Désbuissons, 1886)

Em 1902 foi publicado um mapa do país na escala de 1:1 000 000 e em 1906 e 1933 edições do mapa na escala de 1:500 000, pela Comissão de Cartografia (CC), atual IICT, onde se delimitou, com a precisão da época, a linha de fronteira (CC/IICT, 1906; CC/IICT, 1933). Entre 1950 e 1965, na sequência dos levantamentos geodésicos e da cobertura de fotografia aérea, foi editada uma carta da Guiné-Bissau, na escala de 1:500 000, com 72 folhas, produzida por restituição aerofotogramétrica, onde se incluíram todos os marcos de fronteira (JMGIU/IICT, 1950-1965). Em 1961, foi publicado um mapa geral, na escala de 1:500 000 (figura 4), onde também se encontram representados todos os marcos (JIU/IICT, 1961).

O IICT por razões históricas é detentor da documentação sobre a fronteira da Guiné-Bissau, que inclui relatórios detalhados de missões de demarcação, informação geodésica, cartografia a diversas escalas e fotografia aérea. Como instituição portuguesa, mais antiga, que se dedica à investigação científica tropical, em particular da Comunidade de Países de Língua Portuguesa (CPLP), tem vindo a disponibilizar digitalmente a vasta documentação de que dispõe.

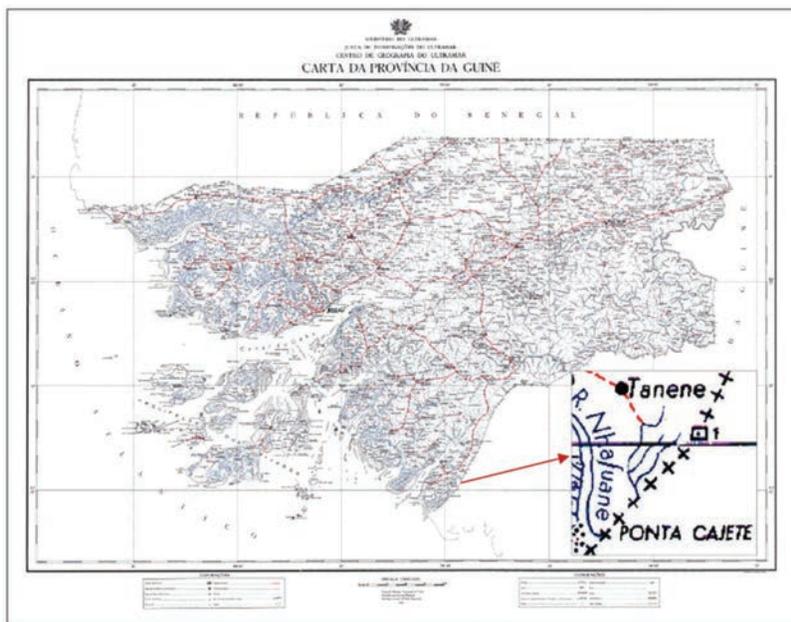


Figura 4 - Carta da Província da Guiné. 1:500 000 (JIU/IICT, 1961)

À semelhança do que se verificou em África, em geral, e na Guiné-Bissau, a maioria dos problemas de fronteira territorial surgiu pelas incongruências resultantes do pouco detalhe na descrição da linha de fronteira. São referidas naqueles documentos várias questões que advêm da pequena escala da cartografia ou das discrepâncias nos textos dos tratados. As demarcações no terreno podem também estar na origem desses problemas quando não refletem a delimitação acordada entre as partes, pela destruição da localização dos marcos, ou ainda pela ocorrência de deslocamentos causadas por fatores naturais, tal como a alteração do talvez de um curso de água, que serve de linha de fronteira.

As tecnologias geoespaciais, nomeadamente as imagens de satélite e os sistemas de posicionamento global por satélite associadas com as ferramentas de SIG, têm vindo a ser utilizados na demarcação e revisão de fronteiras (Adler, 2001; Adler, 2002, Sutisna, 2010), permitindo de forma mais precisa e expedita, a produção, sobreposição, manipulação e análise deste tipo de informação geográfica.

É neste contexto que se integra o projeto “Tecnologias Geoespaciais na Demarcação e Gestão da Fronteira da Guiné-Bissau - GEOBOUND”, levado a cabo com o objetivo de dar início à criação de um Sistema de Informação Geográfica de Fronteiras (BGIS), de alguns dos países da CPLP.

3. METODOLOGIAS E RESULTADOS

No âmbito do projeto GEOBOUND pretende-se investigar e explorar metodologias e técnicas inovadoras para organizar e obter um BGIS, para a Guiné-Bissau. O objetivo principal é processar a informação geográfica e histórico-documental, das fronteiras terrestres e marítimas, numa perspetiva multidisciplinar e integrada e cruzar esta informação no BGIS. Implementa-se, assim, um instrumento de apoio ao ordenamento e caracterização do território, que permita um fácil acesso a informação fidedigna e devidamente organizada, a transferir para as autoridades locais competentes. Esta abordagem permite a análise dos problemas de fronteira, tirando vantagem das potencialidades das atuais tecnologias e de dados geoespaciais, como imagens de satélite recentes, de alta resolução, fotografias aéreas antigas, Sistema de Navegação Global por Satélite (Global Navigation Satellite System - GNSS), contribuindo para

uma análise mais célere e rigorosa a utilizar na gestão da fronteira.

Como primeira tarefa procedeu-se à digitalização e processamento da documentação sobre a fronteira, arquivada numa base de dados. Foram analisados os melhores formatos e métodos de digitalização e processamento da informação, tendo o cuidado de preservar os documentos históricos e geográficos, alguns deles do século XIX, de forma a minimizar os estragos causados pelo processo de manuseamento e de digitalização.

As imagens obtidas da digitalização dos documentos históricos foram sujeitas a métodos de análise de imagem, aplicando algoritmos de morfologia matemática e outros, de remoção de ruído, eliminação de manchas de humidade, de sombreados por utilização de frente e verso da folha de papel (figura 5.a), ou ainda de sublinhados (figura 5.b). Estas técnicas permitiram também o reconhecimento de caracteres, por métodos automáticos, desenvolvendo e aplicando software de OCR (Optical Character Recognition), para conversão de parte desta informação para formato texto.

Encontra-se, também, em elaboração a Base de Dados documental do acervo de fronteiras, que inclui os textos processados, com a identificação e classificação da informação histórica e geográfica e com um breve resumo dos conteúdos associados, para posterior pesquisa científica.

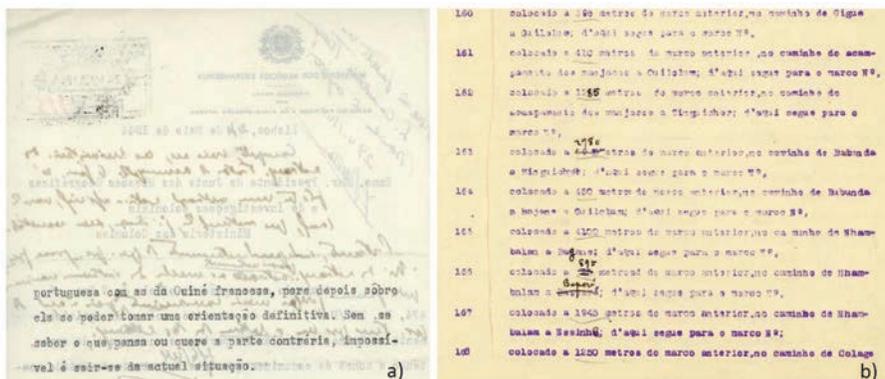


Figura 5 - Documentos a submeter a análise de imagem:
a) utilização frente e verso; b) sublinhados e manuscritos

Paralelamente, tem sido implementado o BGIS, que integra diversos tipos de informação, geodésica e cartográfica, incluída em relatórios das Missões Geográficas, constante do arquivo de fronteiras e de publica-

ções do IICT. Foi efetuada a georreferenciação da cartografia de base e da fotografia aérea para um mesmo sistema de coordenadas, de forma a sobrepor esta informação. Na figura 6, apresenta-se a sobreposição da cartografia de base, produzida na escala 1:500 000, com a localização dos marcos, bem como a tabela da base de dados, com a descrição da fronteira entre marcos, do troço sudeste da fronteira, na região da Ponta Cajete.

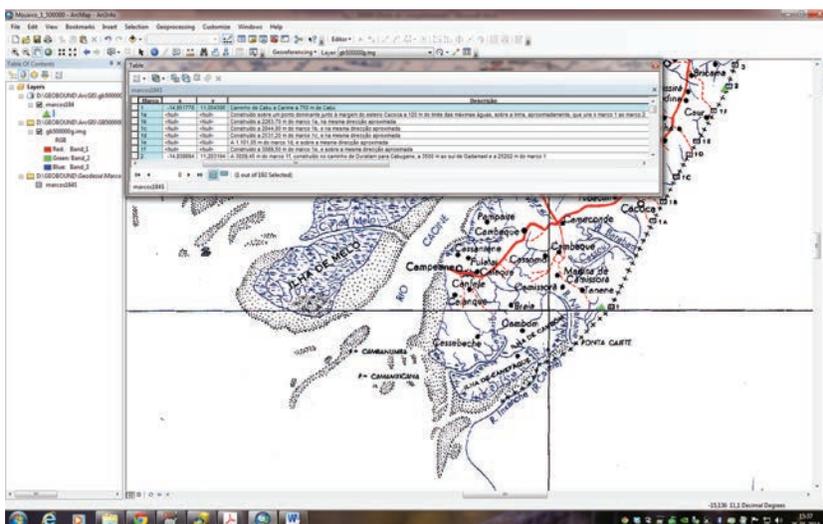


Figura 6 - BGIS do sector da Ponta Cajete entre os marcos 1 e 2 (tabela com a descrição do traçado da fronteira e mapa na escala de 1:500 000 (JIU/IICT, 1961))

A cartografia nas escalas de 1:500 000 e 1:50 000 foi produzida no sistema de coordenadas local (datum Bissau). Atualmente utilizam-se os sistemas globais de posicionamento, como o datum ITRF2008 (International Terrestrial Reference System) ou o WGS84, no qual vêm georreferenciadas as imagens de satélite. Os sistemas globais permitem, de uma forma expedita, obter coordenadas mais precisas, pelo que se considerou ser uma mais-valia proceder a trabalhos de campo, tendo como objetivo re-observar alguns marcos de fronteira e da rede geodésica, recorrendo ao uso do GNSS/GPS, para a conversão da informação geográfica existente para um datum global e produzir, assim, um BGIS mais preciso e consistente.

Outra das atividades em curso é o estudo da fronteira nos casos em

que esta é definida pelos talwegues de cursos de água, sujeitos à evolução natural, como no estuário do Rio Cajete, no troço sudeste da fronteira (Figura 7), onde é possível efetuar estudos multitemporais recorrendo à cartografia (Figuras 7.a e b), fotografia aérea antiga e a imagens de satélite recentes (Figuras 7.c e d).

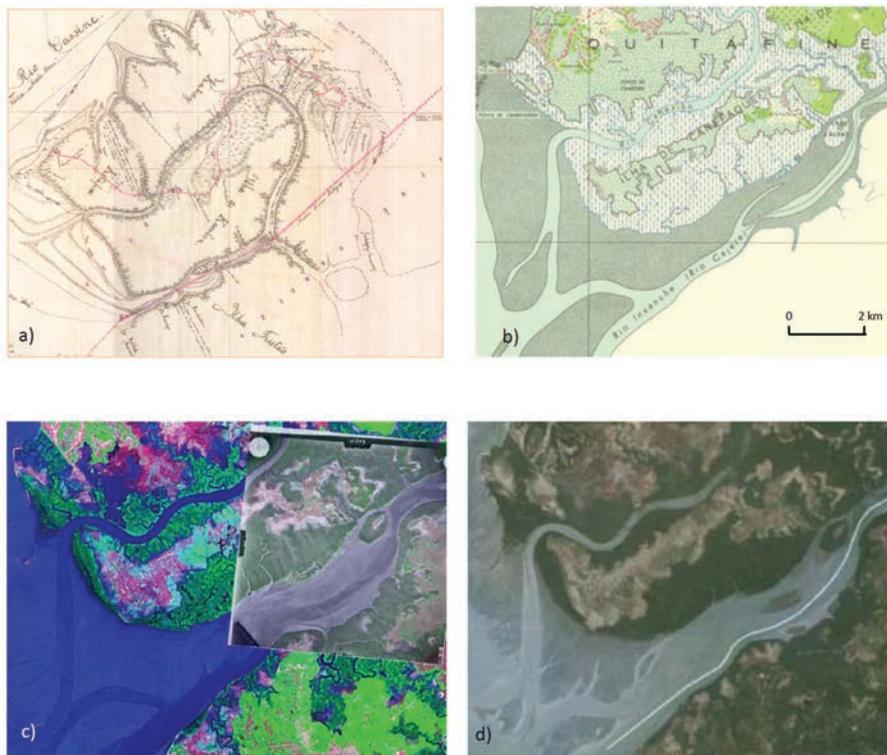


Figura 7 - Região da Ponta Cajete: a) Fronteira sul em 1897; b) Carta da Guiné, escala 1:50 000, folha de Cassumba, 1963; c) Imagem de satélite Landsat, 2000 e fotografia aérea de 1953; d) Imagem de satélite, Google (CNES/SPOT, 2014)

Os primeiros resultados deste estudo multitemporal, sobre aquele estuário, onde a dinâmica flúvio-marinha é ativa, refere-se ao período entre 1953 e 2014 e revelam algumas diferenças no que diz respeito à posição do talwegue do Rio Cajete e da área arenosa no fundo do seu vale (Figura 7).

