



territorium • 25(I)

RISCOS:  
PROCESSOS E VULNERABILIDADES

Imprensa da Universidade de Coimbra  
Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

2018

(Página deixada propositadamente em branco)

# territorium 25 (I)

Riscos: Processos e vulnerabilidades  
*Risks: Processes and vulnerabilities*

Janeiro - Junho  
2018

### FICHA TÉCNICA

**Proprietário / Proprietary (Owner)**  
RISCOS<sup>o</sup> - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**Redação e administração / Editorial and administration**  
(Toda a correspondência deve ser dirigida a;  
Letters should be addressed to):

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
Aeródromo da Lousã  
Chã do Freixo  
3200-395 VILARINHO, LSA  
PORTUGAL  
Tel.: +351 239 992 251; Fax: +351 239 836 733  
E-mail: [riscos@uc.pt](mailto:riscos@uc.pt)

**Fotografia da capa / Cover photo**  
Simulação de uma inundação em Berlim  
Flood Simulation in Berlin  
**Localização / Localization: Berlim**  
Fotografia / Photo: via Pixabay

**Edição / Edition**  
RISCOS<sup>o</sup> - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
IUC<sup>o</sup> - Imprensa da Universidade de Coimbra

**Paginação / Formatting and Layout**  
Mestre Fernando Félix

#### **Distribuição e Assinaturas / Distribution and Subscriptions:**

**Venda (vente; sale):**  
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
Número avulso (single issue): 25 €  
**Assinatura anual (um número + correio);**  
Annual subscription (1 volume + post charge):  
Portugal: 27,50 €; Europa/Europe: 30€;  
Outros países/Others countries: 35 \$USD

**Pré-impressão e Impressão / Print preview and Printing:**  
Simões & Linhares, Lda.  
Rua do Fetal, Lote 5, 3020-923 Coimbra

**Periodicidade / Periodicity**  
Semestral / Biannual

**Tiragem / Printed**  
1100 exemplares

**Público alvo / Target audience**  
Professores, Agentes de Proteção Civil, Autarcas, Estudantes e Cidadãos.  
Teachers, Civil Protection Agents, Politicians, Students and Citizens.

**Arbitragem / Peer-review**  
Os artigos submetidos para publicação são sujeitos a revisão por dois especialistas.  
Articles submitted for publication are subject to review by two experts (double-blinded).

**Depósito Legal n.º 106376/96**  
**ISSN Digital: 1647-7723**  
**ISSN: 0872-8941**  
**DOI: <https://doi.org/10.14195/1647-7723>**

**URL:**  
[http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Territorium/numeros\\_publicados](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Territorium/numeros_publicados)  
<https://impactum.uc.pt/pt-pt/content/revista?tid=43371&id=43371>  
<http://impactum-journals.uc.pt/index.php/territorium>

**Indexada em / Indexed in**  
**Latindex; Qualis 2014; ERIH-PLUS; Dialnet; DOAJ**

**Apoios:  
Sponsors:**



## NOTA DE ABERTURA

A publicação ininterrupta de 25 números de uma revista científica deve ser motivo de satisfação para todos quantos nela colaboraram e, por conseguinte, merece ser celebrado.

Todavia, essa celebração poderá revestir-se de várias formas, passando a mais comum, porventura, pela edição de um número especial. No entanto, não foi essa a nossa opção.

Com efeito, entendemos comemorar estes 25 anos de edição através do lançamento de um novo desafio, o qual passou por alterar a edição da revista e, por isso, vai deixar de ter edição anual, para se transformar em publicação semestral.

Assim, a par da consolidação das modificações introduzidas a partir do número 22, esta passagem a semestral será a alteração mais visível, se bem que, no pormenor, também procurámos responder a algumas solicitações dos autores, nomeadamente a de aumentar o número de caracteres do resumo.

Para tal, abdicámos dos resumos em francês e espanhol, razão pela qual, a partir de agora, eles serão publicados apenas no idioma em que estiver redigido o artigo e, também, em inglês. Quando o texto estiver redigido em inglês, o outro resumo será apresentado em português.

Por outro lado, a partir deste número, estas notas de abertura passarão a ser redigidas também em inglês.

Estamos convictos de que estas e outras alterações de pormenor irão contribuir para uma maior visibilidade internacional e uma maior presença da revista junto dos diferentes agentes de protecção civil, investigadores e cientistas incluídos, as quais beneficiarão todos quantos nela apostarem para divulgar os resultados das suas pesquisas e da investigação que venham a realizar.

Certos de que este novo passo vai no sentido da consolidação da revista, dando continuidade às alterações que introduzimos no n.º 22, ele permitirá guindar a *Territorium*, a breve trecho, para novos patamares de merecido reconhecimento, e que apenas tardaram em concretizar-se, mas que esperamos poder vir a anunciar brevemente e, desse modo, associá-los ainda às comemorações destes 25 anos de edição.

Apesar de muitas revistas não dedicarem qualquer atenção especial à edição do seu número 25, entendemos não dever deixar passar em claro o simbolismo que este número contém e, por isso, aproveitando o ensejo,

## INTRODUCTORY NOTE

The uninterrupted publication of 25 editions of a scientific journal should be a reason for satisfaction for everyone who worked on it and therefore deserves to be celebrated.

However, this celebration may take various forms, the most common, perhaps, being the publication of a special edition. However, we chose not to.

In fact, we decided to commemorate these 25 years and editions by launching a fresh challenge, which was to change the publication of the journal which will, therefore, no longer be annual to become a biannual publication.

So, along with the consolidation of the modifications introduced from edition 22, this move to twice yearly will be a more visible alteration, albeit, in terms of detail, we also sought to address some requests from the authors, namely to increase the number of characters of the abstracts.

To do so, we abdicated the abstracts in French and Spanish, which is why, from now on, they will be published only in the language the article was written in and also in English. When the text is written in English, the other abstract will be presented in Portuguese.

On the other hand, as from this edition, these introductory notes will also be written in English.

We are convinced that these alterations will help the journal to have greater international visibility and presence among the different agents of civil protection, researchers and scientists included, who will all benefit from publishing the results of their research and investigation in it.

This new step will certainly further consolidate the journal, continuing on from the alterations that we made in edition no. 22, helping to raise *Territorium*, in the short term, to new heights of well-deserved recognition, which were merely late in coming, but which we hope to be able to announce shortly and, in this way, associate them to the commemorations of these 25 years of the publication.

Although many journals do not dedicate any special attention to their 25<sup>th</sup> edition, we believe we should not ignore the symbolism that this number contains and, therefore, taking the opportunity, we thought that it

achámos que seria o momento oportuno para a passagem da revista a edição semestral.

Assim, apesar de termos abdicado da publicação de um número especial, não quisemos deixar de recentrar neste número a temática que serve de ponto focal à revista e que, por se dedicar ao estudo dos riscos e das suas manifestações, não poderia tratar outro tema que não fosse o dos riscos e das suas duas principais condicionantes.

Por conseguinte, não poderíamos deixar de considerar os processos que originam os riscos, como também não poderíamos deixar de incluir as vulnerabilidades, já que, normalmente, são elas que contribuem para empolar as consequências das manifestações dos riscos, pelo que também elas não poderiam deixar de estar presentes.

Deste modo, como optámos por não fazer um número especial, não houve convidados especiais e os autores submeteram, nas condições habituais, os trabalhos que agora damos à estampa.

Assim, aparentemente, este número 25 corresponde a um volume normal, embora, na prática, introduza uma profunda alteração relativamente aos números anteriores, uma vez que se trata de um volume duplo, embora o segundo tomo só venha a ser publicado no próximo semestre.

Com efeito, esta transformação em revista semestral foi a forma que nos pareceu mais adequada para celebrar estes 25 anos de publicação e desejamos que ela seja do agrado dos autores.

Esperamos que a nossa revista continue a merecer a confiança dos investigadores das várias ciências cindínicas para nela publicarem os resultados das suas pesquisas, pelo menos durante mais 25 anos!

Pela nossa parte continuaremos empenhados em valorizar a *Territorium*, para que ela possa continuar a ser uma referência internacional na temática dos riscos e, muito em particular, para os investigadores dos mundos lusófono e latino-americano.

would be the right time for the change of the journal's publication to twice yearly.

So, although we have abdicated the publication of a special edition, in this edition we wanted to refocus on the theme that serves as the focal point to the journal and, as it is dedicated to the study of risks and their manifestations, we could not consider anything else other than risks and their two main constraints.

Therefore, we could not but consider the processes that originate risks, and also we simply had to include risk vulnerability, since, normally, it is this that helps to enhance the consequences of the manifestations of risk, and so this also had to be present.

In this way, as we opted not to publish a special edition, there were no special guests and the authors submitted the works printed here in the normal conditions.

So, apparently, this 25<sup>th</sup> edition corresponds to a normal edition, although, in practice, it introduces a profound alteration in relation to the previous editions, seeing that it is a double edition, although the second part will only be published next semester.

In fact, this transformation into a biannual journal was the way that seemed most appropriate to us to celebrate these 25 years of publication and we hope that the authors like it.

We hope that our journal continues to merit the trust of researchers from the various sciences of natural risks and that they will publish the results of their work in it for at least another 25 years!

For our part we shall continue to devote ourselves to improving *Territorium*, so that it may continue to be an international benchmark on the topic of risk and, in particular, for researchers in the Portuguese-speaking and Latin American communities.

*Luciano Lourenço*



RISCOS



IMPACTOS DAS CHUVAS NA CIDADE DE FORTALEZA NO TRIÊNIO 2013, 2014 E 2015\*

IMPACT OF THE RAINS ON THE CITY OF FORTALEZA IN THE YEARS 2013, 2014 AND 2015

5

João Sérgio Queiroz de Lima

Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará-UFC (Brasil)  
[joaosergio1980@gmail.com](mailto:joaosergio1980@gmail.com)

Jader de Oliveira Santos

Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará-UFC (Brasil)  
[jadersantos@gmail.com](mailto:jadersantos@gmail.com)

Maria Elisa Zanella

Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará-UFC (Brasil)  
[elisazv@terra.com.br](mailto:elisazv@terra.com.br)

RESUMO

O presente artigo objetiva avaliar os impactos das chuvas na Cidade de Fortaleza, quinta metrópole do Brasil, entre os anos de 2013 e 2015. Utiliza-se o método Sistema Clima Urbano para investigação ambiental integrada, com ênfase na climatologia geográfica. O sítio urbano de Fortaleza apresenta diversos ambientes suscetíveis a eventos deflagrados pelas chuvas. Alagamentos e inundações em planícies fluviais, lacustres e flúviomarinhas e movimentos de massa em encostas íngremes de dunas afetam o espaço urbano, além de ressacas do mar na zona costeira. Eventos pluviais acima de 30 mm/dia causam problemas generalizados na cidade, com os mais graves sendo os eventos extremos, acima de 100 mm/dia. Os mais sérios danos incidiram sobre a mobilidade e no uso residencial em todas as regiões do município. Interpreta-se que a sociedade local não apresenta preparo suficiente para lidar com os problemas ambientais detectados, resultado da ocupação inadequada dos ambientes naturais, múltiplas deficiências das infraestruturas urbanas e baixo nível de organização comunitária e das instituições públicas frente às situações de crise.