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A informação geográfica com o traçado da fronteira, integrada no BGIS, torna-se de fácil visualização, sobreposição e atualização, constituindo um instrumento de caracterização, monitorização e gestão do território. Esta informação, combinada com imagens de satélite de alta resolução ou do Google Earth, permite mais facilmente a localização no campo da linha de fronteira e a comparação com as atuais formas da superfície terrestre, contribuindo para uma melhor e mais rápida resolução de problemas fronteiriços, constituindo um instrumento de estabilidade regional.

Este projeto piloto será um protótipo, que poderá ser aplicado a outros países, proporcionando uma importante ferramenta, que preserva e organiza informação fundamental em suporte digital. Permite, ainda, explorar as tecnologias de posicionamento por GNSS, para produzir e validar a localização precisa dos marcos e limites fronteiriços, integrando informação de grande disparidade.

Esta abordagem multidisciplinar de delimitação das fronteiras, recorrendo a tecnologia geoespacial avançada e a metodologias inovadoras, terá um produto final que será um contributo importante para o desenvolvimento da Guiné-Bissau, e que contribui igualmente para o cumprimento do 8o Objetivo do Milénio - Desenvolvimento de uma Parceria Global para o Desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Fatores de Competitividade - COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto PTDC/ATP-GEO/4645/2012, GEOBOUND - Tecnologias Geoespaciais na Demarcação e Gestão da Fronteira da Guiné-Bissau.

Agradece-se a colaboração das instituições parceiras da Guiné-Bissau, o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa (INEP), a Secretaria de Estado do Ambiente e Turismo (SEAT-GB) da Direção Geral do Ambiente e a Direção Geral de Geografia e Cadastro (DGGC) do Ministério das Obras Públicas Construções e Urbanismo.

BIBLIOGRAFIA

- ADLER, Ron (2001) - "Geographical Information in Delimitation, Demarcation and Management of International Land Boundaries", *Boundary and Territory Briefing*. Vol. 3, N.º. 4, 78 p.. Disponível online no endereço url: <https://www.dur.ac.uk/ibru/publications/view/?id=219> (acedido em 26 de agosto de 2014).
- ADLER, Ron (2002) - "Surveyors Role in Delineation and Demarcation of International Land Boundaries". FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA, 13 p. Disponível online no endereço url: https://www.fig.net/pub/fig_2002/Js20/JS20_adler.pdf (acedido em 26 de agosto de 2014).
- ALMEIDA, Adelino (1994) - "A Partilha de África no Século XIX e a Definição dos Limites dos Territórios Portugueses". *Africana*, Vol. 8, N.º.2, 67-82.
- AMARAL, Ilídio (1980) - "Entre o Cunene e o Cubango, ou a Propósito de uma Fronteira Africana". Lisboa, Garcia de Orta. Série de Geografia, Vol. 6 N.º. 1-2, 1-50.
- AMARAL, Ilídio (1994) - "New Reflexions on the Theme of International Boundaries", in: Schofield, Clive (ed). *Global boundaries. World boundaries*. Vol. 1. Londres e Nova Iorque, Routledge, 16-23.
- AMARAL, Ilídio (1995) - "A África no Limiar do Século XXI: um Continente em Crise". In: *Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura Verbo*, Vol. 23, Lisboa, Editorial Verbo, 387-418.
- BRAZ, Moura (1943) - *Fronteiras do Território Nacional no Ultramar. Divisão de Publicações e Biblioteca - Agência Geral das Colónias*, Lisboa: Editorial Ática. 156 p..
- CC/IICT (1906) - *Esboço da Carta da Província da Guiné*. Escala 1:500 000. Lisboa, Comissão de Cartografia / Instituto de Investigação Científica Tropical.
- CC/IICT (1933) - *Carta da Colónia da Guiné*. Escala 1:500 000. Lisboa, Comissão de Cartografia / Instituto de Investigação Científica Tropical.
- CORREIA, Milton (2010) - *Norte de Moçambique, 1886-1918: Soberania, Dominação e Administração Coloniais*. Dissertação de Mestrado em Educação/Ensino de História, Universidade Pedagógica, 78 p. Disponível online no endereço url: www.saber.ac.mz/bitstream/10857/3593/1/NorteMoçambique.pdf (acedido em 07 agosto, 2014).
- DÉSBUISSONS, Louis (1886) - *Carte de la Délimitation Franco-Portugaise de la Guinée*. Escala 1:1 000 000. Paris, Erhard F..
- DÖPCKE, Wolfgang (1999) - "A Vida Longa das Linhas Retas: Cinco Mitos Sobre as Fronteiras na África Negra". *Revista Brasileira de Política Internacional*, Vol.42, N.º.1, 77-109. Disponível online no endereço url: <http://pt.scribd.com/doc/52967155/HG-Cinco-mitos-sobre-as-fronteiras-da-Africa> (acedido

em 14 de maio de 2014).

ESTEVES, Maria (1988) - A Questão do Casamança e a Delimitação das Fronteiras da Guiné. Lisboa, Instituto de Investigação Científica Tropical e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa, Lisboa, 310 p.

GUIMARÃES, Maria (1965) - Fronteira da Guiné. Sinopse. Lisboa, Centro de Geografia do Ultramar, Junta de Investigações do Ultramar, 36 p. (não publicado).

JIU/IICT (1961) - Carta da Província da Guiné. Escala 1:500 000. Lisboa, Centro de Geografia do Ultramar, Junta de Investigações do Ultramar / Instituto de Investigação Científica Tropical.

JMGIU/IICT (1950-1965) - Guiné Portuguesa. Escala 1:50 000. Lisboa, Junta de Missões Geográficas e Investigações do Ultramar / Instituto de Investigação Científica Tropical.

MICHALOPOULOS, Stelios & PAPAIOANNOU, Elias (2011) - The Long-Run Effects of the Scramble for Africa. National Bureau of Economic Research, Working Paper 17620, 72 p. Disponível online no endereço url: http://www.yale.edu/leitner/resources/papers/scramble_africa_stelios_elias.pdf (acedido em 26 de agosto de 2014).

MURDOCK, George (1959) - Africa: Its Peoples and their Culture History. McGraw Hill, New York, 456 p. Disponível online no endereço url: <http://peters-larson.com/2011/01/19/african-conflict-and-ethnic-distribution/> (acedido em 16 de maio de 2012).

NUNES, Maria & MORGADO, Ana (2012a) - “O SIG na Delimitação da Fronteira da Guiné-Bissau”. Livro de resumos do Colóquio Internacional Ciência nos Trópicos: Olhares Sobre o Passado, Perspectivas de Futuro. Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa, 36. Disponível online no endereço url: www2.iict.pt/archive/doc/Livro_Resumos_Coloquio_IICT.pdf (acedido em 07 agosto de 2014).

NUNES, Maria; MORGADO, Ana & COSTA, Fernando (2012b) - “Digital Delimitation of Guinea Bissau Terrestrial Boundaries”. In *Borders and Borderlands 2012. Proceedings of Today’s Challenges and Tomorrow’s Prospects*, Lisboa, 223-237.

ROQUE, Ana (2010) - “Sources for the History of Southern Border of Mozambique: Preliminary Results of a Project on Archives of the Portuguese Commission of Cartography”. *Journal of Borderlands Studies*, Vol. 25, Nº. 2, 77-93.

SUTISNA, Sobar (2010) - “International Boundary Fixing and the Roles of Indonesian Surveyors.” In *International Boundary Issues, FIG Congress 2010, Facing the Challenges - Building the Capacity*. Sydney, Australia, 7 p. Disponível online no endereço url: http://www.fig.net/pub/fig2010/papers/ts02a/ts02a_sutisna_3888.pdf (acedido em 26 de agosto de 2014).

ZILHÃO, João (1930a) - Missão de Rectificação de Fronteiras da Guiné. Campanha de 1928-1929. Relatório. Lisboa, s/ ed., 69 p. (não publicado)

ZILHÃO, João (1930b) - Missão de Fronteiras da Guiné. Campanha de 1929-1930. Relatório. Lisboa, s/ ed., 46 p. (não publicado).

ZILHÃO, João (1932) - Missão de Rectificação de Fronteiras da Guiné. Campanha de 1930-1931. Relatório. Lisboa, s/ ed., 31 p. (não publicado)

ARTIGO 52

MODELAGEM DO CONHECIMENTO SOBRE REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS NA GEOGRAFIA: DO MAPA CONCEITUAL À REDE SEMÂNTICA

*CARDOSO, Ivan dos Reis¹; PEREIRA, Hernane Borges de Barros²; ROCHA, José Cláudio³;
SANTOS, Cleide Tavares Bittencourt⁴ & MATTA, Alfredo Eurico Rodrigues⁵*

¹ Departamento de Educação, Colegiado de Geografia da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - Campus XI - Serrinha; Rua Álvaro Augusto, s/n - Rodoviária CEP: 48.700-000 Serrinha/ Bahia - Brasil ; Tel.:75-9991-5957; email: geoirc@hotmail.com

² Departamento de Ciências Humanas da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - Campus I - Salvador Rua Silveira Martins, 2555, Cabula; CEP: 41.150-000 - Salvador, Bahia, Brasil; Tel.:71-8741-1321; Email: hernanebbpereira@gmail.com.

³ Departamento de Ciências Humanas e Tecnologias da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) Campus XIX Camaçari; Rodovia BA 512, Km1.5, Bairro Santo Antônio; CEP. 42.800-000 Camaçari, Bahia, Brasil; Tel.:75-8890-9846; email: jrocha@uneb.br

⁴ Departamento de Ciências Exatas e da Terra da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - Campus II Alagoinhas - Bahia - Brasil; Rodovia Alagoinhas/Salvador, BR 110, Km 03; CEP: 48.000-001 - Alagoinhas - Bahia - Brasil; Tel.: 75-8808-1120, email: cleidetsb@gmail.com

⁵ Departamento de Educação da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - Campus I - Salvador - Bahia - Brasil; Rua Silveira Martins, 2555, Cabula; CEP: 41.150-000 - Salvador, Bahia, Brasil, Tel: 71- 99682550; email: Alfredo@matta.pro.br

RESUMO

É consenso que a linguagem, em suas diferentes formas e sons, seja registrada para ser utilizada em diferentes funções ou necessidades; com o avanço tecnológico as possibilidades e diversidades de registro e utilização da linguagem têm variado muito e permitido aos usuários maiores condições de intervir no processo de construção do conhecimento. O objetivo deste artigo é apresentar as possibilidades de uso da linguagem e construção

do conhecimento através do processo de mapas conceituais e sua conversão para a rede semântica, neste caso utilizando os conceitos e informações básicas dos temas relacionados à Geografia / Cartografia com foco nas representações gráficas de conteúdos sobre orientação, localização e compreensão social e política dos fenômenos no espaço geográfico. Para tal exposição e análise utilizamos referências de Pontuschka (2007), Novak (1984) e programas de informática no formato *.net* sendo o *CreatePajek*, e o software *gephi*; desse modo entendemos que, a partir de uma relação de complementaridade entre a Geografia e a Informática, os conceitos e a aplicabilidade de temas inerentes a Geografia/Cartografia podem ser representados e utilizados por mais esta forma de representação.

PALAVRAS-CHAVE

Representação, Mapa conceitual, Semântica, Conhecimento, Geografia.

MODELING OF KNOWLEDGE ABOUT GRAPHICAL REPRESENTATIONS ON GEOGRAPHY: CONCEPTUAL SEMANTIC NETWORK MAP

ABSTRACT

Is that the consensus language in its various forms and sounds, is recorded to be used in different roles or needs; with the technological advancement opportunities and diversity of registration and use of language have varied a lot and allowed users to major policies to intervene in the process of knowledge construction. The purpose of this article is to present the possibilities of use of language and knowledge construction through the process of concept maps and their conversion to the semantic network, in this case using the concepts and basic information of the topics related to geography/Cartography focused on graphical representations for learning orientation, location, and social and political understanding of the phenomena in the geographical space. For such exposure and analysis we use Pontuschka references (2007), Novak (1984) and computer programs in the form of *.net* being the *CreatePajek*, and the *gephi* software; Thus we believe that, from a relationship of complementarity between the geography and Informatics, the concepts and applicability of themes inherent in geography/Cartography can be represented and used for this form of representation.

KEYWORDS

Representation, Concept map, Semantic, Knowledge, Geography.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos ocorridos na Sociedade da Informação e do Conhecimento têm requerido cada vez mais dos indivíduos novas formas de organização e representação do conhecimento para melhor apropriação e utilização. Nesse sentido, cabe questionarmos sobre como podemos representar o conhecimento que construímos a partir das percepções e relações que tecemos, a fim de que possamos visualizar e refletir sobre a nossa própria organização mental, num processo de metacognição? E se decidíssemos representar esse emaranhado de significados, que recursos e procedimentos nos seriam úteis? Na busca dessas respostas, encontramos os mapas conceituais. Nesse sentido como objeto de estudo temos os mapas conceituais e as redes semânticas e como objetivo principal uma avaliação da condição de aplicação da técnica de mapa conceitual e sua conversão para rede semântica na construção de conhecimento; como exemplo, os temas sobre representação gráfica foram expressos em mapa conceitual e posteriormente convertidos para rede semântica e assim analisamos a aplicabilidade desse tema, mas pensando na perspectiva desse processo para outros temas geográficos, voltados para a cartografia ou de outras áreas e estudos.

Quando estamos em um processo de aprendizagem precisamos externalizar o nosso conhecimento, ou seja, expressar nossas idéias e embora essa expressão seja feita geralmente na forma oral, torna-se necessário que a mesma seja devidamente registrada. Várias são as formas possíveis desse registro, dentre as quais a construção de um gráfico, a construção de um texto, de um mapa cartográfico ou um mapa conceitual. A Geografia é uma ciência em que a representação dos conhecimentos encontra grandes possibilidades de representações de seus temas em variadas formas, processos, textos e imagens.

Essa expressão de idéias, de formas variadas pode servir para analisar uma determinada área como fenômeno político ou social, pode servir para realizar um fichamento de um texto ou documento sob estudo, serve para registrar um processo, o desenvolvimento de um projeto de pesquisa ou de aprendizagem, ou até mesmo para expressarmos nosso entendimento ou construção sobre uma teoria.

Mas é importante ressaltar que independente da forma como iremos utilizar essa expressão de ideias, todas serão construídas em cima de pontos importantes que queremos destacar. Ou seja, queremos expressar os conceitos importantes que foram identificados e as conexões entre eles. Neste contexto, visualizamos o uso de mapas conceituais e rede semântica para representar conhecimento em forma de rede de conceitos devidamente organizados que tendem a uma maior possibilidade de visualização do conjunto de informações e também a ampliação de associação de conteúdos favorecendo a inter-relação das áreas de estudo.

2. A REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE TEMAS

2.1. A representação gráfica na Geografia

No papel de organizadores de conhecimento, os mapas conceituais são representados por temas identificados sobre um assunto, conceitos e as relações entre esses conceitos Novak & Gowin (1996). De fato, a construção de um mapa exige um esforço cognitivo menor do que a construção de um texto em linhas exigiria e isso porque quando construímos um mapa conceitual basicamente identificamos os conceitos que consideramos importantes, independente da ordem em que eles foram estudados ou que apareceram em um texto, diferentemente do que podemos pensar em um texto que exige um formalismo e uma expressão em seqüência de idéias.

Segundo Pontuschka (2007, 292) “A utilização das representações espaciais como instrumento para apreender a organização do espaço tem sua origem na Geografia humanista”; são vários os tipos de representações gráficas que tecem as informações geográficas e são utilizadas no ensino, pesquisa e atuações profissionais; as mais utilizadas são os textos cartográficos como as plantas e os mapas; outros como os desenhos são utilizados preferencialmente na área de educação e temos ainda recursos como as maquetes, croquis e mapas mentais que trazem grandes possibilidades de uso bem como rico elenco de informações em seus traçados. Este ou qualquer outro tema pesquisado, ao serem convertidos sob uma

organização de mapa conceitual e rede semântica tornam-se mais significativos e eficazes na construção do conhecimento, ultrapassando ações simples como adquirir e repassar conteúdos. É nesse sentido que este artigo busca uma discussão para que os mapas conceituais passem a ser mais relacionados com temas geográficos e especialmente da cartografia.

Nesse contexto, a nossa reflexão apresenta como perspectiva, mais amplitude quanto ao uso dos mapas conceituais como técnica para organizar e representar os diversos conhecimentos sob estudo, neste caso, sobre a representação gráfica na Geografia, o qual é apresentado posteriormente a construção de uma rede semântica a partir do mapa conceitual e focar na análise dos relacionamentos entre os conceitos.

O artigo está organizado com uma introdução em linhas gerais da temática; esta seção 2, apresentando o tema de modo mais específico; a seção 3 detalha conhecimentos organizados em mapas conceituais, fazendo um apanhado histórico, estendendo mais na seção 4, a qual apresenta a conversão do mapa conceitual para uma rede semântica, os resultados e a reflexão da análise das redes semânticas sob alguns aspectos, principalmente sobre identificação dos conceitos com maior grau de relevância para o entendimento da Representação Gráfica na Geografia. A seção 5 apresenta as conclusões da pesquisa de que trata este artigo e encerra com a listagem de trabalhos que nos referenciou neste estudo.

3. CONHECIMENTOS ORGANIZADOS EM MAPAS CONCEITUAIS: HISTÓRICO

Novakiana é o termo da tradição de se organizar conhecimentos (conceitos) na forma de mapas conceituais; a origem do termo vem do nome do professor Joseph Novak, da Universidade de Cornell em Nova York, nos Estados Unidos, no final dos anos 60 quando os mapas foram fundamentados para uso acadêmico; o referido estudioso tomou como referência para organizar os conhecimentos sobre determinado tema na forma de mapas a partir das teorias apresentadas pelo pesquisador David Ausubel sobre a aprendizagem significativa. Na mesma década uma pesquisa objetivava compreender como ocorria o processo de aprendizagem, pelas crianças, do conhecimento científico praticado nas academias. Lima

(2004) cita Novak identificando que “(...) o armazenamento de informações ocorre a partir da organização de conceitos de forma hierárquica, tanto nas relações envolvendo os elementos mais genéricos, quanto nos mais específicos”; trata-se de elencar grupos de conceitos com similaridades e diferenças, sempre observando a seqüência dos tópicos.

A partir do idealizador do mapa conceitual como recurso para a pesquisa, o mapa foi sendo aperfeiçoado com novas informações e ganhando mais pesquisadores interessados na técnica que permite ao usuário visualizar uma rede de conceitos organizado num meio metacognitivo. Um mapa figura um diagrama, uma linguagem imagética com tema específico e sendo ramificado com pontos conceituais e ligações oferecendo uma imagem de representação gráfica. A configuração de um mapa conceitual em analogia aos recursos da cartografia traz elementos imagéticos de leitura e representação comuns, como a praticidade e capacidade de informação, clareza, precisão, fascínio, interpelação e inter-relação na construção e leitura, tanto do autor quanto do seu interlocutor. Assim vemos, no recurso de mapas conceituais, um forte meio de registro e utilização de temas geográficos / cartográficos.

Novak (1984, 2 apud LIMA, 2004, 136), apresenta duas características básicas dos mapas conceituais, primeiro, os mapas podem ser vistos como uma representação de forma hierárquica, neste caso o principal conceito é destacado, dependendo do conhecimento e de sua forma de abordagem; a outra característica salienta a possibilidade do cruzamento de referências dos conceitos. Hoje, diversos são os temas, ou áreas de conhecimento, ou formas que os mapas assumem; um exemplo pode ser aqui referenciado que é o mapa elaborado por Quillian (1968) o qual teve seu trabalho, fruto de pesquisa desenvolvida e convertido numa rede semântica onde o conhecimento passou a ser representado de modo formal.

Um mapa conceitual pode ser representado em diagramas de diversas formas ou estruturas; independente da formatação, a divisão em subgrupos é técnica para melhor utilização e objetividade; os conceitos, sempre delimitados por compartimentos são interligados por arestas e estas guardam preposições, ou frases curtas / orações, esse conjunto de aresta e conceitos podem ser considerados como uma unidade semântica.

O conjunto total de unidades pode ser expresso em diferentes formas; Lima (2004) apresenta as formas de árvore, teia, estrutura hierárquica, estrutura flowchart ou conceitual; com relação a forma de apresentação, a mesma autora elenca a paisagem, a multidimensional ou 3D e a mandala.

A elaboração de um mapa conceitual pode ser processada de diferentes modos; por exemplo, pode ocorrer de forma individual com o autor da pesquisa formatando sistematicamente seus resultados ou com elaboração de modo coletivo, onde a síntese final pode ser em conjunto após cada representante do grupo oferecer sua contribuição em informação para complementar o mapa em construção. Vale observar que os mapas conceituais vêm sendo utilizados nos espaços de educação, especialmente nas universidades. A difusão do conhecimento geralmente é feita em apresentações de trabalhos, resultados de pesquisas, trabalhos de conclusão de curso - TCC, relatórios e teses; não se pode direcionar que os mapas conceituais devam ser específicos de uma determinada área de conhecimento; não há limitação para o uso e representação de um determinado conhecimento.

Contudo, o que não se pode desconsiderar é que os mapas conceituais carregam em si mensagens que devem ser interpretadas e analisadas, afastando a idéia de que são mecanismos neutros e distantes da realidade. A Geografia, pelos objetos de estudo que apresentam, mesmo considerando sua crise de identidade com relação a um objeto específico, agrega temas de cunho social, político, cultural, físico, e assim, bastante definido por aspecto filosófico, ou determinada corrente conceitual de pensamento. É por este viés que os mapas conceituais podem tornar-se uma ferramenta importante para análise de temas geográficos.

4. DOS MAPAS PARA REDE SEMÂNTICA: UMA CONVERSÃO

Os mapas conceituais não podem ser considerados como últimas instâncias na elaboração e re-elaboração dos conhecimentos. Dentre as diversas utilizações e funções, destaca-se a possibilidade de ser suporte para a construção de outras formas de sistemas de informação, quer textual ou gráfica. Uma conversão que buscamos destacar aqui é a conversão

de mapa conceitual para rede semântica.

Da busca para se conhecer as coisas ou fenômenos através da pesquisa científica é necessário encontrar a essência guardada nestas coisas ou fenômenos. De uma abordagem fruto das relações humanas na Geografia ou Geografia humanista, veio a “utilização das representações espaciais como instrumento para aprender e compreender a organização do espaço” Pontuschka (2007); da ciência vista pelas humanidades, pelo espaço vivido, pelo qualitativo, pelos estudos que necessitavam representar paisagens, fenômenos e marcar o espaço e tempo de modo simbólico, desse tempo e espaço para alcançar a essência / conhecimento, ou novas formatações de base que fosse segura, decisiva para estudos é que se surgiram as bases para a representação gráfica de temas na Geografia o que se convencionou, mais tarde, chamar de Cartografia.

Desse modo, mesmo tendo muitas teorias sendo suplantadas pela renovação da Geografia, não podemos deixar de invocar Alexander Von Humboldt apud Broek (1972, 35), oriundo do positivismo na Geografia, por reconhecer inicialmente a necessidade de se combinar ciência e arte para explicar temas da ciência social que se dedicava a estudos descritivos e enciclopédico. Os percussores da possibilidade de representar simbolicamente conhecimentos objetivaram eliminar qualquer vazio entre teoria e pesquisa empírica a partir da construção e sedimentação de base lógica para a teoria, pelo mundo sensível do homem. Desse tema, representação gráfica na Geografia, é que foi elaborado o mapa conceitual apresentado na figura 1.

Elaboramos um mapa sobre a temática geral da representação gráfica na Geografia partindo do entendimento que a pesquisa qualitativa ganha mais anuência como recurso que favorece a construção do conhecimento. Pela base dos conceitos apresentados, da intuição e descrição se chega à essência do conhecimento dos elementos que se desdobraram no mapa formando toda a cadeia, se chega à teoria. A representação gráfica na geografia carece de uma formatação com características da linguagem simbólica, mas, sobretudo, há nesse enfoque uma ampla possibilidade de quebrar a construção linear de outros métodos já postos e saturar-se em um encadeamento conjuntural dos propósitos das pesquisas. Assim, todas

as características dessa base conceitual foram sendo posta no propósito da construção do mapa, de uma forma que a teia dos conceitos e preposições foi sendo delineadas, ou seja, além da representação gráfica dos conteúdos, o mapa conceitual também traz sua linguagem de codificação traduzindo-se em um recurso a mais no desenvolvimento dos conceitos e temas estudados.

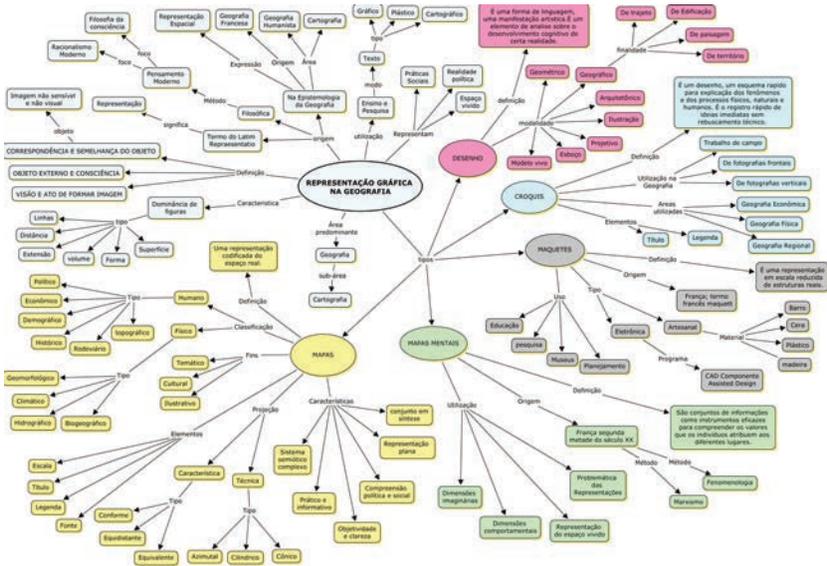


Figura 1 - Mapa Conceitual - Representação Gráfica na Geografia

Após a elaboração do mapa conceitual feito através do software cmaptools o arquivo do mapa foi exportado como texto para que esse arquivo pudesse ser lido no programa Excel, recortada a coluna que representa os elos de ligações dos conceitos, ficando assim somente as colunas representativas dos conceitos, gerando com isso um arquivo no formato .xls. Posteriormente a tabela é importada e gerado um arquivo .net através do programa **CreatePajek** para que esse formato de arquivo pudesse então ser lido pelo software **gephi versão 0.8.2**, sistema utilizado para a construção final da rede semântica e gerador dos índices para análise da referida rede. Assim, a migração do conteúdo do mapa conceitual para rede semântica implica o planejamento do processo de conversão (i.e. preparação dos dados, escolha das ferramentas e execução do processo). A Figura 2 ilustra a rede semântica originada do mapa conceitual sobre um exemplo de representação Gráfica na geografia.