**Palavras-chave:** Chuvas, Cidade de Fortaleza, problemas ambientais.

ABSTRACT

This article aims to assess the impact of the rains in Fortaleza city, the fifth metropolis in Brazil, between 2013 and 2015. To achieve an integrated environmental investigation, the Urban Climate System method was adopted, with emphasis on geographic climatology. The urban site of Fortaleza presents several environments prone to events triggered by rain. Inundation and flooding around rivers, lakes and estuaries and landslides near dune slopes affect the urban space, besides storm waves impacting on the coastal zone. Rainfall events above 30 mm/day cause widespread problems in the city, the most severe problems being seen during extreme events, above 100 mm/day. The most severe impacts occurred on mobility and residences all over the city. In conclusion, local society is not prepared to cope with the environmental problems discussed in this work, as a result of the inappropriate occupation of the environment, several deficiencies of urban infrastructure and low level of organization of community and public institutions to face crisis situations.

**Keywords:** Rains, city of Fortaleza, environmental problems.

\* O texto deste artigo foi submetido em 10-06-2016, sujeito a revisão por pares a 02-09-2016 e aceite para publicação em 17-05-2017.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25 (I), 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

Os eventos climáticos têm provocado, historicamente, impactos socioeconômicos em todo o Mundo, sobretudo nos países e regiões subdesenvolvidos, mais dependentes economicamente, cujas condições precárias de organização socioespacial tornam grupos sociais altamente vulneráveis aos efeitos adversos da dinâmica natural.

Nesse contexto, situações de desastre ambiental são produzidas quando os fenômenos atmosféricos impactam e desorganizam a sociedade, demonstrando a ocorrência de eventos extremos, não necessariamente pelos desvios do padrão normal de ocorrência (excesso ou escassez), mas pelos danos provocados.

No Brasil, as precipitações pluviais concentradas e seus efeitos nos fenômenos hidrológicos e geomorfológicos de elevada intensidade são os eventos mais impactantes nas cidades, sobretudo em espaços cuja organização territorial é inadequada em termos de infraestrutura e quanto ao uso e ocupação frente às características naturais.

No país, esses eventos climáticos atingem os espaços urbanos de forma irregular e relativamente imprevisível, como bem afirma C. A. F. Monteiro (2011, p.56): *“Quase todas as nossas áreas metropolitanas têm problemas anuais de inundações do espaço urbano em diferentes graus de intensidade e, de quando em quando, são teatros de calamidades”*.

Com base nessas considerações e a partir da realidade observada nos principais centros urbanos brasileiros, evidencia-se que a gestão pública tem se mostrado ineficiente no tratamento dos problemas relacionados aos impactos derivados dos eventos pluviais concentrados.

Na Cidade de Fortaleza os problemas deflagrados pelas chuvas são evidenciados historicamente, a cada período chuvoso. Os mais significativos efeitos adversos são produzidos essencialmente pela vulnerabilidade decorrente da deficiência da infraestrutura de saneamento e drenagem e pela ocupação inadequada de ambientes naturais suscetíveis à ocorrência de eventos como inundações, alagamentos e movimentos de massa. Nesse ínterim, grande contingente populacional está vulnerável aos impactos hidrometeorológicos, com a geração de problemas socioambientais diversos.

O presente artigo objetiva avaliar os impactos urbanos deflagrados por eventos naturais hidroclimáticos no território da Cidade de Fortaleza, utilizando período amostral entre 2013 e 2015. A avaliação aborda os impactos hidrometeorológicos noticiados nos meios de comunicação, representados pelos portais de notícias dos jornais locais disponíveis na internet, e a correspondência com os boletins de ocorrência dos órgãos públicos municipais de defesa civil e de gerenciamento de trânsito.

O referencial teórico-metodológico utilizado alude ao Sistema Clima Urbano-SCU proposto por C. A. F. Monteiro (1976). Os eventos de precipitação concentrados, deflagradores dos impactos, foram estudados e classificados em função dos totais pluviométricos (em mm), distribuição espacial e ocorrência de eventos extremos. Essa abordagem possibilita um melhor entendimento da dinâmica e espacialização dos problemas de ocupação do sítio urbano, das deficiências da infraestrutura e despreparo da sociedade no enfrentamento de situações críticas, deflagradas por eventos naturais climáticos e suas repercussões hidrológicas e geomorfológicas.

A série temporal amostral utilizada, 2013 a 2015, exemplifica o histórico de problemas na cidade através da ocorrência mais atual dos eventos de chuva. Nesse período, o advento da mídia eletrônica permitiu maior atenção, abrangência e detalhamento das informações pela imprensa local, com ampla disponibilidade de dados sobre o tema em pauta, seguindo periodicidade cotidiana.

Esse período também marca o início do monitoramento dos impactos causados pelas chuvas, em escala municipal e cotidiana, realizado no âmbito do Grupo de Pesquisa sobre Fragilidades e Riscos Ambientais Urbanos, integrante do Laboratório de Geoprocessamento (LABOCART) do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC).

O tipo de abordagem empregado se diferencia das tradicionalmente utilizadas no tratamento dos impactos hidrometeorológicos em ambiente urbanos. Nesse contexto, são levantados primeiramente os relatos de problemas ocorridos em todo o território da cidade, através das informações disponíveis pela mídia local, para subsequentemente se investigar a influência dos eventos naturais na geração e distribuição espacial dos impactos, analisando-se os dados pluviométricos e as características geoambientais do sítio urbano.

Os jornais locais dispõem atualmente de informações de abrangência espacial e temporal suficiente para abordagem integral do território municipal com registros diários. Esse avanço facilitou a obtenção de dados de difícil monitoramento em tempo real em campo. Na busca da correspondência das informações midiáticas com os dados oficiais foram sistematizados e integrados os registros dos órgãos públicos quanto ao atendimento emergencial nos dias com impactos das chuvas observados. Para tanto, foram pesquisados e avaliados os boletins de ocorrência da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC-For) e Autarquia Municipal de Trânsito e Cidadania (AMC), integrantes da estrutura administrativa da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF).

Os boletins de ocorrência desses órgãos públicos são restritos e de uso interno, contudo, foi possível o acesso

através de pesquisa *in loco*. A COMDEC-For disponibilizou informações sobre os atendimentos de emergência nas áreas residenciais atingidas pelas chuvas, com a materialização de danos, como desabamento de imóveis e pessoas desabrigadas. A AMC listou as principais vias públicas com interrupções parciais ou totais no trânsito de veículos, assim como problemas técnicos em semáforos e placas de sinalização.

### Área de estudo

A Cidade de Fortaleza localiza-se a 3° 45' 47" de latitude sul e a 38° 32' 35" de longitude oeste, ocupando área territorial de 314,9 Km<sup>2</sup>, na porção norte-nordeste do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil (fig. 1). Como principal centro urbano cearense, concentrou o maior contingente populacional do Estado em 2010, ocupando *status* de metrópole regional e quinto maior centro urbano do país, com 2.452.185 habitantes (BRASIL, 2013).

O sítio urbano de Fortaleza é composto por um conjunto de ambientes naturais predominantemente litorâneos e pré-litorâneos fortemente alterados e densamente ocupados, caracterizados por elevada fragilidade ambiental, conforme avaliam M. J. N. Souza *et al.* (2009), J. O. Santos (2011 e 2015) e J. O. Santos e J. L. S. Ross (2012). Essa condição de fragilidade ambiental indica forte suscetibilidade a eventos naturais intensos e extremos.

Entre esses eventos são recorrentes as inundações, suscetíveis principalmente nas planícies fluviais, flúviolacustres e flúviomarinhas, localizadas em classes altimétricas inferiores a 5 metros de altitude. As áreas de inundação sazonal localizadas nessas classes são suscetíveis aos alagamentos. Os movimentos de massa são altamente suscetíveis nas encostas das dunas em vertentes superiores a 50 metros de altitude, embora possam também ocorrer em vertentes