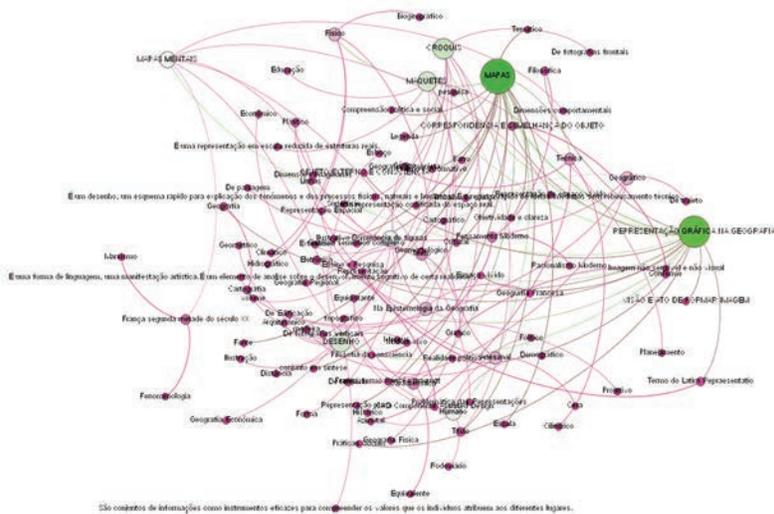


Figura 2 - Rede Semântica originada do mapa conceitual sobre um exemplo de representação Gráfica na Geografia

Dentre as possíveis análises que podem ser feitas com a conversão para rede semântica, usaremos a importância dos vértices e as propriedades topológicas da rede. Percebemos uma relação de complementaridade entre os mapas conceituais e as redes semânticas, uma visualização das diferentes formas de projeção dos conteúdos expressos nos temas analisados.

4.1. Quantitativos Gerais

Consideramos uma rede um grafo definido por $G = (V, E)$, onde V é o conjunto finito e não vazio de vértices e E o conjunto de arestas (relações binárias sobre o conjunto V). Usaremos as seguintes propriedades de rede para realizar a análise quantitativa e, posteriormente, proceder às interpretações:

- Número de vértices ($n = |V|$): número de vértices, que representam os conceitos, encontrados na rede;
- Número de arestas ($m = |E|$): número total de ligações entre os vértices da rede;
- Grau médio ($\langle k \rangle$): número médio de ligações de todos os vértices da rede;

- Diâmetro (D): representa o maior caminho mínimo encontrado na rede, onde um caminho mínimo é o menor caminho (número de arestas) entre dois vértices quaisquer;
- Densidade (Δ): é a razão entre o número de arestas existentes pelo número máximo possível;
- Distância mínima média entre dois nós (L): é a média entre todos os pares de nós do número mínimo de conexões necessário para se chegar de um vértice até outro;
- Coeficiente de aglomeração médio (C): refere-se à probabilidade dos vizinhos de todos os vértices de uma dada rede estarem conectados entre si.

As informações quantitativas sobre algumas propriedades da rede podem ser resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Índices da Rede Semântica - Representação Gráfica na Geografia

Índices	Rede semântica RGG*
Número de vértices ($n = V $)	110
Número de arestas ($m = E $)	113
Grau Médio ($\langle k \rangle$)	2,055
Diâmetro da rede (D)	6
Densidade do grafo (Δ)	0,019
Componentes conectados	1
Comprimento Médio do Caminho (L)	3,891
Coeficiente de aglomeração médio (C)	0

*RGG Representação Gráfica na Geografia

Fonte: Autores

O número de vértices expressa quantos conceitos distintos resultaram do mapa. Na rede semântica originada do mapa conceitual sobre um exemplo de representação gráfica na geografia, o autor representou 110 vértices (conceitos provenientes do mapa conceitual). Esses 110 vértices estão conectados em um único componente por 113 arestas (relações estabelecidas entre os conceitos).

O grau médio da rede semântica indica que cada vértice está conectado aproximadamente a 2 outros conceitos. Isso pode ser um indício

do nível de profundidade do autor do mapa conceitual sobre o conteúdo representado. Por outro lado a densidade de 0,019 traz a informação sobre a coesão da rede, neste caso a coesão dos conceitos apresentados. Não obstante, cabe comentar que podemos encontrar valores menores do que o encontrado e a rede ser mais consistente com o tema representado.

O caminho mínimo médio e o coeficiente de aglomeração médio ajudam-nos a caracterizar topologicamente a rede. Neste caso, o caminho mínimo médio ($L = 3,891$) e o coeficiente de aglomeração médio ($C = 0$) indicam que a rede não é uma rede mundo pequeno (Watts; Strogatz, 1998), principalmente pelo C . E a distribuição de graus mostra indícios da tendência da rede em ser livre de escala (Barabási; Albert, 1999). Isso significa que a rede, por um lado, não apresenta coesão local e, por outro, que possui poucos vértices altamente conectados (i.e. “Mapas” e “Representação Gráfica na Geografia”). Considerando que o tema representado é “Representação Gráfica na Geografia” parece que há consistência em termos de importância. Os supracitados vértices apresentam as maiores centralidades de graus: Vértice(“Mapas”) = 19 conexões e Vértice(“Representação Gráfica na Geografia”) = 17 conexões.

5. CONCLUSÃO

O mapa conceitual é uma ferramenta eficaz que pode ser adotada para desenvolver estudos dentro das diversas ciências. A representação do conhecimento, sob a forma de mapas conceituais, é uma alternativa de estruturar a informação, pois procuram refletir a organização da estrutura cognitiva de uma pessoa sobre determinado assunto. Essas estruturas do conhecimento são representações da organização das ideias na nossa memória semântica. Cada estrutura de conhecimento existe como objeto, ideia ou evento e, também, como um grupo de atributos o qual é ligado a outra estrutura do conhecimento.

A medida que aprendemos, aprendemos novas estruturas e ligações, adicionando informações às estruturas existentes, ou alterando essas estruturas através do processo de reestruturação. Nosso conhecimento reside na memória semântica, a qual Eklund (1995, p.4) define como uma rede

de conceitos interrelacionados.

Por outro lado, uma rede semântica é uma notação gráfica composta por nodos interconectados. As redes semânticas podem ser usadas para representação de conhecimento, ou como ferramenta de suporte para sistemas automatizados de inferências sobre o conhecimento.

Mapas conceituais e redes semânticas compartilham da mesma perspectiva de contribuir para a difusão do conhecimento nas diversas áreas de pesquisa e educação. Os mapas, devido a sua fluidez, pluriespacialidade e conexidade, representam graficamente os conteúdos e favorecem a uma assimilação da aprendizagem; a rede semântica dá oportunidade de interligar os conceitos e ampliar as possibilidades de conexão dos conhecimentos. Pelo experimento com a representação gráfica na geografia foi possível visualizar os conceitos e preposições do conteúdo, assim como o processo de conversão das formas de exposição do conhecimento - de mapa conceitual para rede semântica.

BIBLIOGRAFIA

- BROEK, J. O. M. (1972) - Iniciação ao estudo da Geografia. 2.ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- EKLUND, J. (2002) - Cognitive Models for structuring hypermedia and implications for learning from the world-wide web. 1995. Disponível em <[Http://elmo.scu.edu.au/sponsored/ausweb95/papers/hypertext/eklund/index.html](http://elmo.scu.edu.au/sponsored/ausweb95/papers/hypertext/eklund/index.html)>. Acesso em 15 nov.
- LIMA, G. A. B. Silva. (2004) - Mapa conceitual como ferramenta para organização do conhecimento em sistema de hipertextos e seus aspectos cognitivos, v.9, n.2, Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, (<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index>)
- NOVAK, J. D., GOWIN, D. Bob. (1996) - Aprender a Aprender. Tad. Carla Valadares. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- PONTUSCHKA, N. N. (2007) - Para ensinar e aprender Geografia. São Paulo: Cortez.
- QUILLIAN, M. R. (1968) - Semantic Memory, in Minsky M. (a cura di), Semantic Information Processing, MIT Press, Cambridge (Mass.).
- STEYVERS, M., & TENENBAUM, J. B. (2005). The large-scale structure of semantic networks: statistical analyses and a model of semantic growth. *Cognitive Science*, 29(1), 41-78.

ARTIGO 53

OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E A INOVAÇÃO EM TURISMO

REIS, João

ESHTE - Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril (Portugal)

CESTUR - Centro de Estudos de Turismo (Portugal)

Av. Condes de Barcelona, 808, 2769-510 Estoril, Portugal

Tel: +351 21 0040714; email: joao.reis@eshte.pt

RESUMO

Os Sistemas de informação geográfica (SIG) detêm uma importância relevante no desenvolvimento das atividades turísticas. Neste artigo, procura-se analisar os contributos que estes sistemas tecnológicos conferem à inovação em Turismo.

Os SIG possibilitam de modo profícuo a produção, a visualização e a partilha de informação georreferenciada de suporte às atividades turísticas. Constituem-se fundamentais para o desenvolvimento do turismo, quer para as entidades gestoras dos destinos, quer para os turistas. Estes, enquanto consumidores, são cada vez mais esclarecidos e ávidos por propostas aliciantes de práticas e experiências, sobretudo através de tecnologias digitais. A análise dos contributos dos SIG para a inovação em Turismo, foca-se nos conceitos de *WebGIS*, Guia Turístico Eletrónico Móvel, *Location-Based Services*, Realidade Aumentada e *Social Media Maps*. Assim, analisam-se exemplos de aplicação, cujas características são inovadoras, com base na investigação da temática realizada nos últimos anos.

No final, caracterizam-se as tendências futuras dos SIG que promoverão no Turismo um novo padrão de produção e de utilização, no qual se destacam as seguintes: criação e utilização intuitivas de mapas; utilização dos ambientes *web* e *mobile* com recurso à *cloud*

http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0983-6_53

computing; introdução de novas dimensões (análise temporal - 4D); criação colaborativa; *inside-GIS*; e interação com o mundo em tempo real.

PALAVRAS-CHAVE

WebGIS, Guia turístico Eletrónico móvel, Location-based services, Realidade aumentada, *Social media maps*.

THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND INNOVATION IN TOURISM

ABSTRACT

Geographic Information Systems holds a great significance in planning and development of tourism activities. In this article, we examine how these technological systems can contribute to tourism innovation.

Geographic Information Systems enables an advantageous way to produce, view and share georeferenced information that support tourism activities. GIS is essential for the development of tourism, both for tourism destinations' managing bodies and for tourists. As consumers, these are increasingly savvy and eager to obtain attractive suggestions of practices and tourism experiences, especially via digital technology.

The analysis of the contributions of Geographic Information Systems for innovation in Tourism, primarily focusing on WebGIS, Mobile Electronic Tourist Guide (METG), Location-Based Services (LBS), Augmented Reality and Social Media Maps concepts.

Hence, we present an analysis of application examples whose characteristics are innovative, supported by the topic research that has been held in recent years.

Finally, we write about future GIS' trends based on technological developments that will favour a new model of production and application in Tourism, in which we can recognize the following: intuitive creation and output of maps; use web and mobile platform, resorting to cloud computing; new dimensions introduction (time series analysis - 4D); collaborative design; inside-GIS, and real time interaction.

KEYWORDS

WebGIS, Mobile electronic tourist guide, Location-based services, Augmented reality, Social media maps.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo centra-se na importância que os Sistemas de informação geográfica (SIG) representam no planeamento e desenvolvimento das

atividades turísticas, designadamente através dos relevantes contributos que estes sistemas tecnológicos outorgam à inovação em Turismo.

Após uma breve elucidação sobre o conceito de SIG, com sumárias referências às suas componentes e funcionalidades, identificam-se as principais aplicações destes sistemas ao Turismo, evidenciando a relevância que estes sistemas representam para as atividades turísticas.

Posteriormente, analisam-se os contributos dos SIG para a inovação em Turismo, com enfoque nos conceitos de: WebGIS¹; Guia Turístico Eletrónico Móvel²; Location-Based Services³; Realidade Aumentada⁴; e Social Media Maps⁵, recorrendo-se sistematicamente a exemplos de aplicação, no seguimento da investigação regular da temática que se tem realizado nos últimos anos.

Precedendo as considerações finais, caracterizam-se as tendências futuras dos SIG que, alicerçadas na evolução tecnológica, promoverão no Turismo um novo padrão de produção (oferta) e de utilização (procura). Assim, destacam-se, entre outras, as seguintes tendências: criação e utilização intuitivas de mapas por parte de novos utilizadores, que fomentarão a produção colaborativa; utilização de diversos ambientes (sobretudo web e mobile) com indispensável recurso à cloud computing; incremento da realidade aumentada; introdução de novas dimensões,

¹ WebGIS - SIG disponibilizado online que possibilita o acesso a estes sistemas a qualquer utilizador, pois as funcionalidades são disponibilizadas em interfaces simples e intuitivos, dispensando a aquisição de software para aceder e trabalhar com mapas e bases de dados relativas à informação partilhada. Através da Web e baseado na arquitetura cliente/servidor, o internauta acede a mapas e operações criadas em SIG. Considerando que o WebGIS agrega e dissemina visualmente informação geográfica numa página Web, não existe custo para o utilizador, embora o acesso a estes serviços esteja sujeito a ligação à Internet e à informação georreferenciada disponibilizada (PENG & TSOU, 2003; FOOTE & KIRVAN, 1997).

² Guia Turístico Eletrónico Móvel - dispositivo portátil, PDA - Personal Digital Assistant, Smartphone, entre outros, que disponibiliza informação turística referente a locais de interesse específicos, incluindo a oferta hoteleira e de restauração, entretenimento, as orientações de navegação, entre outra, com recurso a tecnologias GPS e/ou wireless que permitem a identificação da localização do seu portador (REIS, 2011).

³ Location-Based Services - serviços baseados no conhecimento da localização geográfica do utilizador.

⁴ Realidade Aumentada - combinação de um cenário real, observado pelo utilizador, com objetos virtuais acrescentados por computador.

⁵ Social Media Maps - mapeamento de informação disponibilizada pelas redes sociais digitais.

como por exemplo a análise temporal (4D); e mapas interagindo com o mundo em tempo real.⁶

2. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADOS AO TURISMO

Os SIG são constituídos por um conjunto de procedimentos, métodos, *hardware*, *software*, dados geográficos e recursos humanos, associados em rede, de modo a possibilitarem a aquisição, o armazenamento, a manipulação (tratamento, validação e transformação), a criação (edição), a integração, a inquirição e análise, a visualização e a apresentação da informação georreferenciada organizada em bases de dados. Estes sistemas representam, de modo profícuo, a realidade terrestre, suportando-se nas características geográficas determinadas em função da localização referenciada dos atributos dos vários elementos em presença. Desta forma, constituem-se em importantes auxiliares do planeamento e gestão, com elevado potencial de aplicação em muitas áreas e disciplinas, designadamente no Turismo (GOODCHILD, 2000; LONGLEY *et al.*, 2005; MORENO JIMÉNEZ, 2005; entre outros). Com efeito, os SIG têm crescido no apoio às atividades turísticas, nomeadamente na apresentação, definição e localização de produtos e destinos turísticos, sendo reconhecidos como pertinentes devido ao facto de partilharem com o Turismo o território como espaço de ação (MARTÍN VALLES, 1999).

Os SIG, no âmbito do Turismo, estão ancorados nas seguintes aplicações: inventariação e análise de recursos turísticos; identificação de localizações ótimas para infraestruturar serviços e equipamentos de suporte às atividades turísticas; elaboração de percursos (p. ex. pedestres, BTT, canoagem, entre outros); produção de itinerários turísticos; gestão de fluxos turísticos (p. ex. com acompanhamento *online* dos movimentos dos

⁶ Cloud computing - ambientes computadorizados, suportados por uma enorme rede de servidores, onde é possível aceder a “um conjunto de recursos como capacidade de processamento, armazenamento, conectividade, plataformas, aplicações e serviços disponibilizados na Internet” (TAURION, 2009:2).

turistas e visitantes, sobretudo em áreas naturais protegidas); determinação de padrões de ocorrência e distribuição de fenómenos (p. ex. análise de influências no *Geomarketing*); monitorização, avaliação e cenarização dos impactes das atividades turísticas (p. ex. recorrendo à simulação e modelação espaciais); disponibilização de informação turística na *Web*, alicerçada na *webização* dos SIG; envolvimento da comunidade e suporte à decisão no âmbito do planeamento turístico; conceção e implementação de GTEM (BAHAIRE & ELLIOTT-WHITE, 1999; FARSARI, 2003; REIS & OSÓRIO, 2007 *apud* REIS, 2011: 66-67) e suporte na partilha de mapas e informação geolocalizada nas redes sociais digitais. A Tabela 1 relaciona as funcionalidades dos SIG com as respetivas questões de investigação e aplicações em Turismo.

3. INOVAÇÃO EM TURISMO

São várias as categorias de inovação em Turismo, desde as que se relacionam com os processos de transação e distribuição até às relativas ao tratamento da informação e à gestão, passando pelas estratégias de conceção e desenvolvimento de produtos turísticos (HJALAGER, 1994, *apud* FIRMINO, 2007).

Os turistas atualmente são mais esclarecidos, sofisticados e exigentes. Utilizam frequentemente a Internet e as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para planearem e decidirem sobre as suas viagens, orientarem-se e divertirem-se durante as mesmas e partilharem as respetivas experiências, ainda nos locais de destino ou após o regresso. Possuem condições económicas mais favoráveis e valorizam práticas individuais, personalizadas, ativas, culturais, diversificadas e autênticas, que envolvam os sentidos, a descoberta e a aprendizagem, mas falta-lhes tempo para tantas atividades. As oportunidades de escolha são apreciadas, a par do acolhimento e dos contributos próprios para o desenvolvimento local (SAER, 2005; CAVACO, 2008). Neste sentido, verifica-se uma tendência para a personalização em detrimento da padronização ou standardização, as vendas de serviços transformam-se em vendas de experiências

e *estórias*, os desejos de visitar e descansar dão origem a sentimentos emocionais e o turismo de interesse especial substitui o de interesse geral (BORDAS, 2003).

Tabela 1 - Aplicações dos SIG em Turismo

Funcionalidades dos SIG	Questões de investigação em SIG (RHIND, 1990, <i>apud</i> BAHHAIRE & ELLIOTT-WHITE, 1999)		Aplicações em Turismo
Introdução, armazenamento e manipulação dos dados	Localização	O que existe em...?	Inventário dos recursos turísticos
Produção de mapas	Condição	Onde está...?	Identificação das localizações mais adequadas para o desenvolvimento
Integração e Gestão da Base de Dados	Tendências	O que mudou...?	Medição e monitorização dos impactes turísticos; registo de evoluções
Consulta e inquirição aos dados	Rotas	Qual é o melhor caminho...?	Elaboração de itinerários e gestão de visitantes e de fluxos
Análise espacial	Padrões	Qual é o padrão...?	Distribuição de fenómenos e determinação de padrões de ocorrência; análise das relações associadas à utilização dos recursos
Suporte à decisão	Modelação	E se...?	Quantificação, qualificação e avaliação dos potenciais impactes do desenvolvimento turístico; Cenarização

Fontes: Bahaire e Elliott-White (1999: 161); Farsari e Prastacos (2007: 661); Costa (2006: 33); Devile *et al.* (2006), (adaptação)

Perante as contínuas alterações das necessidades dos consumidores, um desenvolvimento turístico competitivo deve ser alicerçado em produtos turísticos inovadores, diferenciados, personalizados e qualificados, para os quais muito podem contribuir os SIG (REIS, 2011), porquanto “o turismo é visto como tendo uma taxa de inovação reduzida” (HJALAGER, 2002, *apud* BRANDÃO & COSTA, 2014, 73).

Na conceção de produtos turísticos alicerçados nas TIC, embora existam, atualmente, inúmeros exemplos de inovação, conforme se explanará seguidamente, ainda assim, são muitos os casos em que os processos criativos não se traduziram em procedimentos inovadores. Com efeito, persistem muitos e diversificados entraves à inovação, designadamente ao nível dos recursos financeiros necessários ao investimento, mas igualmente no âmbito dos recursos humanos, desde logo pela necessidade de técnicos qualificados com competências tecnológicas e turísticas, de modo a assegurem proficuamente a implementação de projetos inovadores.

A experiência dos últimos anos, permite considerarmos que existe criatividade crescente na conceção de produtos turísticos, mas que é necessário evoluir no sentido da disponibilização de plataformas tecnológicas de utilização simplificada, de modo a que sejam mitigados os constrangimentos existentes ao nível da programação informática por parte dos diversos agentes turísticos. É neste sentido que surgem as plataformas de conversão automática de *websites* em aplicações móveis utilizadas pelos *smartphones* (*mobile applications* ou apps). Estes desenvolvimentos aliados à tendencial oferta gratuita de serviços tecnológicos, quer em ambiente *web*, quer em sistemas móveis, de que é exemplo o ArcGIS online, muito contribuirão para a divulgação e promoção de produtos turísticos, pois os profissionais de turismo deparar-se-ão com menores obstáculos à implementação de ideias e processos criativos.

4. CONTRIBUTOS DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A INOVAÇÃO EM TURISMO

Neste capítulo, abordam-se os conceitos de *WebGIS*, GTEM, LBS, Realidade Aumentada e *Social Media Maps*, recorrendo a exemplos de aplicação que se têm analisado no âmbito da investigação. Os conceitos de *Geoweb* e *Webmapping* são muitas vezes considerados sinónimos, no entanto, têm diferentes significados. *Geoweb* (também por vezes referido como GeoInternet) engloba os *WebGIS* e *Webmapping* (sendo este integrado no WebGIS), e corresponde ao conjunto das aplicações *web* e/ou serviços com conteúdo geográfico (informação georreferenciada),

isto é, funciona como uma estrutura disposta entre os dados virtuais presentes na *web* e os seus respetivos posicionamentos espaciais. Esta tendência está a alterar o paradigma da informação, numa evolução da *Web 2.0* para a *Web 3.0* (a *Web 2.0* ou *Web Social* está a evoluir para *Web 3.0* que, ao utilizar *softwares* “inteligentes”, inferirá quais as nossas pretensões sem necessidade destas serem explicitamente mencionadas), que proporcionará a “*imersão*” dos cibernautas nos próprios dados, auxiliada pela qualidade das representações, como ocorre no *Street View* (serviço disponível nas aplicações Google Earth e Google Maps e que concebe uma visualização panorâmica de 360° ao nível do solo de ruas de algumas cidades), demonstrando uma transição de “*traga-me a informação*” para “*leve-me à informação*” (GRUBER, 2008, *apud* REIS, 2011, 71; tradução livre do autor).

Os *WebGIS*, conforme aludido anteriormente, são SIG disponibilizados *online* que proporcionam o acesso em tempo real a elevados volumes de informação atualizada e partilhada por servidores. Os *WebGIS*, quando direcionados para as atividades turísticas, disponibilizam informação da oferta turística (recursos naturais e culturais, alojamento, restauração, transportes, lazer, animação, entre outra) e complementam esta informação recorrendo a mapas interativos, nos quais os cibernautas podem explorar e, eventualmente, descarregar os conteúdos facultados (REIS, 2011).

Alude-se na Figura 1 ao projeto *WebGIS* “Rota Histórica das Linhas de Torres” (RHLT). Das várias funcionalidades contempladas neste projeto, destacam-se as seguintes: disponibilização de um conjunto trilhos para percursos pedestres, BTT e/ou a cavalo, e de seis itinerários turísticos, com acesso aos fortes e outros locais de interesse, designadamente, centros interpretativos das Linhas de Torres (constituem um património histórico-cultural, alicerçado num sistema estratégico-militar representado por mais de uma centena de fortes, redutos e baterias, alguns deles totalmente recuperados, que permitiram travar a terceira invasão napoleónica em 1810).

Para além da pesquisa online e dinâmica dos locais de interesse, dos trilhos e itinerários, georreferenciados e sobre diversos *basemaps*, este projeto contempla ainda, entre outras, as seguintes funcionalidades,

sustentadas em *widgets*: seleção das *layers* a visualizar; desenhar/medir; imprimir e criar perfis topográficos e respetivos gráficos; visualizar legendas; *road-books*; e um serviço de direções de condução (*routing*). A informação relativa aos pontos de interesse pode ser descarregada nos formatos GPX (GPS), KML (Google Earth), OV2 (TomTom) e CVS (Garmin), correspondentes às fortificações, aos postos de sinais e aos centros interpretativos, enquanto que os percursos pedestres podem ser obtidos em GPX e KML e os itinerários em ITN (TomTom), GPX e KML.

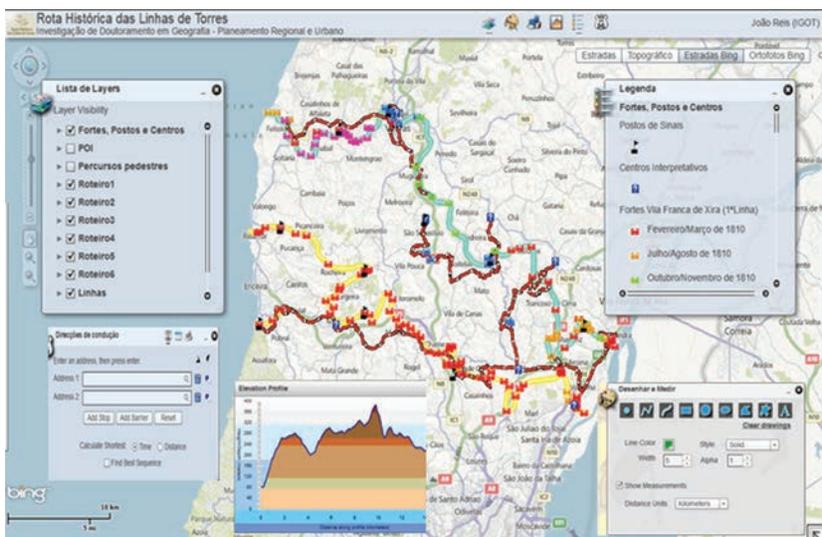


Figura 1 - Imagem de ecrã dos roteiros da RHLT

Fonte: Reis (2011); ArcGIS Viewer for Flex, *basemap* estradas Bing (Microsoft)

O crescente número de cibernautas e o incremento do uso de dispositivos móveis têm fomentado a utilização de aplicações de mapas em equipamentos móveis e um número crescente de serviços baseados no conhecimento da localização geográfica do utilizador, os denominados LBS, que são serviços de dados e informação que integram o posicionamento geográfico dos dispositivos que utilizam as redes de telecomunicações móveis, com o objetivo de agregarem valor acrescentado aos respetivos utilizadores em função do contexto de utilização e de localização (SCHILLER & VOISARD, 2004; KARIMI *et al.*, 2004, *apud* SOUSA, 2007). De acordo com Brimicombe (2002), o desenvolvimento dos LBS assenta

na convergência das seguintes tecnologias: comunicações móveis, de localização, dispositivos móveis com Internet, SIG e servidores de aplicações com bases de dados espaciais. Os LBS utilizam vários métodos de reconhecimento do posicionamento dos dispositivos móveis (Cell ID; ligações rádio terrestres, em função do tempo de propagação do sinal pela rede móvel e do ângulo com que o sinal atinge as antenas; sistemas globais de navegação por satélite, como o GPS ou A-GPS) e ao operarem em modo de alerta, disponibilizam automaticamente conteúdos e serviços personalizados de acordo com os perfis dos utilizadores, sem que haja necessidade dos utilizadores realizarem pedidos de informação ao sistema (SOUSA, 2007; TEIXEIRA, 2009). Na Figura 2, esquematizam-se as componentes e os fluxos de informação de um sistema LBS.