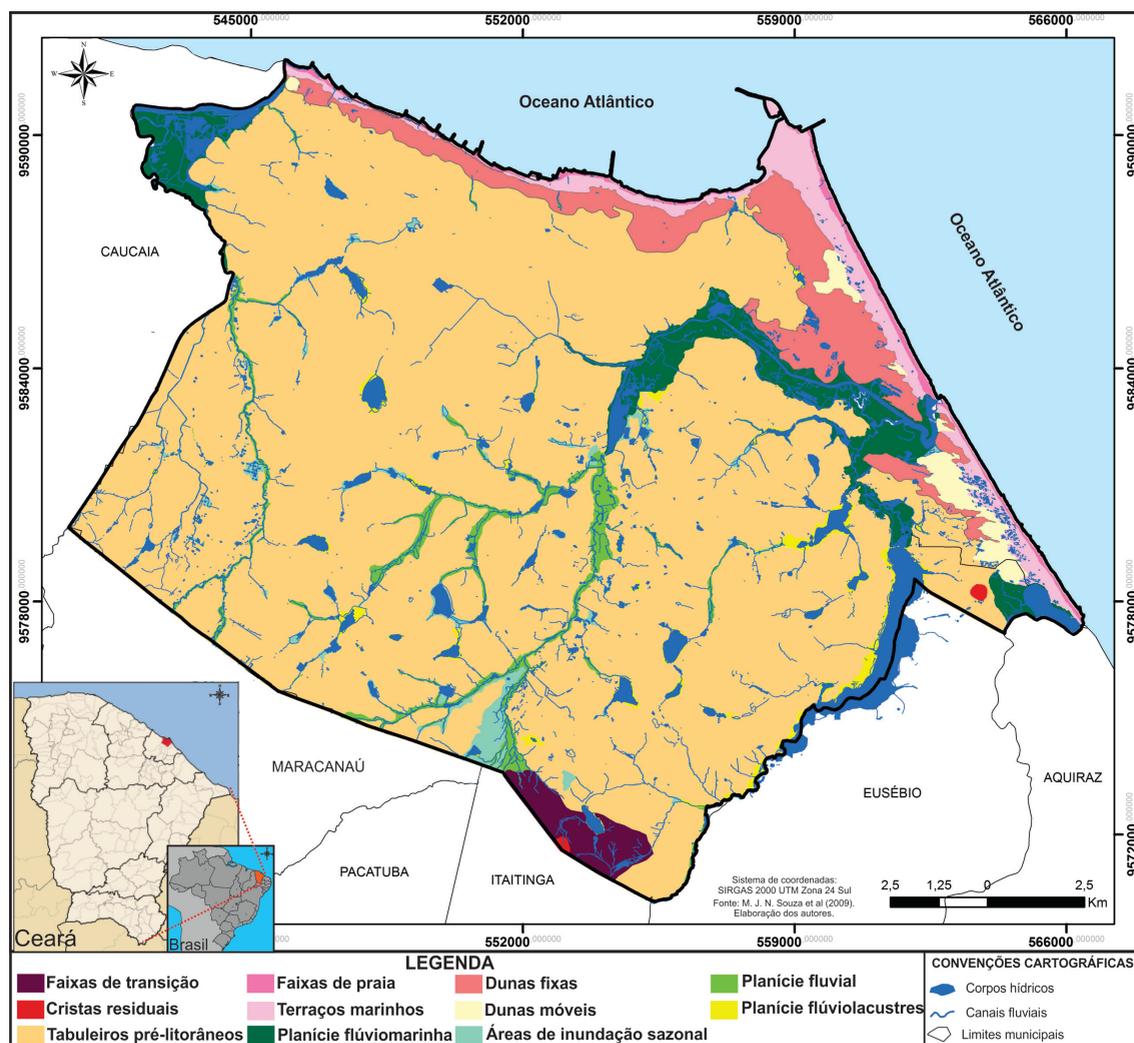


Fig. 1 - Cidade de Fortaleza - localização e sítio urbano (Fonte: adaptado de M. J. N Souza *et al.*, 2009)

Fig. 1 - City of Fortaleza - location and urban site (Source: adapted from M. J. N Souza *et al.*, 2009).

entre 30 e 50 metros (fig. 2). Em todas as situações o agente natural indutor fundamental corresponde às manifestações climáticas.

Nesse contexto, são considerados como ambientes de elevada fragilidade ambiental as faixas de praia, encostas de dunas móveis e de dunas fixas fortemente alteradas, planícies flúviomarinhas, fluviais, flúviolacustres e lacustres. Os setores mais abrigados das inundações nessas planícies e as áreas de inundação sazonal são ambientes de fragilidade ambiental média. As áreas consideradas com fragilidade ambiental baixa são os tabuleiros pré-litorâneos e a faixa de transição entre os tabuleiros e a superfície sertaneja. A suscetibilidade natural desses ambientes à ocorrência de eventos intensos e extremos é potencializada pelas características climáticas e principais sistemas atmosféricos atuantes no sítio urbano em questão, submetido ao clima regional atuante em todo Nordeste brasileiro.

As chuvas na região Nordeste do Brasil funcionam de acordo com atuação da Zona de Convergência

Intertropical (ZCIT); dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN); das Linhas de Instabilidade (LI); dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM); das Ondas de leste (OL); e dos efeitos das brisas marítimas e terrestres. A variabilidade interanual da chuva tem como mecanismos mais importantes os fenômenos El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do Oceano Atlântico, conforme análises de A. G. Ferreira e N. G. S. Mello (2005); M. E. Zanella, M. C. L. Sales e N. J. A. Abreu (2009); J. B. Magalhães e M. E. Zanella (2011), J. B. Monteiro e M. E. Zanella (2013).

A ZCIT é o sistema atmosférico de maior importância no clima da Cidade de Fortaleza, atuando nos meses de fevereiro, março, abril e maio. Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) atuam na pré-estação chuvosa (janeiro, fevereiro e março). As Linhas de Instabilidade atuam em fevereiro e março. Os Complexos Convectivos de Mesoescala atuam no período chuvoso, de forma isolada, podendo ocasionar chuvas extremas. As Ondas de Leste atuam nos meses de junho e julho. Com menor

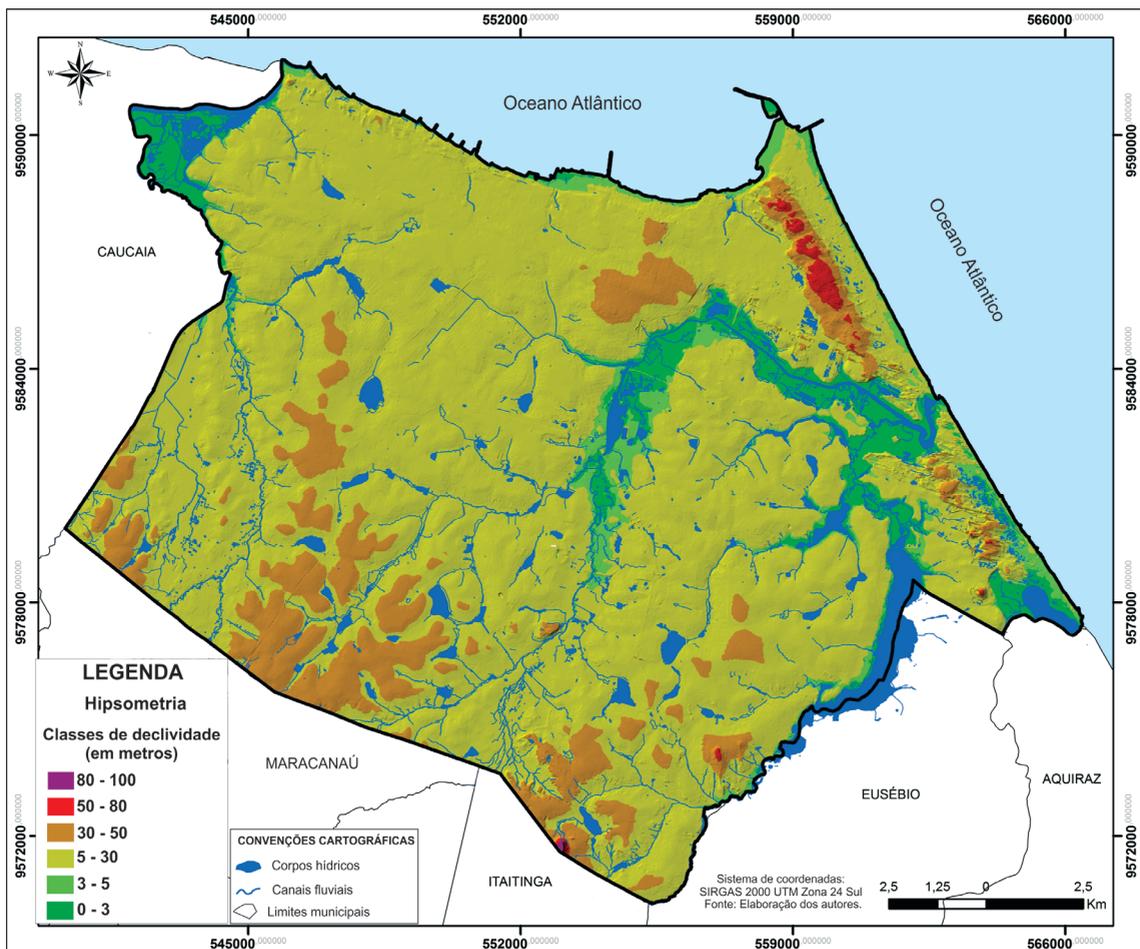


Fig. 2 - Cidade de Fortaleza - hipsometria.

Fig. 2 - City of Fortaleza - hipsometry.

importância, os sistemas de Brisas ocasionam chuvas na área costeira. Esses sistemas determinam as condições espaço-temporais de precipitação pluviométrica e outros elementos climáticos importantes para a qualidade ambiental urbana.

No sítio urbano de Fortaleza a ocupação inadequada de ambientes com elevada fragilidade ambiental produz condições favoráveis à deflagração de situações críticas decorrentes de eventos naturais, com sérios efeitos adversos quando atingem áreas marcadas pela precariedade urbana e vulnerabilidade social. Nesse ínterim, os processos hidroclimáticos assumem importância fundamental como principais causadores dos problemas ambientais urbanos.

### **Impactos hidrometeorológicos no contexto do Sistema Clima Urbano**

Nas abordagens pioneiras sobre o Clima Urbano, apresentadas por T. J. Chandler (1976), H. E. Landsberg (1976), T. R. Oke (1984), R. Taesler (1986), entre outros, são analisadas com maior ênfase as influências das características físicas da urbanização na baixa atmosfera, cujos efeitos são capazes de provocar mudanças climáticas locais, alterando parâmetros meteorológicos, como temperatura, qualidade do ar e umidade.

Esses primeiros ensaios teóricos suscitaram desenvolvimentos metodológicos que permitissem aplicações práticas em estudos mais detalhados sobre objetos específicos, sobretudo no âmbito da climatologia geográfica. Dessa forma, o Sistema Clima Urbano se apresenta como um referencial com potencial adequado para a abordagem dos impactos causados pelas chuvas na organização territorial urbana.

O Sistema Clima Urbano-SCU integra um referencial teórico e metodológico aplicado à análise do clima da cidade, no âmbito dos estudos ambientais integrados em Geografia. Segundo C. A. F. Monteiro (2011) as cidades são resultantes das derivações ambientais das condições naturais originais por sítios produzidos por acréscimos, eliminações, substituições e alterações realizadas pela organização da sociedade aliada à própria dinâmica da população. Nesse contexto o autor define o clima urbano como um sistema composto de múltiplas variáveis que integra o clima atuante em determinado território e sua urbanização, resultante da integração espacial-dinâmica entre o fato natural climático e o fato social urbano, independentemente da escala da cidade, grau de urbanização ou complexidade natural.

A. M. P. M. Brandão (2001) e F. Mendonça (2011) destacam que o sistema climático urbano integra a importância do processo de urbanização na derivação do clima da cidade. O clima urbano, parte fundamental do estudo da cidade, aparece como recorte fundamental à

compreensão dos problemas urbanos e à sua gestão no presente e no futuro.

No Sistema Clima Urbano-SCU o intuito fundamental é a compreensão do comportamento climático específico da cidade. A atmosfera como operadora do sistema, integrando-se de forma sistêmica à dinâmica natural aos processos da urbanização, independentemente da categoria dimensional e populacional da cidade, tendo sempre a sociedade como o referencial dos fatos geográficos. Os canais de percepção sobre o clima urbano são meios de categorizar como as manifestações dos eventos climáticos impactam os grupos sociais urbanos.

O canal mais interessante à pesquisa refere-se aos meteoros de impacto, como produtores de perturbações e desorganização na cidade. Esse canal é abordado no subsistema climático urbano hidrometeorológico (integrado indissociavelmente aos demais subsistemas: termodinâmico e físico-químico). Os meteoros de impacto geram como produtos ataques à integridade urbana. Como exemplos, nos climas tropicais, manifestam-se principalmente através de agentes hídricos, como fortes chuvas (C. A. F. Monteiro, 1990).

As manifestações meteóricas de impacto são insumos energéticos e materiais atmosféricos de origem natural. De diferentes amplitudes na escala global, variam de acordo com os mecanismos atmosféricos influentes no clima regional das cidades. Para os estudos do clima urbano no Brasil as precipitações pluviais são as manifestações mais interessantes nesse contexto.

Os meteoros de impacto têm caráter perturbador, com potencial de causar situações de desastres ambientais em função dos ataques à integridade das cidades (artefato físico) e desorganização dos processos socioeconômicos urbanos.

Segundo C. A. F. Monteiro (2011) os insumos meteóricos de impacto, como as chuvas, são intimamente relacionados à drenagem, escoamento superficial e fluvial. Essa relação expressa a integração sistêmica entre o clima regional e o ambiente natural terrestre considerado como sítio urbano, núcleo do sistema. Quando resultam de eventos extremos, em função das disritmias ou desvios dos padrões habituais do ritmo de sucessão dos estados atmosféricos, os impactos hidrometeorológicos podem assumir proporções catastróficas.

Os eventos pluviais, na perspectiva dos impactos hidrometeorológicos, podem ser classificados de acordo com vários parâmetros, selecionados em função dos objetivos da pesquisa. Os mais comuns, por exemplo, são intensidade, duração e frequência. No presente estudo foram adotados os totais pluviométricos, a abrangência espacial e extremidade dos eventos. Os valores considerados extremos, tanto negativos como positivos, são índices de referência para avaliação dos impactos potenciais ao meio urbano.

Eventos naturais extremos estão relacionados à excepcionalidade, independentemente da gênese e do espaço geográfico em que atuam, são rótulos genéricos para definir uma gama de fenômenos que se caracterizam por acarretar sérios prejuízos às economias e às populações afetadas, com os mais frequentes e intensos ligados, direta ou indiretamente, à atmosfera (A. M. P. M. Brandão, 2001; C. A. F. Monteiro, 1976). Os impactos pluviais concentrados são considerados importantes eventos naturais extremos, com potencial de produzir desastres.

D. Goodin *et al.* (2004) explicam que os eventos climáticos extremos, tratados na perspectiva do fenômeno físico, são geralmente raros e para reconhecê-los e categorizá-los é necessário a análise de registros abrangentes das séries históricas de dados meteorológicos. B. Wisner *et al.* (2003) apontam que, na perspectiva socioeconômica, os eventos extremos são compreendidos pelos danos de grande relevância que provocam, como óbitos, desabrigos, prejuízos financeiros, entre outros. Nesse sentido, a vulnerabilidade e resiliência dos grupos sociais são importantes aspectos para a análise.

Segundo J. B. Monteiro e M. E. Zanella (2013) há dificuldade em definir uma chuva extrema - evento extremo - devido à dinâmica e estrutura de cada cidade em relação à influência da urbanização na maior ou menor intensidade do impacto ocasionado por um episódio pluviométrico de forte intensidade.

M. E. Zanella, M. C. L. Sales e N. J. A. Abreu (2009) consideram, para a Cidade de Fortaleza, que as precipitações diárias a partir de 60 mm causam impactos significativos. De acordo com análises realizadas entre 1974 a 2008, afirmam que há uma tendência de anos mais chuvosos serem também os que apresentam maior número de eventos intensos. Já J. L. S. Olímpio *et al.* (2013), analisando os totais pluviométricos na série histórica compreendida entre 1974 a 2012, classificam os eventos de chuva extremos (expressivos e insuportáveis quanto ao potencial de impacto) quando ultrapassam 100 mm/dia, conforme apresentado no QUADRO I a seguir.

QUADRO I - Classificação das chuvas em relação ao potencial de impactos hidrometeorológicos na Cidade de Fortaleza.

TABLE I - Classification of rains in relation to the potential hydrometeorological impacts on the city of Fortaleza.

Evento pluvial	Intervalos (mm/dia)	Potencial de impacto
Inexpressivo	De 0,1 a 10	Insignificante
Normal	> 10 a 60	Assimilável
Intenso	> 60 a 100	Significativo mas suportável
Extremo	> 100	Expressivo e insuportável

Fonte/Source: J. L. S. Olímpio *et al.* (2013)

A classificação da intensidade dos eventos de chuva considerando os totais pluviométricos registrados na Cidade de Fortaleza, realizada por J. L. S. Olímpio *et al.* (2013), serve de referência para o presente estudo, em destaque a classe de evento extremo. A utilização dessa classificação é necessária considerando que esse tipo de análise não está contemplado no escopo da avaliação aqui proposta.

Na presente proposta são primordialmente avaliadas as informações sobre a espacialização dos problemas registrados na integralidade dos dias que compõem a série temporal (2013-2015). Subsequentemente essas informações são correlacionadas com o padrão de ocorrência dos eventos naturais. Essa integração serve à compreensão da distribuição sazonal e repercussão espacial dos fenômenos relativos aos impactos ocasionados pelas chuvas. Na ordem, são analisados primeiramente os problemas e depois o evento natural deflagrador, privilegiando a espacialização.

Os eventos pluviais, como fator natural, são avaliados e classificados em termos de importância, para se estabelecer uma relação entre os impactos causados e o potencial das chuvas. O que se enfatiza são os eventos impactantes na cidade no período considerado, com repercussão nos principais meios de comunicação local e órgãos públicos de atendimento emergencial. Os eventos extremos são importantes nessa perspectiva analítica, mas não exclusivamente.

Em síntese, os procedimentos investigativos adotados para a avaliação dos impactos das chuvas na Cidade de Fortaleza no triênio 2013, 2014 e 2015, partem da coleta de informações cotidianamente nos portais de notícias *on-line* dos jornais locais: O Povo, Diário do Nordeste, Tribuna do Ceará e O Estado. Todas as reportagens sobre chuvas ou efeitos do clima na Cidade de Fortaleza e no Estado do Ceará foram coletadas, selecionadas, analisadas, catalogadas em meio digital e organizadas por data: ano, mês e dia. Foram extraídas informações sobre: totais pluviométricos, impactos na cidade, principais locais atingidos, órgãos envolvidos, manchetes de destaque e fontes das informações. Essas informações foram corroboradas com os dados disponíveis nos boletins de ocorrência do órgão municipal de Defesa Civil (COMDEC-For) e de trânsito (AMC).

As informações reportadas serviram de indicadores dos problemas causados à cidade por conta dos eventos pluviais. A avaliação da importância da chuva como evento natural foi integrada às informações sobre os impactos na organização sócioespacial. Após a identificação dos impactos reportados, foi realizada a correlação do evento deflagrador do impacto com os totais pluviométricos registrados nos postos meteorológicos considerados.

São utilizados os totais pluviométricos diários oficiais disponibilizados pela FUNCEME para os anos de 2013, 2014 e 2015, em quatro postos de coleta de dados localizados na Cidade de Fortaleza (QUADRO II). As informações foram organizadas enfatizando os dias de chuvas com impactos registrados.

As precipitações pluviométricas registradas nos dias de chuvas com impactos na cidade representam o fator natural no Sistema Clima Urbano. A importância das chuvas nos dias em destaque é indicada pela distribuição e abrangência espacial, médias dos totais pluviométricos coletados e a ocorrência de eventos extremos e intensos.

O indicador de abrangência e distribuição espacial das chuvas considera a ocorrência de precipitações nas diversas regiões da cidade, coletadas nos postos considerados, de modo a abranger a integralidade do território municipal, conforme estabelecido no QUADRO III.

Ao abordar as quatro estações pluviométricas localizadas em diferentes regiões da cidade pretende-se obter uma dimensão da abrangência espacial das chuvas no território. De acordo com o critério sugerido entende-se que, se o evento de chuva foi registrado em um posto pluviométrico ele é considerado concentrado, ao passo que, se foi registrado em todos os postos, é classificado como generalizado.

O indicador de relevância das chuvas, em dias com impactos registrados na cidade, tem como base a média das precipitações registradas nos postos de coleta e a severidade do evento pluvial. Nesse ínterim, se utiliza a classificação de J.L.S. Olímpio *et al.* (2013) realizada para a Cidade de Fortaleza, conforme mostra o QUADRO IV.

O indicador da ocorrência de eventos extremos de chuva baseia-se nos registros de precipitações maiores que 100 mm nos postos meteorológicos considerados e distribuição espacial destes eventos. Esse índice, que define eventos extremos de chuva, foi baseado na classificação de J. L. S. Olímpio *et al.* (2013) para a Cidade de Fortaleza, conforme apresentado no QUADRO V.

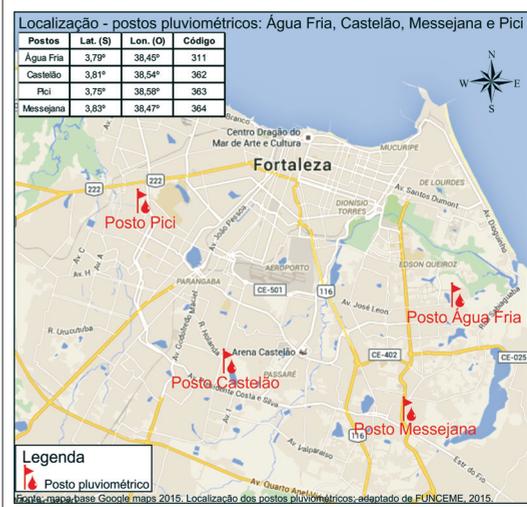
A avaliação da importância das chuvas proporciona uma visão sobre a relação entre os impactos hidrometeorológicos noticiados e o potencial dos eventos pluviais como fator natural. Nesse contexto é possível desvendar a relação entre o tipo de evento pluvial, em termos de intensidade (mm/dia) e distribuição espacial, e os impactos deflagrados na cidade, acentuando ou atenuando a importância dos eventos naturais e relevando as possíveis deficiências de infraestruturas de drenagem e ocupação inadequada dos ambientes com elevada fragilidade ambiental.

QUADRO II - Cidade de Fortaleza (2013, 2014 e 2015) - totais de precipitação registrados nos postos pluviométricos nos dias de chuvas com impactos registrados.

TABLE II - City of Fortaleza (2013, 2014 and 2015) - total rainfall recorded in the rain gauge stations on days of rainfall with recorded impacts.