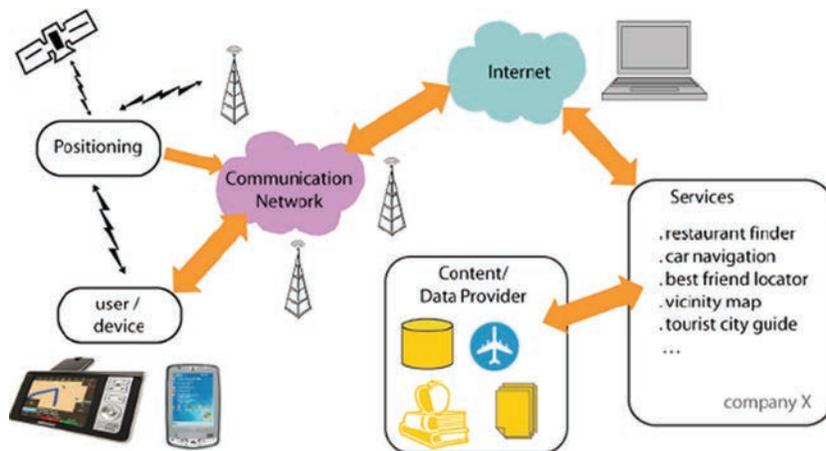


Figura 2 - Componentes e fluxos de informação do sistema LBS

Fonte: Steiniger *et al.* (2008)

A Realidade Aumentada difere da Realidade Virtual, pois nesta tudo é produzido por computador, através de um mecanismo que permita integrar o utilizador no mundo virtual e a sensação visual é controlada pelo sistema. Contrariamente, na Realidade Aumentada o cenário é real, ainda que enriquecido virtualmente, conferindo ao utilizador um sentido de presença, embora necessite de um mecanismo que combine o real e o virtual (BIMBER & RASKAR, 2005; KIRNER & SISCOOTTO, 2007; MADDEN, 2011). De qualquer modo, ambos os sistemas são exemplos relevantes

da utilização das TIC, incluindo os SIG, pois permitem o desenvolvimento de aplicações turísticas inovadoras, ao “*iludir os sentidos através de um conjunto de sensações, tais como a visão, a audição, e o movimento, transportando o utilizador para dentro de um ‘mundo, espaço’ virtual*” (SIQUANT, 2010).

O setor turístico tem estado na linha da frente no desenvolvimento de aplicações que utilizam a Realidade Aumentada. De facto, explanam-se de seguida três exemplos europeus que utilizam a Realidade Aumentada, que favorecem a utilização dos dispositivos móveis, e que, por essa via, se revelam pertinentes para o desenvolvimento das atividades turísticas, de acordo com a experiência própria que se tem vindo a adquirir na sua experimentação.

Wikitude é um *software* desenvolvido por uma empresa austríaca em que o utilizador, após a instalação da aplicação num dispositivo móvel (*smartphone* ou *tablet*), consegue receber informação sobre o que o rodeia, sobreposta à imagem captada pela respetiva câmara ou em mapa dinâmico, nomeadamente, sobre os locais de interesse patrimonial, de alojamento, de restauração, de eventos/atividades, entre outros. A obtenção desta informação é baseada na localização ou posicionamento do aparelho (calculada através de sinal GPS ou Wi-Fi) e na direção da câmara do dispositivo, fazendo uso da Realidade Aumentada.⁷

O projeto Layar, desenvolvido em Amesterdão, tem um funcionamento semelhante ao Wikitude. Baseado num *browser* para dispositivos móveis, o utilizador consegue receber diversa informação, como por exemplo sobre locais de interesse, também sobreposta à imagem captada pela respetiva câmara de *smartphones* (ou *tablets*), com sistema Android ou iOS, ou em mapa dinâmico, e que está relacionada com a posição do utilizador, igualmente calculada pelo sinal GPS e pela direção do dispositivo. Adicionalmente, Layar disponibiliza também a leitura de códigos QR ou similares, sugerindo informação complementar ou suplementar sobre produtos, eventos ou outros, disponibilizada, por exemplo, em

⁷ Disponível online no endereço url: <http://www.wikitude.com> (acedido em 31 janeiro, 2014).

anúncios, vídeos, *links* e objetos.⁸

O *browser* de Realidade Aumentada Junaio, de origem alemã, desenvolvido para dispositivos móveis de 3.^a e 4.^a gerações, é o primeiro a ultrapassar as limitações do sinal GPS no interior de edifícios (e outras situações *indoor*), utilizando os chamados marcadores LLA (latitude, longitude e altitude) que funcionam nas plataformas Android e iOS. Esta aplicação permite aceder a conteúdo diverso que, tal como nas duas anteriores, tenha sido disponibilizado por terceiros, quer através de *scan* de páginas de revistas, jornais ou brochuras, entre outros, quer baseada na localização do utilizador do dispositivo móvel (Figura 3).⁹

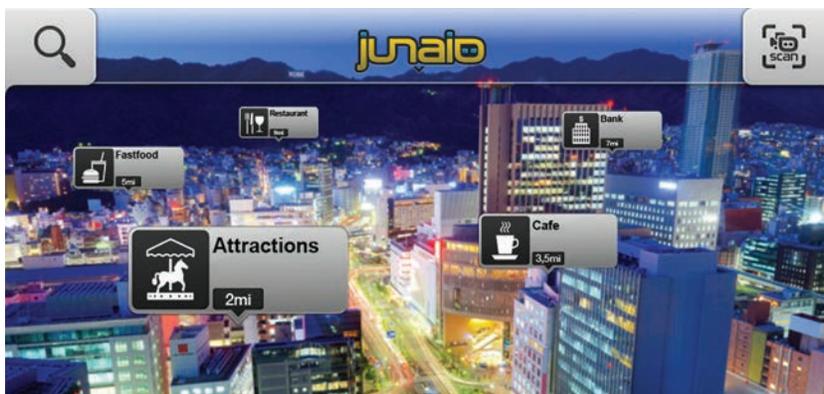


Figura 3 - Imagem de ecrã da aplicação Junaio

Fonte: <http://www.junaio.com/download/>

A difusão de conteúdos turísticos por GTEM, designadamente, sobre os locais de interesse (património, alojamento, restauração), informação meteorológica, orientações de navegação, entre outros, permite que as entidades gestoras dos destinos turísticos, dependendo das tecnologias e aplicações envolvidas, obtenham informação relevante sobre os perfis dos turistas e visitantes portadores destes dispositivos, conheçam as suas localizações e, eventualmente, consigam realizar a ambicionada gestão de fluxos turísticos. Por seu lado, os utilizadores destes Guias, para além

⁸ Disponível online no endereço url: <http://www.layar.com> (acedido em 31 janeiro, 2014).

⁹ Disponível online no endereço url: <http://www.metaio.com/junaio/> (acedido em 31 janeiro, 2014).

de usufruírem daqueles conteúdos, que muito poderão beneficiar as suas experiências de viagem, conseguirão, nos casos mais inovadores em que exista comunicação biunívoca, solicitar ajuda ou comunicar anomalias às entidades gestoras do destino turístico, como no projeto WebPark (REIS, 2011).

Existem muitos outros projetos a nível mundial no âmbito dos GTEM e da sua articulação com os WebGIS, mas por economia de espaço, referem-se, sucintamente, apenas os seguintes (um estudo mais detalhado de projetos deste tipo foi desenvolvido por Reis, 2011):

- GPSies - é uma aplicação *web* que permite conceber trajetos diretamente no mapa dinâmico, carregar percursos produzidos noutras plataformas ou utilizar trilhos delineados por outros utilizadores, em diversas tipologias e diferentes formatos;¹⁰
- “En tu mano” (Andaluzia) - é um serviço disponibilizado *online* para Android em várias línguas, cuja informação turística sobre atrações, alojamento e restauração está geolocalizada, permitindo a disponibilização de um serviço *routing*, considerando o posicionamento do utilizador e o local de interesse selecionado, tal como a leitura de códigos QR e a partilha de conteúdos nas redes sociais digitais;¹¹
- Geoasis (Andaluzia) - é um sistema inteligente de informação turística baseado na localização, que utiliza uma ontologia rica em locais de interesse sobre o património cultural e artístico, proporcionando ao utilizador durante a viagem um guia turístico personalizado, atendendo às suas preferências, ao seu historial, à rota, à velocidade e à sua localização no momento;¹²
- Itiner@ (Barcelona) - é uma aplicação para rotas turísticas, sem necessidade de acesso permanente à Internet, embora o respetivo planeamento e o *download* da informação para o dispositivo móvel dela se socorram,

¹⁰ Disponível online no endereço url: <http://www.gpsies.com/home.do?language=pt> (acedido em 31 janeiro, 2014).

¹¹ Disponível online no endereço url: <http://www.entumano.es/pc/ejemplos.aspx> (acedido em 31 janeiro, 2014).

¹² Disponível online no endereço url: <http://www.youtube.com/watch?v=VSaaZ35mejM> (acedido em 31 janeiro, 2014).

que considera as restrições temporais (hora de início, tempo disponível para a visita, horários de abertura/encerramento, tempos despendidos nos locais de interesse e de deslocação entre estes), as preferências dos utilizadores e a sua situação pessoal (acompanhantes) e o replaneamento da rota a partir do posicionamento do dispositivo, caso não se cumpram os tempos previstos, ou seja disponibiliza várias soluções para utilizadores distintos com preferências diferentes. Esta personalização é efetuada com recurso à denominada ontologia, que é “a especificação explícita de uma conceptualização, entendendo conceptualização como uma visão abstrata e simplificada do mundo que queremos representar” (DESCAMPS-VILLA et al, 2011; 2012; tradução livre do autor)(Figura 4).¹³



* EJEMPLOS DE VISUALIZACIÓN DE LA APLICACIÓN ITINER@ EN DIFERENTES DISPOSITIVOS MÓVILES “SMARTPHONE”.

Figura 4 - Exemplos de visualização da aplicação Itiner@ em diferentes *smartphones*
Fonte: <http://www.itinera.es/>

Numa abordagem à inovação em Turismo, articulada com os SIG, considera-se pertinente referir a importância que os *Social Media Maps* já detêm nas atividades turísticas, quer no planeamento das viagens, quer na partilha de imagens e comentários relativos às experiências vivenciadas. Trata-se de um conceito de mapeamento de informação disponibilizada pelas redes sociais digitais, conforme mencionado anteriormente, em que a componente de geolocalização (posicionamento que define a localização de um elemento no espaço, através de sistema de coordenadas determinado) assume uma importância extraordinária no *marketing*, pois os cibernautas podem partilhar com outros utilizadores o que fazer numa

¹³ Disponível online no endereço url: <http://www.itinera.es/> (acedido em 31 janeiro, 2014).

determinada localização (BELTRÁN LÓPEZ, 2012).

São exemplos dos *Social Media Maps*, entre muitos outros, as aplicações Foursquare e Glympse. A primeira possibilita ao utilizador indicar o seu posicionamento (geolocalização por sinal GPS) e procurar onde se localizam os seus contactos que tenham efetuado *check-in* num determinado local. Estas características potenciam as oportunidades dos negócios turísticos por auxiliarem a fidelização dos clientes de uma forma simples, bastando para o efeito que os consumidores obtenham algum benefício por realizarem *check-in*. A segunda permite, de um modo prático e seguro, partilhar com alguém o posicionamento do utilizador, através de um *glympse*, por via e-mail, SMS, Facebook ou Twitter. Quando o destinatário abre o *link* recebido visualizará no computador ou no dispositivo móvel, através de mapa dinâmico, a localização e/ou a navegação/deslocação de quem lhe enviou o *glympse*. Para salvaguardar as questões de segurança, a informação partilhada estará disponível apenas durante um curto período de tempo pré-estabelecido pelo utilizador. Por outro lado, a utilização desta aplicação não requer que o destinatário instale qualquer tipo de *software* ou tenha que realizar um *login*, basta ter acesso à Internet para conseguir interagir com quem lhe enviou o *glympse*. Trata-se, assim, de mais um auxiliar das atividades de animação turística que permite, entre outras, as seguintes situações: enviar aos participantes indicações sobre os percursos e orientá-los na chegada ao ponto de encontro.

5. TENDÊNCIAS FUTURAS DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

As principais tendências futuras dos SIG estarão, certamente, associadas à criação e utilização intuitivas de mapas por parte de novos utilizadores, no âmbito da denominada integração empresarial, que permite “*novas soluções integradas com as usuais ferramentas produtivas*”, como seja a possibilidade de obter mapas dinâmicos e interativos a partir de dados do Excel, através da ferramenta *Esri Maps for Office* (SABINO, 2012). Também a utilização de diversos ambientes (sobretudo *web* e *mobile*), com o indispensável recurso à *cloud computing*, alicerçado em processos simples de armazenamento de dados ou em aplicações *web*, como é o

caso do ArcGIS Online, será uma constante.