Dias de chuva com impactos registrados	Postos pluviométricos - totais de precipitação (mm)			
	Água Fria	Castelão	Messejana	Pici
16/02/2013	26	28,4	16,2	31
17/02/2013		9,5	13,8	12,8
19/02/2013	4,2	10,8	5,8	24
20/02/2013	27	38,2	35,2	17
20/04/2013	62	32,1	60,8	47,7
01/05/2013	21	16	25	18,8
15/05/2013	1,6	32,3	28,1	16,8
05/06/2013	38	23,8	10,2	17,8
04/02/2014	7,4	54,5	0	43,4
17/03/2014	33,2	10,2	0	9,8
31/03/2014	124	135	169	38,4
01/04/2014	8,4	4	3,2	14,9
02/04/2014	4,4	18	12,4	8,2
09/04/2014	22,6	45,2	6	31,1
28/04/2014	26,2	49,6	29	21,8
12/05/2014	70	44,8	10,6	40
03/01/2015	13,2	33,2	0	66,6
04/01/2015	132	19,3	0	8,9
21/02/2015	39	18,5	27,4	50,6
22/02/2015		24,3	22,4	21,6
25/02/2015	30	30	32,8	41,4
08/03/2015		27,6	20,6	45,8
09/03/2015	80	100,8	57,2	73
10/03/2015	9	14,6	26	29,2
23/03/2015	93	53,6	46,2	88
03/04/2015		4,6	8	19,8
04/04/2015	28	35,4	29,8	4,4
13/04/2015	18	29,6	3,8	30,4
14/04/2015	60	51,6	48,8	59,8
17/07/2015	80	0	40,6	54,2

Fonte/Source: FUNCEME (2015D).



QUADRO III - Indicador de abrangência e distribuição espacial das chuvas na Cidade de Fortaleza.

TABLE III - Indicator of coverage and spatial distribution of rainfall in the city of Fortaleza.

Registros de chuva	Classificação da chuva
Um posto pluviométrico	Concentrada
Dois postos pluviométricos	Mal distribuída
Três postos pluviométricos	Bem distribuída
Quatro postos pluviométricos	Generalizadas

12

QUADRO IV - Indicador de relevância das chuvas na Cidade de Fortaleza.

TABLE IV - Indicator of rainfall relevance in the city of Fortaleza.

Classes (mm)	Classificação da chuva	Evento pluvial
0,1 a 10	Baixa relevância	Inexpressivo
> 10 a 60	Média relevância	Normal
> 60 a 100	Alta relevância	Intenso
> 100	Extrema relevância	Extremo

Fonte: adaptado de J. L. S. Olímpio *et al.*, 2013.  
Source: adapted from J. L. S. Olímpio *et al.*, 2013.

QUADRO V - Indicador da ocorrência de eventos pluviais extremos na Cidade de Fortaleza.

TABLE V - Indicator of the occurrence of extreme rainfall events in the city of Fortaleza.

Classificação do evento extremo	Ocorrência espacial
Evento extremo concentrado	Um posto pluviométrico
Eventos extremos medianamente abrangentes	Dois postos pluviométricos
Eventos extremos bem abrangentes	Três postos pluviométricos
Eventos extremos generalizados	Quatro postos pluviométricos

Fonte: adaptado de J. L. S. Olímpio *et al.*, 2013.  
Source: adapted from J. L. S. Olímpio *et al.*, 2013.

### Impactos hidrometeorológicos registrados na Cidade de Fortaleza no triênio 2013, 2014 e 2015

Os principais resultados do estudo procedido apontaram que a maioria dos problemas decorrentes do impacto das chuvas na cidade de Fortaleza ocorre em comunidades com predominância de habitações precárias, evidenciados através dos diversos casos de destruição total ou parcial de imóveis residenciais, principalmente desabamentos e desestabilização das estruturas construídas. O padrão construtivo deficiente das estruturas físicas dos imóveis favorece à maior vulnerabilidade dos grupos sociais aos efeitos adversos das chuvas. Estes casos merecem atenção especial e prioritária dos serviços de atendimento de emergência, pois apresentam o mais

elevado risco de danos humanos, como a possibilidade de óbitos. Políticas públicas de prevenção e redução dos riscos, satisfeitas através do ordenamento territorial, obras de drenagem, saneamento básico e produção habitacional formal, são necessárias para redução da vulnerabilidade da população aos impactos das chuvas.

Os impactos espacialmente generalizados na mobilidade de veículos automotivos, individuais e coletivos, revelam os significativos efeitos adversos das chuvas no sistema viário da cidade. Esses problemas estão historicamente relacionados ao dimensionamento insuficiente da rede física de drenagem pluvial, cujo agravamento é verificado através da extensiva remoção da cobertura vegetal e impermeabilização das superfícies naturais. Essas intervenções técnicas indiscriminadas contribuem para aumentar a velocidade do escoamento superficial e diminuir o tempo do pico de inundações nos cursos fluviais e corpos lacustres, assim como para rápidos alagamentos nas áreas de acumulação sazonal, com permanência do excedente hídrico por maior período de tempo.

Os eventos extremos de chuvas ocorreram em três dos 30 dias com problemas registrados na série temporal considerada. Além da importância em termos naturais, pela excepcionalidade, esse tipo de evento foi significativo pela quantidade de impactos causados na organização territorial, com maior número de ocorrências registradas pelos órgãos municipais de Defesa Civil e de Trânsito, o que denota maior extensão dos danos nas diversas regiões da cidade. A desorganização causada na mobilidade urbana é significativa, com várias vias interditadas e semáforos em pane, em função do impacto direto das águas e alagamentos decorrentes, provocando extensos congestionamentos de veículos.

A avaliação dos registros evidenciou que a distribuição espacial dos impactos hidrometeorológicos na Cidade de Fortaleza ocorre de forma generalizada no território.

O setor nordeste da cidade concentra os bairros com maior renda média familiar e melhor padrão de infraestrutura urbana. Contudo, segundo os registros avaliados, apresentou um número elevado de impactos ocasionados pelas chuvas. Os problemas, nesse contexto socioespacial, se relacionaram principalmente a alagamentos em vias, com sérios transtornos no trânsito de veículos. Há que se destacar a elevada e generalizada impermeabilização do solo nessa região.

Conforme a espacialização dos dados avaliados, constatou-se que o cinturão periférico da cidade, setores centro-sul, sudoeste e noroeste, caracterizados pela baixa renda, apresentaram quase todos os problemas decorrentes dos fenômenos atmosféricos identificados. Esses setores apresentam as piores condições de renda média familiar e mais deficiente cobertura de infraestruturas urbanas, principalmente relacionadas

à precária rede de drenagem de águas pluviais. Nesses contextos sócioespaciais foram observados alagamentos e inundações causando extensivos danos em vias e em residências, com forte desorganização urbana. Esses setores apresentam generalizada ocupação inadequada do sítio natural em relação à fragilidade ambiental, onde a supressão indiscriminada dos corpos hídricos e a impermeabilização predominante do solo em áreas de preservação contribuem significativamente para a extensão dos impactos das chuvas no meio urbano.

Na série temporal em questão, 53 dos 119 bairros foram atingidos pelos impactos hidrometeorológicos (fig. 3). Entre esses bairros figuraram entre os mais impactados a Serrinha, a Aldeota, o Bom Jardim, o Conjunto Ceará e o Quintino Cunha, citados em mais de 40% dos registros. Entre as comunidades, pelo menos 16 foram frequentemente citadas. Quanto aos problemas na mobilidade, 32 vias de grande circulação foram afetadas, segundo os registros.

De acordo com a avaliação da distribuição espacial dos eventos naturais deflagrados pelas chuvas, o setor nordeste da cidade apresenta a maior diversidade desses eventos impactando o meio urbano. Os alagamentos predominam, mas também ocorrem inundações e mais raramente deslizamentos de terra e ressacas do mar.

Os alagamentos, combinados com inundações, predominam em toda a cidade, apresentando maior incidência, conforme os registros, no setor centro-sul, ao longo do Rio Cocó, no setor sudoeste e oeste, seguindo os principais canais fluviais da bacia do Rio Maranguapinho. Destacam-se também no setor noroeste, confluência com o litoral oeste da Cidade de Fortaleza.

Dos 53 bairros afetados pelas chuvas, 36 foram impactados por alagamentos e inundações, com destaque ao Bairro Serrinha, o mais afligido, segundo os registros. Somente por alagamentos como único evento, foram impactados 14 bairros, entre eles a Aldeota, que