A introdução de novas dimensões nos SIG, como sejam a análise temporal (4D), que permite acompanhar a evolução de determinada informação ao longo do tempo, e a criação de conteúdos de forma colaborativa e livre, de que é um bom exemplo o projeto OpenStreetMap, cujo *basemap* mundial disponibilizado gratuitamente é produzido por utilizadores registados, revelam enormes potencialidades na aplicação dos SIG ao Turismo.

Por último, a interação com o mundo em tempo real, de que são exemplos a disponibilização, para *web* e móvel, da rede do metropolitano de Tóquio, onde é visível o movimento das respetivas composições, e do tráfego aéreo a nível mundial, facultada pelo *website* Flightradar24 (Figura 5).



Figura 5 - Imagem de ecrã do tráfego aéreo em tempo real

Fonte: <http://www.flightradar24.com/>

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise efetuada permite concluir que os contributos que os SIG têm vindo a aportar à inovação em Turismo são muito relevantes. Atendendo à investigação em desenvolvimento sobre esta temática, considera-se que a evolução futura destes sistemas contribuirá ainda mais para o desenvolvimento diferenciado, personalizado e qualificado das atividades turísticas.

É de esperar que a evolução dos SIG fomente a utilização de *WebGIS*

por não profissionais, que recorrerão a plataformas de fácil aplicação, mas é no campo dos GTEM que se espera virem a operar, num futuro próximo, os maiores resultados, refletindo o aumento exponencial da utilização de *smartphones* a par da conceção e aquisição de *mobile applications* (apps) com interesse para o Turismo. Com efeito, acredita-se que a evolução dos GTEM integre os LBS, Realidade Aumentada e Ontologias de Personalização, entre outras tecnologias/aplicações, sem necessidade de acesso permanente à Internet, enriquecendo, deste modo, as experiências turísticas dos seus utilizadores, especialmente daqueles que prezam o acesso à informação no seu dispositivo, de modo personalizado e com orientações de navegação, garantindo mais autonomia e liberdade de movimentação durante as suas viagens.

Para concluir, refere-se a pertinência e o potencial para as atividades de lazer e turismo que terá a divulgação dos respetivos conteúdos, através dos *Story Maps* (combinação de mapas na *web* com aplicações e *templates* que incorporam funções interativas), das soluções *Inside-GIS* (p. ex. *Google Maps Indoor*, que permite a visualização e navegação pelos espaços interiores de edifícios de vários pisos) e, no seguimento do atual incremento da Realidade Aumentada, da interação com o mundo em tempo real, pela disponibilização de mapas de satélite, eventualmente, com sobreposição dos veículos em movimento, conforme proposta arrojada de Gidi Vigo no seu *Blog*.

BIBLIOGRAFIA

- BAHAIRE, Tim & ELLIOT-WHITE, Martin (1999) - "The Application of Geographical Information Systems (GIS)", *in* Sustainable Tourism Planning: A Review, *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 7, No. 2, Department of Tourism and Environment, University of Lincolnshire and Humberside, Lincoln, UK, 159-174.
- BELTRÁN LÓPEZ, Gersón (2012) - Geolocalización y Redes Sociales. Un mundo social, local y móvil, Bubok, España, 257 p.
- BIMBER, Oliver & RASKAR, Ramesh (2005) - Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds, A K Peters/CRC Press, Wellesley, Massachusetts, 392 p.

- BORDAS, Eulogio (2003) - “Hacia el turismo de la sociedad de ensueño: nuevas necesidades de mercado”, *in* Inauguración del primer semestre del curso 2002-2003 de los Estudios de Economía y Empresa de la UOC - Universitat Oberta de Catalunya. Disponível online no endereço url: <http://www.uoc.edu/dt/20219/index.html> (acedido em 5 janeiro, 2009).
- BRANDÃO, Filipa & COSTA, Carlos (2014) - “Inovação em Turismo: uma abordagem sistémica e territorial”, *in* COSTA, Carlos *et al.*: Produtos e Competitividade do Turismo na Lusofonia, Vol. II, Escolar Editora, Lisboa, 159-174.
- BRIMICOMBE, Allan John (2002) - “GIS-Where are the frontiers now?”, *in* Proceedings GIS Bahrain, 33-45, *in* STEINIGER, Stefan *et al.* (2008) - Foundations of LBS, Cartouche-Cartography for Swiss Higher Education. Disponível online no endereço url: http://www.ecartouche.ch/content_reg/cartouche/LBSbasics/en/html/index.html (acedido em 20 novembro, 2010).
- CAVACO, Carminda (2008) - “Introdução”, *in* CAVACO, Carminda (Coord.): Turismo, Inovação e Desenvolvimento, Atas do I Seminário Turismo e Planeamento do Território, Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, Lisboa, 9-16.
- DESCAMPS-VILLA, Laia *et al.* (2012) - “Rutas turísticas personalizadas en dispositivos móviles sin necesidad de conexión a internet: Itiner@”, *in* VI Jornadas de SIG Libre de Girona de 21 a 23 de março de 2012. Disponível online no endereço url: http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre2012/uploads/articulos_12/art10.pdf (acedido em 31 janeiro, 2014).
- DEVILE, Eugénia *et al.* (2006) - “A aplicabilidade dos Sistemas de informação geográfica no planeamento em turismo: o caso dos itinerários turísticos”, *in* Comunicação apresentada na I Conferência Nacional Turismo e Tecnologia de Informação Geográfica, UNL, Lisboa. Disponível online no endereço url: <http://www.estig.ipbeja.pt/~pmmssc/papers/lisboa.pdf> (acedido em 21 novembro, 2010).
- FARSARI, Yianna (2003) - “GIS-based support for sustainable tourism planning and policy making”, *in* Proceedings of the International Leisure and Tourism Symposium, ESADE, Barcelona. Disponível online no endereço url: <http://www.esade.edu/cedit2003/pdfs/farsariyianna.pdf> (acedido em 23 abril, 2010).
- FARSARI, Yianna & PRASTACOS, Poulicos (2007) - “Aplicações GIS no planeamento e gestão do turismo”, *in* LEW, Alan *et al.*: Compêndio de Turismo, Instituto Piaget, Lisboa, 659-671.
- FIRMINO, Manuel (2007) - Turismo. Organização e Gestão, Escolar Editora, Lisboa, 434 p.
- FOOTE, Kenneth & KIRVAN, Anthony (1997) - “WebGIS, NCGIA Core Curriculum *in* GIScience”. Disponível online no endereço url: <http://www.ncgia.ucsb.edu/gisc/units/u133/u133.html> (acedido em 31 março, 2008).

- GOODCHILD, Michael (2000) - "New Horizons for the Social Sciences: Geographic Information Systems", *in* Social Sciences for a Digital World, Building Infrastructure and Databases for the Future, OECD, Paris, 173-182.
- GRUBER, Michael (2008) - "Virtual Earth: Estado del proyecto", *in* VII Jornadas técnicas de Fotogrametría, GTBiBérica, realizadas em 12 de março de 2008, Madrid. Disponível online no endereço url: <http://www.gtbi.net/export/sites/default/GTBiWeb/eventos -desc/7JorGTBi-VexcelxMichaelGruberx.pdf> (acedido em 8 junho, 2010).
- KARIMI, Hassan A. & HAMMAD, Amin (2004) - "Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services", CRC Press, *in* SOUSA, Nuno (2007): "Location-Based Services. A Crescente Importância da Localização", *in* Dissertação de Mestrado em Estatística e Gestão de Informação. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da UNL, Lisboa. Disponível online no endereço url: <http://dspace.fct.unl.pt/bitstream/10362/2686/1/TEG10210.pdf> (acedido em 10 junho, 2010).
- KIRNER, Claudio & SISCOUTTO, Robson (2007) - Realidade Virtual e Aumentada. Conceitos, Projeto e Aplicações, Livro do Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis, 28 de maio de 2007, Editora SBC, Porto Alegre, 300 p.
- LONGLEY, Paul *et al.* (2005) - Geographic Information Systems and Science, 2nd ed., Wiley, Sussex, UK, 536 p.
- MADDEN, Lester (2011) - Professional Augmented Reality Browsers for Smartphones: Programming for Junaio, Layar and Wikitude, John Wiley, Sussex, UK, 360 p.
- MARTÍN VALLES, David (1999) - "Las tecnologías de la información y el turismo", *in* Estudios Turísticos, n.º 142, Instituto de Estudios Turísticos, Madrid, 3-24.
- MORENO JIMÉNEZ, Antonio (2005) - Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Manual de Autoaprendizaje com ArcGIS, Ra-Ma, Madrid, 940 p.
- PENG, Zhong-Ren & TSOU, Ming-Hsiang (2003) - Internet GIS. Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks, John Wiley, New Jersey, 720 p.
- REIS, João (2011) - "A informação turística electrónica na Rota Histórica das Linhas de Torres como contributo para o consumo de experiências turísticas singulares", *in* Tese de Doutoramento em Geografia, Planeamento Regional e Urbano, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa.
- REIS, João & OSÓRIO, Bruno (2007) - "Os SIG aplicados ao Turismo. Elaboração e disponibilização de um itinerário pedestre em Sintra", *in* Comunicação apresentada no III Congresso Internacional da Montanha - Desporto e Turismo de Aventura, realizado entre 23 e 25 de novembro de 2007, na ESHTe, Estoril.

- SABINO, Rui (2012) - “Tendências e Inovação nos Sistemas de informação geográfica”, *in* I Colóquio de Sistemas de informação geográfica, em 4 de dezembro de 2012, Sociedade Portuguesa de Geografia, Lisboa.
- SAER (2005) - Reinventando o Turismo em Portugal. Estratégia de desenvolvimento turístico português no 1º quartel do século XXI, *in* Confederação do Turismo Português, Lisboa, 623 p.
- SCHILLER, Jochen & VOISARD, Agnès (2004) - “Location-Based Services”, Morgan Kaufman Publishers, *in* SOUSA, Nuno (2007): “Location-Based Services. A Crescente Importância da Localização”, *in* Dissertação de Mestrado em Estatística e Gestão de Informação. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da UNL, Lisboa. Disponível online no endereço url: <http://dspace.fct.unl.pt/bitstream/10362/2686/1/TEGI0210.pdf> (acedido em 10 junho, 2010).
- SIQUANT (2010) - “MobileTrails. Percursos Pedestres com Dispositivos Móveis”. Disponível online no endereço url: <http://www.siquant.pt/portal/MobileTrails@245.aspx> (acedido em 25 maio, 2010).
- SOUSA, Nuno (2007) - “Location-Based Services. A Crescente Importância da Localização”, *in* Dissertação de Mestrado em Estatística e Gestão de Informação. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da UNL, Lisboa. Disponível online no endereço url: <http://dspace.fct.unl.pt/bitstream/10362/2686/1/TEGI0210.pdf> (acedido em 10 junho, 2010).
- STEINIGER, Stefan *et al.* (2008) - “Foundations of LBS”, *in* CartouCHE-Cartography for Swiss Higher Education. Disponível online no endereço url: http://www.ecartouche.ch/content_reg/cartouche/LBSbasics/en/html/index.htmlpt/bitstream/10362/2686/1/TEGI0210.pdf (acedido em 20 novembro, 2010).
- TAURION, Cezar (2009) - Computação em Nuvem. Transformando o mundo da Tecnologia da Informação, Brasport, Rio de Janeiro, 228 p.
- TEIXEIRA, Hugo (2009) - “MobileTrails: Aplicação Móvel com Localização Geográfica”, *in* Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, UTL, Lisboa.

EDITORES E APOIOS

JOSÉ GOMES DOS SANTOS

José Gomes dos Santos nasceu a 24 de Setembro de 1966, reside em Coimbra, é Professor Auxiliar no Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e Investigador no Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT). Ingressou na carreira docente universitária em Junho de 1992, após ter concluído a Licenciatura em Geografia, em 1991, e o Estágio Pedagógico realizado na Escola Secundária José Falcão, em 1992. Em 1996 concluiu o Mestrado em Geografia Física e em 2005 o Doutoramento na mesma área científica, ambos pela FLUC. Entre 2009 e 2011 foi CEO da empresa iNovmapping LDA. Foi mentor e PEP para acreditação do curso de Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica, criado em consórcio pela FLUC e pela FCTUC, do qual foi director entre 2011 e 2014. Tem como principais áreas de investigação, Geomorfologia aplicada, Riscos e Catástrofes Naturais, Sistemas de informação geográfica (SIG) e WebSiG, e SIG, Inovação e Empreendedorismo.