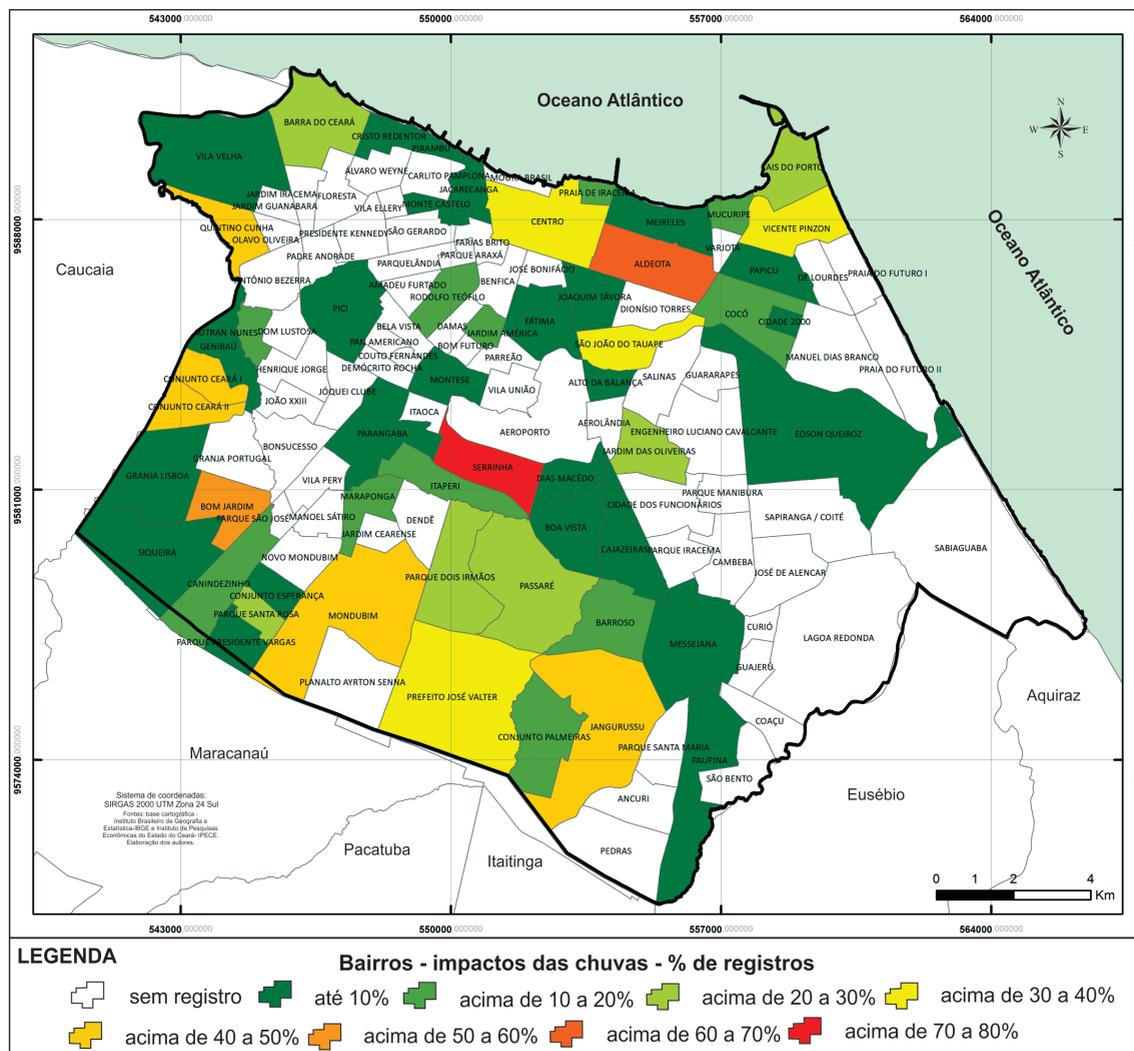


Fig. 3 - Cidade de Fortaleza: bairros mais impactados pelas chuvas em 2013, 2014 e 2015.  
 Fig. 3 - City of Fortaleza: neighbourhoods most impacted by the rains in 2013, 2014 and 2015.

embora figure como o segundo bairro mais afetado pelas chuvas, apresenta somente problemas no trânsito. Três bairros foram impactados por eventos combinados de alagamentos, inundações e deslizamento de terra em encosta de dunas densamente ocupadas: Barra do Ceará, Centro e Vicente Pinzón, todos localizados no litoral, em trechos diferentes.

Somente o bairro Cais do Porto foi impactado por eventos combinados de alagamentos, inundações e ressacas do mar, em destaque a Comunidade da Praia do Titanzinho. Na fig. 4, a seguir, estão presentes os principais eventos naturais deflagrados pelas chuvas que impactaram os bairros de Fortaleza, demonstrando a distribuição espacial dos problemas.

Interpretando-se a relação entre o mapa dos sistemas ambientais que formam o sítio urbano (fig. 1) e os mapas que espacializam os impactos das chuvas (fig. 3 e 4) corrobora-se que os ambientes mais suscetíveis à ocorrência de inundações são as planícies fluviais,

lacustres, flúviolacustres e flúviomarinhas. As áreas de inundação sazonal também são suscetíveis à ocorrência de inundações e alagamentos, agravadas pela densidade da ocupação e pela deficiência da rede de drenagem artificial, precariamente instalada e mal dimensionada.

No campo de dunas, altamente modificado pela ocupação urbana desordenada, as vertentes geralmente acima de 50m de altitude, com inclinações mais acentuadas, apresentam-se com elevada suscetibilidade às corridas de lama de alta velocidade, deflagradas durante os episódios de chuvas intensas e extremas. A alta densidade da ocupação nas encostas, associada a profundas alterações na drenagem natural, potencializam a ocorrência desses eventos, sobretudo nos setores ocupados por assentamentos precários.

Os principais problemas ocasionados pelos impactos hidrometeorológicos na Cidade de Fortaleza estão representados na fig. 5 a seguir, onde foram sistematizadas fotografias que representam como os meios

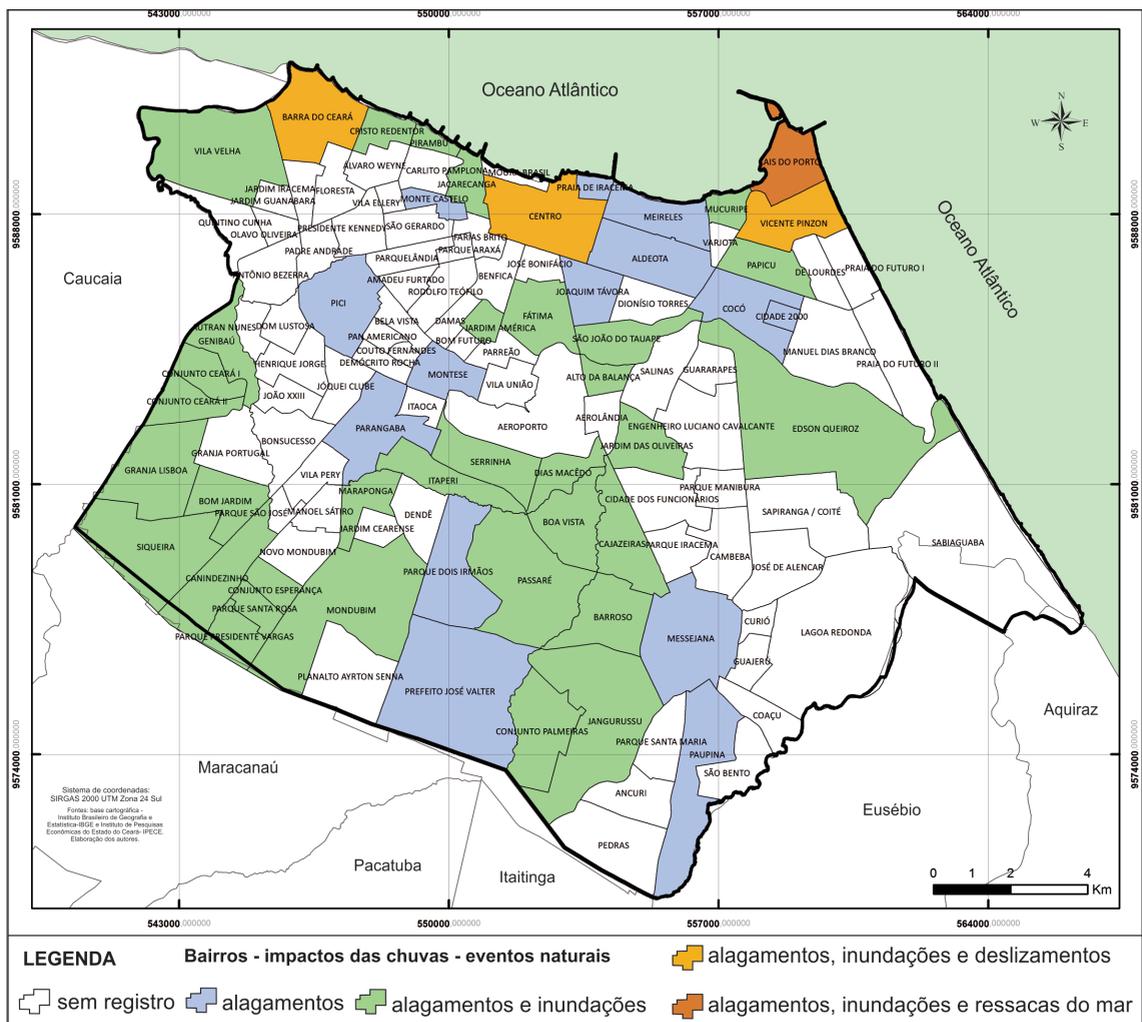


Fig. 4 - Cidade de Fortaleza: bairros impactados por eventos naturais decorrentes das chuvas em 2013, 2014 e 2015.

Fig. 4 - City of Fortaleza: Neighbourhoods impacted by natural events resulting from the rains in 2013, 2014 and 2015

de comunicação retrataram os problemas evidenciados pela ação das chuvas na cidade.

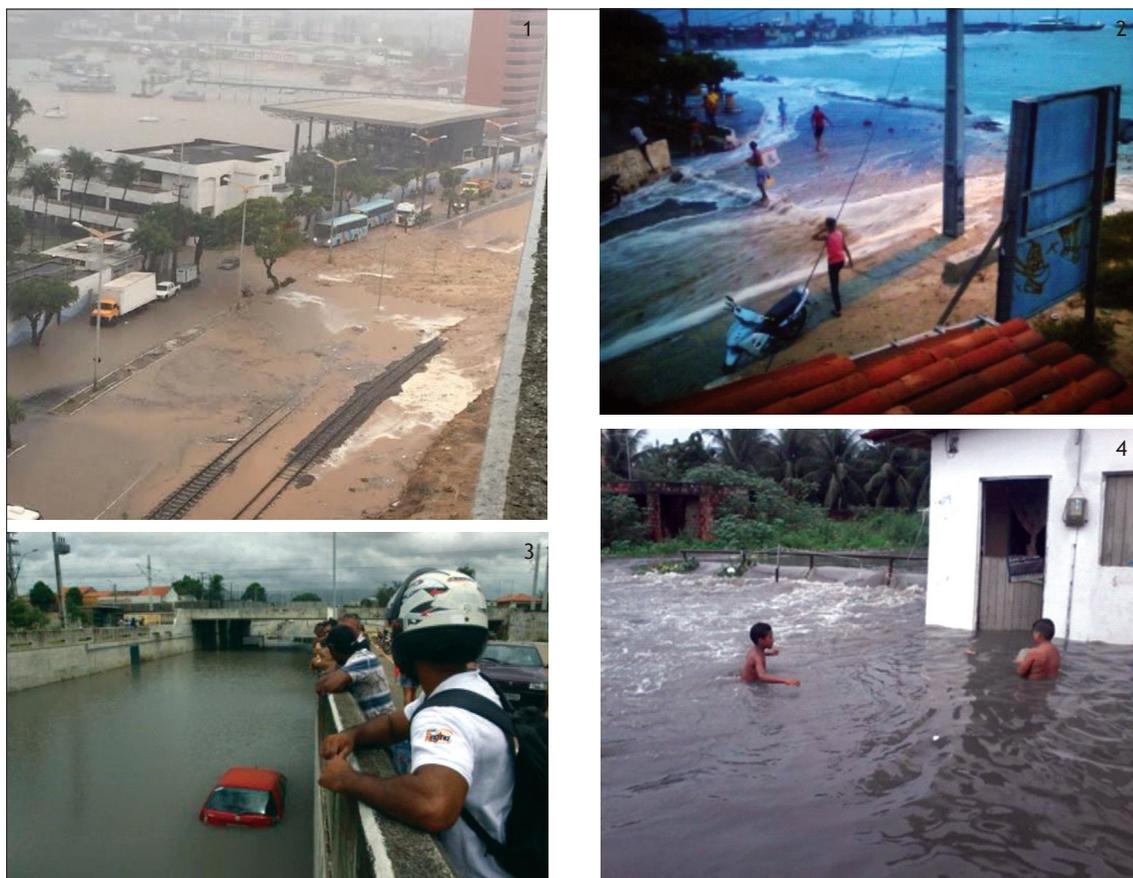
No ano de 2013 a maioria dos dias com impactos registrados, deflagrados pelas chuvas, ocorreu durante a quadra chuvosa, nos meses de fevereiro, abril e maio, com somente um dia na pós-estação chuvosa, no mês de junho. Não foram registrados dias de chuva com impactos na pré-estação chuvosa.

Os principais impactos causados à integridade da cidade em 2013 foram os alagamentos e as inundações, que atingiram principalmente vias e residências (QUADRO VI). Os impactos nas vias causaram problemas generalizados no trânsito, danos nas infraestruturas viárias, de saneamento e drenagem. Ocorreram também danos em veículos com queda em bueiros, valas e galerias ou submersão nos alagamentos. Os danos nas residências foram principalmente provocados por desabamentos.

No ano de 2013, nos oito dias de chuvas com impactos registrados, ocorreram sete dias com chuvas de média relevância e um dia com baixa relevância. Foram sete dias com chuvas generalizadas e um dia com chuvas bem distribuídas. Não ocorreram eventos extremos de chuva. De uma forma geral, as chuvas foram consideradas de média relevância e generalizadas. Não houve nenhum evento pluviométrico extremo, portanto, ausente, nos dias com impactos hidrometeorológicos registrados na Cidade de Fortaleza.

Nos oito dias de chuvas com impactos registrados na cidade foram realizadas 136 ações de emergência com ocorrências registradas pela Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COMDEC, da Prefeitura Municipal de Fortaleza - PMF.

De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2015a) a quadra chuvosa no ano de 2013 - entre fevereiro e maio - no Estado do Ceará



**Fig. 5 - Cidade de Fortaleza: impactos das chuvas - deslizamento, inundação e alagamento com danos em vias e residências em 2013, 2014 e 2015 (Fonte: O Povo, 2015; Diário do Nordeste, 2015; Tribuna do Ceará, 2015; O Estado, 2015. Nota: 1. 03/01/15: Deslizamento de terra em duna. Morro Santa Terezinha, Bairro Vicente Pinzon; 2. 01/04/2014: Avanço do mar. Praia do Titanzinho, Comunidade do Serviluz, Bairro Cais do Porto; 3. 01/04/2014: Alagamento em via. Túnel na Av. Perimetral com linha do Metrofor. Bairro Mondubim; 4. 08/03/2015: Inundação. Conjunto Mirassol, Bairro Serrinha).**

*Fig. 5 - City of Fortaleza: Impacts of rain - landslide, inundation and flooding with damage to roads and homes in 2013, 2014 and 2015 (Source: O Povo, 2015; Diário do Nordeste, 2015; Tribuna do Ceará, 2015; O Estado, 2015. Note: 1. 03/01/15: Landslide in dune land. Morro Santa Terezinha, Vicente Pinzon neighbourhood; 2. 01/04/2014: Sea advancement. Titanzinho Beach, Serviluz Community, neighbourhood of Cais do Porto; 3. 01/04/2014: Flooding on the road. Tunnel at Av Perimetral with Metrofor line. Mondubim Neighbourhood; 4. 08/03/2015: Flood. Conjunto Mirassol, Serrinha neighbourhood.*

QUADRO VI - Cidade de Fortaleza (2013) - impactos das chuvas e importância do fator natural.

TABLE VI - City of Fortaleza (2013) - impacts of rain and importance of the natural factor.

2013		FEV				ABR	MAI		JUN
		16	17	19	20	20	01	15	05
Sistema atmosférico		ZCIT	ZCIT	ZCIT	ZCIT	VCAN	ZCIT	VCAN	OL e Brisas
Chuvas: média (mm)		25,4	9,0	11,2	29,4	50,7	20,2	19,7	22,5
Relevância da chuva		M	B	M	M	M	M	M	M
Abrangência espacial		G	BD	G	G	G	G	G	G
Eventos extremos		A	A	A	A	A	A	A	A
Alagamentos		x	x	x	x	x	x	x	x
Inundações		x	x		x				
Deslizamento									
Trânsito				x	x	x	x	x	x
Incêndios									
Danos	Residências	x	x	x	x	x	x	x	x
	Vias públicas			x	x	x			
	Saneamento			x	x	x			
	Veículos				x				
Tombamento	Árvores								
	Postes								
Interrupção	Aeroporto								
	Hospitais								
	Eletricidade								
	Obras								
Defesa Civil	Ocorrências	14		53	43	19		02	05

## Legenda:

Relevância da chuva	Abrangência espacial	Eventos extremos	Sistemas atmosféricos
B = baixa	C = Concentrada	C = concentrado	ZCIT = Zona de Convergência Intertropical
M = média	MD = Mal distribuída	MA = medianamente abrangentes	VCAN = Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
A = alta	BD = Bem distribuída	BA = bem abrangentes	OL = Ondas de Leste
E = extrema	G = Generalizadas	G = generalizados	Brisas = Sistema de Brisas
		A = ausente	

Fonte/Source: O Povo (2015); Diário do Nordeste (2015); Tribuna do Ceará (2015); O Estado (2015); FUNCEME (2015d).

apresentou totais de precipitação 37,7% abaixo da média histórica, refletidos em todas as regiões do estado.

No ano de 2014 foram identificados oito dias com impactos hidrometeorológicos registrados na Cidade de Fortaleza deflagrados por chuvas. Todos ocorreram em dias concentrados na quadra chuvosa.

Os principais impactos registrados na cidade foram os alagamentos, as inundações, deslizamentos de terra e problemas generalizados no trânsito (QUADRO VII). Também ocorreram incêndios e danos em residências, vias, em infraestruturas de saneamento e veículos. Houve o tombamento de árvores em vias. No dia 04 de fevereiro de 2014 o Aeroporto Internacional Pinto Martins

teve as operações de pousos e decolagens interrompidas temporariamente por conta dos eventos pluviais.

No ano de 2014, nos oito dias de chuvas com impactos hidrometeorológicos registrados, ocorreu um dia de chuva de baixa relevância, seis dias de chuvas de média relevância e um dia de chuva de extrema relevância (31/03/2014). Foram seis dias com chuvas generalizadas e dois dias com chuvas bem distribuídas. Ocorreram três eventos extremos de chuvas, todos no dia 31 de março, considerados, portanto, bem abrangentes espacialmente.

Em 2014, na Cidade de Fortaleza, a maioria das chuvas foi classificada como de média relevância e generalizada. Foram identificadas nos oito dias de chuvas com impactos

QUADRO VII - Cidade de Fortaleza (2014) - impactos das chuvas e importância do fator natural.

TABLE VII - City of Fortaleza (2014) - impacts of rain and importance of the natural factor.

2014	FEV	MAR		ABR				MAI
	04	17	31	01	02	09	28	12
Sistema atmosférico	VCAN	ZCIT	ZCIT VCAN	ZCIT VCAN	ZCIT VCAN	ZCIT	ZCIT	ZCIT
Chuvas: média (mm)	26,3	13,3	116,6	7,6	10,8	26,2	31,7	41,4
Relevância da chuva	M	M	E	B	M	M	M	M
Abrangência espacial	BD	BD	G	G	G	G	G	G
Eventos extremos	A	A	BA	A	A	A	A	A
Alagamentos	x	x	x	x	x	x	x	x
Inundações	x		x	x	x	x	x	
Deslizamento			x					
Trânsito	x	x	x	x	x	x	x	x
Incêndios			x					
Danos	Residências	x	x	x	x	x		
	Vias públicas		x					x
	Saneamento	x						
	Veículos					x		
Tombamento	Árvores	x		x				
	Postes							
Interrupção	Aeroporto	x						
	Hospitais							
	Eletricidade							
	Obras	x						
Defesa civil	Ocorrências	38	168	43	13	43		

Legenda:

Relevância da chuva	Abrangência espacial	Eventos extremos	Sistemas atmosféricos
B = baixa	C = Concentrada	C = concentrado	ZCIT = Zona de Convergência Intertropical
M = média	MD = Mal distribuída	MA = medianamente abrangentes	VCAN = Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
A = alta	BD = Bem distribuída	BA = bem abrangentes	OL = Ondas de Leste
E = extrema	G = Generalizadas	G = generalizados	Brisas = Sistema de Brisas
		A = ausente	

Fonte/Source: O Povo (2015); Diário do Nordeste (2015); Tribuna do Ceará (2015); O Estado (2015); FUNCEME (2015d).

deflagrados na cidade em 2014, 305 ocorrências de ações emergenciais registradas pela Defesa Civil de Fortaleza.

As precipitações na quadra chuvosa de 2014 ficaram 24% abaixo da média histórica. A média dos quatro meses é de 607,4mm e as precipitações acumuladas no período foram de 461,9mm. A Macrorregião do Litoral de Fortaleza apresentou déficit de -25,30% na precipitação pluviométrica em 2014 (FUNCEME, 2015b).

No último ano do período considerado, em 2015 (jan-jul), na Cidade de Fortaleza, foram registrados impactos hidrometeorológicos em 14 dias. A maioria dos impactos registrados ocorreu durante a quadra chuvosa, no entanto na pré-estação foram registrados dois dias de chuvas com impactos e um dia na pós-estação.

Os principais impactos na cidade em 2015 foram os alagamentos, as inundações, deslizamento de terra, problemas generalizados no trânsito (QUADRO VIII). Registraram-se também incêndios decorrentes das chuvas, danos em residência, vias, infraestruturas de saneamento e em veículos. Identificaram-se interrupções temporárias no atendimento em hospital e no fornecimento de energia elétrica por conta dos impactos deflagrados pelas chuvas. Nos 14 de dias de chuvas com impactos a Defesa Civil Municipal atendeu a 312 ocorrências com chamados emergenciais.

Na análise do fator natural em 2015, nos 14 dias com impactos hidrometeorológicos na Cidade de Fortaleza, ocorreu um dia com chuvas de baixa relevância, 11 dias com chuvas classificadas como de média relevância

QUADRO VIII - Cidade de Fortaleza (2015): impactos das chuvas e importância do fator natural.

TABLE VIII - City of Fortaleza (2015): Impacts of rainfall and importance of natural factor.