PUBLICAÇÕES:

- SANTOS, J. (2013). “Vertentes do Rio Dueça” - revisitado. Subsídios à homenagem do Geógrafo-Professor Fernando Rebelo. In Livro de Homenagem ao Professor Fernando Rebelo, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 767-777.
- SANTOS, J. (2013). GIS-based hazard and risk maps of the Douro river basin (north-eastern Portugal). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, ISSN: 1947-5705, DOI: 10.1080/19475705.2013.831952
- SANTOS, J. (2007). “Environmental marginality and natural disasters; a case study at Régua (Portugal) in the Douro wine region”. In JONES, Garret. LEIMGRUBER, Walter e NEL, Etienne - *Issues in Geographical Marginality*. IGU, Grahymstown. CDROM. ISBN: 9780868104416 (em colaboração com Lúcio Cunha e Rui F. Figueiredo).
- SANTOS, J. BATEIRA, C., TELES, V., & FERREIRA, R., (2003/2004)- “Susceptibilidade a movimentos de vertente; diagnóstico e caracterização de sectores-problema na área centro-ocidental do Norte de Portugal”. Projecto de colaboração com a DRAOT-Norte. Relatório de teor geográfico aplicado ao Ordenamento do Território, Porto, 122p., e 1 Poster. (Coordenador de Relatório Científico)

CIDÁLIA FONTE

Cidália Maria Parreira da Costa Fonte Concluiu a Licenciatura em Engenharia Geográfica em 1988, tendo ingressado na carreira académica em 1989, como assistente estagiária no Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC). Em 2004 concluiu o doutoramento em Engenharia Geográfica na Universidade de Coimbra e é actualmente Professora Auxiliar no Departamento de Matemática da FCTUC e Investigadora no Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESCC), onde ingressou em 2007, sendo membro da Direcção deste instituto desde 2011. É membro da Ordem dos Engenheiros, tendo sido eleita para os cargos de vogal do colégio de Engenharia Geográfica da região centro entre 2001 e 2004 e coordenadora deste colégio entre 2004 e 2010 (dois mandatos). Tem como principais áreas de investigação Avaliação da Qualidade e Modelação da Incerteza em Informação Geográfica, Detecção Remota e Informação Geográfica Voluntária, sendo autora e co-autora de cerca de quatro dezenas de artigos em livros, revistas e conferências internacionais.

PUBLICAÇÕES:

- FONTE, C.C.; APOLINÁRIO, J.; GONÇALVES, L. M. S. (2013) "Assessing the spatial variability of classification accuracy using uncertainty information", 16th AGILE Conference on Geographic Information Science, In Proceedings 2013 - 16th AGILE Conference on Geographic Information Science, Leuven.
- GONÇALVES, L. M. S.; FONTE, C. C.; JÚLIO, E. N. B. S.; CAETANO, M. (2010). "Evaluation of soft possibilistic classifications with non-specificity uncertainty measures", *International Journal of Remote Sensing* 31, 19: 5199 - 5219. doi: 10.1080/01431160903283876
- SARMENTO, P.; FONTE, C.C.; CAETANO, M.; STEHMAN, S.V. (2013). "Incorporating the uncertainty of linguistic-scale reference data to assess accuracy of land-cover maps using fuzzy intervals", *International Journal of Remote Sensing* 34, 11: 4008 - 4024. doi: 10.1080/01431161.2013.772312
- FONTE, C.C.; LODWICK, W.A. (2005). Modelling the Fuzzy Spatial Extent of Geographical Entities. In *Fuzzy Modeling with Spatial Information for Geographic Problems*, ed. Frederick E. Petry/Vincent B. Robinson/Maria A. Cobb, 121 - 142. ISBN: 3-540-23713-5. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag. doi: 10.1007/3-540-26886-3_6.
- FONTE, C.C. (2008) Geographical Entities as Surfaces. In *Fuzzy Surfaces in GIS and Geographical Analysis - Theory, Analytical Methods, Algorithms and Applications*, ed. Weldon Lodwick, 63 - 83. ISBN: 9780849363955. Boca Raton: CRC Press.
- FONTE, C.C.; LODWICK, W. (2004) "Areas of fuzzy geographical entities", *International Journal of Geographical Information Science* 18, 2: 127 - 150. doi: 10.1080/13658810310001620933

RUI FERREIRA DE FIGUEIREDO

Rui Ferreira de Figueiredo, é geógrafo e doutor em Geografia. Professor Auxiliar no Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e Investigador no Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território. As suas principais áreas de interesse científico são Geografia Física, Ordenamento do Território e Estudos Ambientais; Sistemas de informação geográfica, Modelação Ambiental e Apoio à Decisão.

PUBLICAÇÕES:

- FERREIRA, R. (2014)- Dinâmica da Paisagem no Centro de Portugal: Análise prospetiva no Concelho de Viseu in Cunha, Lúcio; Jacinto, Rui (Coord.) *As Novas Geografias dos Países de Língua Portuguesa. Paisagens e dinâmicas territoriais em Portugal e no Brasil*. CEI, Guarda, Coleção Iberografias, Vol. Nº 26.
- FERREIRA, R. (2013)- Acessibilidade rodoviária na área de Coimbra. A propósito de um mapa de isócronas publicado por Fernando Rebelo em 1975 in Lourenço, Luciano F. e MATEUS, Manuel A. (Coord.)- *Riscos naturais, antrópicos e mistos. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo*, Departamento de Geografia. Faculdade de Letras. Universidade de Coimbra.
- FERREIRA, R. (2012)- *Estrutura da Paisagem e Modelação da Ocupação do Solo. Aplicação aos concelhos de Aveiro, Viseu e Guarda*, Dissertação de Doutoramento, Universidade de Coimbra (FL), Coimbra, 425 p.
- DIMUCCIO, L.; FIGUEIREDO, R.; CUNHA, L. E ALMEIDA, A. C. (2011)- Regional forest-fire susceptibility analysis in central Portugal using a probabilistic ratings procedure and artificial neural network weights assignment, *International journal of wildland fire*, 20 (6), 776-791. doi: 10.1071/WF09083.
- PINHEIRO, Elisa Calado; PAIS, Pedro Leitão; CARRILHO, Ricardo Aguiar; CUNHA, Lúcio ; Ferreira, Rui; de la Puente, José Maria Torres Fernández; Arjona, Álvaro Castellón; ALVARADO, Rosa Maria Holgado; MARTÍNEZ, Ildefonso Barrera; QUESADA, Patrício Mateos (2008-2009)- *Rota da Lã - TRANSLANA. Percursos e marcas de um território de fronteira: Beira Interior (Portugal) e Comarca Tajo-Salor-Almonte (Espanha)*, Museu de Lanifícios da Universidade da Beira Interior, Covilhã.

ALBERTO CARDOSO

Alberto Jorge Lebre Cardoso recebeu o grau de doutor em Engenharia Informática em 2006 na Universidade de Coimbra, é Professor Auxiliar no Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e Investigador no Grupo de Computação Adaptativa do Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra.

É docente do Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica, entre outros, e desenvolve trabalho de investigação na área da computação adaptativa, da supervisão e diagnóstico de falhas em sistemas dinâmicos, das redes de sensores sem fios, da experimentação online, da inteligência computacional e dos Sistemas de informação geográfica.

PUBLICAÇÕES:

HENRIQUES, J., GIL, P., CARDOSO, A. e DOURADO, A. (2010), "Nonlinear Control Based on Affine Neural Networks: Application to a Solar Power Plant", "Power Plant Applications of Advanced Control Techniques", processing Engineering GmbH, Austria, (Ed. Pal Szentannai), ISBN: 978-3-902655-11-0.

PUBLICAÇÃO EM REVISTA:

CARDOSO, A. e GIL, P. (2013), "Online Learning in Engineering Courses Using Wireless Sensor and Actuator Networks", International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP), DOI 10.3991/ijep.v3iS1.2457.

PUBLICAÇÃO EM CONFERÊNCIA:

RIBEIRO, A. e CARDOSO, A. (2014), "Integração de modelos de simulação em SIG: aplicação ao caso da drenagem de águas pluviais urbanas", I Jornadas Lusófonas de CTIG, Coimbra.

GIL GONÇALVES

Gil Gonçalves, obteve a licenciatura em Engenharia Geográfica pela Universidade de Coimbra em 1989 e em 1992 realizou a Provas Públicas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Em 1999, obteve o grau de *Docteur em Sciences de l'Information Geographique* pela Universidade de Paris-Est Marne-la-Valee (França). Desde 1989 que lecciona na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra onde exerce actualmente o cargo de Professor Auxiliar. Os seus interesses científicos incluem a Detecção Remota utilizando imagens de satélite de observação da Terra e veículos aéreos não tripulados, os sistemas de varrimento laser aéreo e terrestre e a Fotogrametria Digital.

PUBLICAÇÕES:

- JALOBEANU, A., and Gonçalves, G (2013). Robust ground peak extraction with range error estimation using full-waveform LiDAR - IEEE Geosciences and Remote Sensing Letters. DOI 10.1109/LGRS.2013.2288152
- GONÇALVES, G. and Pereira, L. (2012), A thorough accuracy estimation of DTM produced from airborne full-waveform laser scanning data of unmanaged Eucalypt plantations. IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing. 50(11). Pags 3256 - 3266. 10.1109/TGRS.2011.2180911.
- FERRAZ, A., BRETAR, F. Jacquemoud, S., GONÇALVES, G., PEREIRA, L., SOARES, P. and TOMÉ, M. (2012), 3D mapping of a multi-layered Mediterranean forest using ALS data. Remote Sensing of Environment. 121, pp 210-223. Doi: 10.1016/j.rse.2012.01.020.
- JALOBEANU, A., and GONÇALVES. G (2012). The full-waveform LiDAR Riegl LMS-Q680i: from reverse engineering to sensor modeling” - American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference (ASPRS'12), Sacramento, CA, USA, Mar.

JOSÉ PAULO ALMEIDA

José Paulo Elvas Duarte de Almeida é Professor Auxiliar de Engenharia Geográfica no Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra e Investigador no Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores em Coimbra (INESCC). Obteve o grau de Licenciado em Engenharia Geográfica em 1992 pela Universidade de Coimbra (Faculdade de Ciências e Tecnologias), tendo ingressado na Ordem dos Engenheiros no mesmo ano no respetivo Colégio da Especialidade de Engenharia Geográfica (carteira profissional nr.). Em 1997 recebeu o grau de Mestre em Engenharia Civil, na especialidade de Engenharia Urbana, atribuído também pela Universidade de Coimbra (Faculdade de Ciências e Tecnologia). Em 2008 é-lhe atribuído pelo University College London (da Universidade de Londres) o grau de Doutor em Engenharia Geomática.

PUBLICAÇÕES:

- de ALMEIDA J-P, LIU X, ELLUL C, RODRIGUES-de-CARVALHO M (2014). Towards a real estate registry 3D model in Portugal: preliminary case study implementation tests. In U. Isikdag (Ed.), *Innovations in 3D Geo-Information Sciences, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Chapter 17: 291 - 320. Springer Int. Publishing, Cham (Suíça). (http://rd.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-00515-7_17)
- BILLEN R, CUTTING-DECELLE A-F, MARINA O, de ALMEIDA J-P, CAGLIONI M, FAÏQUET G, LEDUC T, MÉTRAL C, MOREAU G, PERRET J, RABINO G, SAN JOSÉ R, YATSKIV I, ZLATANOVA S (2014). 3D City Models and urban information: Current issues and perspectives. European COST Action TU0801. edp Sciences, Les Ulis (França). (<http://3u3d.edpsciences.org/articles/3u3d/abs/2014/01/3u3d-cost2013/3u3d-cost2013.html>)
- de ALMEIDA J-P, ELLUL C, RODRIGUES-de-CARVALHO M (2013). Towards a real estate registry 3D model in Portugal: some illustrative case studies. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences II-2/W1*: 101-110. (<http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-2-W1/101/2013/isprsannals-II-2-W1-101-2013.pdf>)
- de ALMEIDA J-P, MORLEY J G, DOWMAN I J (2013). An algorithm for higher-order analysis of urban topology within GIS environment. *International Journal of Geographical Information Science* 27(8): 1514 - 1529. (<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658816.2012.756881#.UjcVXRZ4GxI>)
- ALÇADA-ALMEIDA L, COUTINHO-RODRIGUES J, de ALMEIDA J-P (2013). Interactive multicriteria decision support system for spatial planning analysis. *Proceedings of ICE-Municipal Engineer* 166(1): 3 - 15. (<http://www.icevirtuallibrary.com/content/article/10.1680/muen.12.00010>)
- de ALMEIDA J-P, COUTINHO-RODRIGUES J (2011). Modelling environmental impacts on communities from co-incineration of hazardous industrial waste. *Proceedings of ICE-Municipal Engineer* 164(2): 103 -116. (www.icevirtuallibrary.com/content/article/10.1680/muen.2011.164.2.103)
- de ALMEIDA J-P, MORLEY J G, DOWMAN I J (2007). Graph theory in higher order topological analysis of urban scenes. In *Computers, Environment and Urban Systems* 31(4): 426-440. (www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971507000208)

SARA BAPTISTA

Sara Isabel Alves dos Santos Baptista é Designer no PIMC (Projeto de Imagem Multimédia e Comunicação) da Universidade de Coimbra. Nasceu em Coimbra a 17 de Março de 1978. Obteve grau de Licenciada em Design de Comunicação em 2002 pela ARCA-EUAC (Escola Universitária de Artes de Coimbra) tendo trabalhado de seguida em design, informática, docência (2º e 3º ciclos), design de marketing e, mais recentemente, como assistente editorial na Imprensa da Universidade de Coimbra. Em 2014 recebeu o Grau de Mestre em Tecnologias da Informação Geográfica da Faculdade de Letras e da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra no ramo de TIG-AOT (Ambiente e Ordenamento do Território) especializando-se na componente WebSIG.

PUBLICAÇÕES:

BAPTISTA, Sara (2014). “Geobrasões - Brasões de Portugal”. Trabalho de projeto de mestrado, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

BAPTISTA, Sara (2013). “Incertos Significados”. Poesia. Bubok. ISBN: 978-84-686-3416-6; ISBN digital: 978-84-686-3417-3; <http://www.bubok.pt/livros/6411/Incertos-Significados>

APOIOS E PATROCÍNIOS



Série Documentos

Imprensa da Universidade de Coimbra

Coimbra University Press

2015