2015	JAN		FEV			MAR				ABR				JUL
	03	04	21	22	25	08	09	10	23	03	04	13	14	17
Sistema atmosférico	VCAN OL	VCAN OL	ZCIT	ZCIT VCAN	ZCIT	ZCIT	ZCIT	ZCIT	ZCIT	ZCIT VCAN	ZCIT VCAN	ZCIT	ZCIT	OL
Chuvas: média (mm)	28,3	40,1	33,9	17,1	33,6	23,5	77,8	19,7	70,2	8,1	24,4	20,5	55,1	43,7
Relevância da chuva	M	M	M	M	M	M	A	M	A	B	M	M	M	M
Abrangência espacial	BD	BD	G	BD	G	BD	BD	G	G	BD	G	G	G	BD
Eventos extremos	A	MA	A	A	A	A	MA	A	A	A	A	A	A	A
Alagamentos	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x
Inundações	x			x		x	x		x	x	x		x	x
Deslizamento	x													
Trânsito	x	x	x	x		x	x	x			x	x		x
Incêndios							x							
Danos	Residências	x		x	x	x	x		x		x		x	
	Vias públicas	x											x	
	Saneamento	x		x										
	Veículos							x	x					x
Tombamento	Árvores		x			x		x	x					x
	Postes	x												
Interrupção	Aeroporto													
	Hospitais		x											
	Eletricidade		x											
	Obras													
Defesa Civil	Ocorrências	107		13		82		66	31	10				3

**Legenda:**

Relevância da chuva	Abrangência espacial	Eventos extremos	Sistemas atmosféricos
B = baixa	C = Concentrada	C = concentrado	ZCIT = Zona de Convergência Intertropical
M = média	MD = Mal distribuída	MA = medianamente abrangentes	VCAN = Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
A = alta	BD = Bem distribuída	BA = bem abrangentes	OL = Ondas de Leste
E = extrema	G = Generalizadas	G = generalizados	Brisas = Sistema de Brisas
		A = ausente	

**Nota:** mês de maio de 2015 sem registro de impactos deflagrados por eventos pluviais; no ano de 2015 foi considerado o período entre janeiro e julho.

Fonte/Source: O Povo (2015); Diário do Nordeste (2015); Tribuna do Ceará (2015); O Estado (2015); FUNCEME (2015d).

e dois dias com chuvas de alta relevância. Foram sete dias com chuvas bem distribuídas e sete dias com chuvas generalizadas. Observaram-se quatro eventos extremos de chuva, todos na quadra chuvosa, nos meses de janeiro e março.

Os eventos pluviais extremos no ano de 2015 ocorreram nos dias 04 de janeiro e 09 de março. Em cada um desses dias, foram registrados dois eventos extremos de

chuva. Nos demais houve equilíbrio entre a abrangência espacial das chuvas, classificadas como generalizadas e bem distribuídas.

O ano de 2015 apresentou déficit de 30,1% nos totais de precipitação na quadra chuvosa. As chuvas entre fevereiro e maio de 2015 apresentaram distribuição espacial irregular e ficaram abaixo da média histórica do período, contribuindo para ampliar a longa estiagem

iniciada em 2012. A macrorregião do Litoral de Fortaleza apresentou o menor déficit de precipitação em 2015 (-9,2%) (FUNCEME, 2015c).

De acordo com os resultados é possível afirmar que a distribuição espacial dos impactos das chuvas no território municipal apresenta-se predominante a partir do litoral nordeste ao noroeste, assim como toda a porção oeste até sudoeste. A porção centro-sul também apresenta uma concentração de bairros impactados. Tais locais historicamente apresentam impactos mais frequentemente, conforme também identificado por Barbosa e Zanella (2014) e Zanella e Olímpio (2017).

A porção centro-nordeste apresenta bairros de maior nível de renda média por domicílio e maior cobertura e qualidade das infraestruturas urbanas de drenagem, de saneamento básico e da rede viária, contudo, apresentam sérios problemas relacionados aos impactos das chuvas, sobretudo no Bairro Aldeota, onde predominam as interrupções parciais ou totais no trânsito de veículos, ocasionadas por alagamentos.

De uma forma geral, nos bairros mais bem assistidos por infraestruturas urbanas, os impactos produzidos pelas chuvas afetam principalmente a mobilidade urbana, em especial o transporte de passageiros. Mesmo com a melhor cobertura e qualidade da rede de drenagem urbana das águas pluviais a impermeabilização generalizada e os condutos subdimensionados contribuem para intensificação dos alagamentos, que naturalmente se desenvolvem em função das características geomorfológicas predominantes no sítio urbano da cidade, onde diversas lagoas localizadas nas feições dos tabuleiros pré-litorâneos e nas dunas fixas foram aterradas para o empreendimento urbano residencial e comercial mais adensado da cidade, assim como a canalização e supressão dos canais fluviais embutidos nas unidades geomorfológicas supracitadas.

Na maior parte da cidade, principalmente no cinturão periférico, a cobertura e a qualidade das infraestruturas urbanas de drenagem urbana e associadas à rede viária são inadequadas e insuficientes frente à dinâmica natural atuante na cidade, referente ao clima urbano e às repercussões hidrológicas e geomorfológicas, cujos eventos denotam um padrão morfodinâmico propício à produção de impactos na ocupação urbana, como também constatado por Zanella e Olímpio (2017).

Nesse contexto socioespacial o nível de afetação em relação aos impactos é maior em relação aos bairros mais abastados da cidade e os eventos naturais provocam danos generalizados, não somente nos aspectos físicos e funcionais relacionados à mobilidade urbana como também, e principalmente, no uso residencial, com sérios impactos na moradia da população de baixo nível médio da renda, que repercutem em danos humanos diversos, desde desabrigados até feridos e mortos.

A ocupação intensiva, adensada e indiscriminada de sistemas ambientais que apresentam forte morfodinâmica potencializada pelas chuvas, como encostas de dunas móveis e fixas, terraços marinhos e planícies flúviomarinhas na região natural da planície litorânea; planícies fluviais e lacustres e áreas de inundação sazonal em condi es próximas às originais ou fortemente alteradas por interven es construtivas indiscriminadas, principalmente por aterros; revela a inadequa o da ocupa o territorial urbana em rela o   fragilidade dos sistemas ambientais existentes, constata o em consonância com o que foi identificado por Santos (2016) ao investigar o sítio urbano da cidade de Fortaleza. Esse   um dos principais fatores produtores dos impactos das chuvas nesses bairros da cidade.

A vulnerabilidade social presente no cinturão periférico da cidade, no entanto,   o principal fator responsável pela produ o dos impactos dos eventos de chuva na cidade. Essa condi o deriva da convergência de fatores representados pela localiza o desprivilegiada de grande parte da popula o, pela ocupa o inadequada de ambientes naturais, cujos terrenos são menos valorizados pelo mercado imobiliário, pelo baixo padrão construtivo dos imóveis e pela cobertura inexistente ou insuficiente das infraestruturas urbanas em fun o da negligência histórica da gestão pública.

Pérez-Brice o *et al.* (2016), ao analisarem problemática semelhante nas cidades centro-americanas, corroboram com esse entendimento, ao afirmarem, de acordo com os resultados de seu estudo, que os impactos das chuvas nos centros urbanos investigados derivam necessariamente da integra o entre fatores físico-naturais e socioeconômicos.

Considerando a expressão espacial da dinâmica natural as chuvas podem apresentar repercussões problemáticas aos diferentes bairros que formam os diferentes contextos sócioespaciais urbanos através de eventos naturais que demonstram forte morfodinâmica, entre eles os alagamentos, as inunda es e deslizamentos, que podem ser deflagrados de forma isolada ou combinada. Com exce o das ressacas de mar, tipo de evento natural com menor recorrência e abrangência espacial, todos os outros tipos de eventos observados tem deflagra o provocada pelas precipita es pluviais.

As inunda es combinadas aos alagamentos tem a maior expressão em espacial entre os bairros da cidade. Desenvolvem-se preferencialmente ao longo das planícies fluviais e nas planícies lacustres. Esses sistemas ambientais estão intensivamente ocupados de forma inadequada e ilegal por diversos tipos de usos urbanos, mas principalmente pelo uso residencial promovido por popula o de baixa renda.

Os impactos das chuvas no uso residencial, principalmente observados nos bairros e comunidades mais pobres em

relação ao nível de renda, servem também para evidenciar a formação de áreas de risco de desastres ambientais na cidade, onde predominam territórios produzidos por habitações extremamente precárias e com baixa capacidade de suporte frente à morfodinâmica atuante. Nessas áreas, a qualidade de vida é geralmente avaliada com muito baixa, com elevados índices de pobreza. As vulnerabilidades sociais múltiplas são agravadas pela fragilidade ambiental, tornando a situação insuportável, ampliando os problemas no período das chuvas mais intensas e extremas.

Serviços públicos e privados sofrem com as adversidades provocadas pelo baixo preparo da cidade em lidar com as chuvas. Atividades ligadas aos setores de saúde, educação, transportes em geral, até mesmo aeroviário, são afetados pelos impactos hidrometeorológicos, produzindo grandes problemas no atendimento da população de mais baixa renda, que já se apresenta bastante precário.

A série temporal selecionada para análise dos impactos das chuvas representa uma amostra enfática exemplificadora de problemas históricos da cidade na sua relação sociedade e natureza, com acompanhamento e registro cotidiano dos problemas socioambientais mais graves. Mesmo compreendido dentro de um período de estiagem prolongada, registrado pela climatologia regional, os impactos das chuvas continuam recorrentes na cidade, principalmente durante o intervalo de meses entre dezembro e julho dos anos observados.

O tipo de análise realizada, que relaciona espacialmente a repercussão dos eventos de precipitação pluvial com os impactos provocados no território, se apresenta como importante meio para o desenvolvimento dos estudos técnicos e científicos dos riscos de desastres naturais em espaços urbanos. Favorece também o desenvolvimento de avaliações do comportamento dos sistemas ambientais integrando a dinâmica dos eventos naturais às formas de uso e ocupação da cidade. A compreensão da distribuição espacial dos problemas deflagrados pelos eventos naturais integrados é fundamental para o aprimoramento da geografia dos riscos ambientais. A partir dos resultados pode-se avançar na discussão dos caminhos possíveis do gerenciamento dos problemas supracitados.

A escala do estudo, em nível intraurbano, circunscrito nos limites político-administrativos do município, suscita uma abordagem intermediária dos estudos voltados ao planejamento ambiental entre o nível regional e o nível local dos bairros e comunidades, possibilitando a orientação das observações das manifestações do clima urbano em termos de impactos hidrometeorológicos nas diversas porções da cidade, em função de suas características sócioespaciais e naturais integradas.

## Conclusão

A avaliação dos impactos das chuvas na Cidade de Fortaleza no triênio 2013, 2014 e 2015 revelou que durante esse período foram registrados 30 dias com problemas noticiados. Os principais impactos hidrometeorológicos na Cidade de Fortaleza decorreram de eventos naturais dinamizados pelas chuvas, provocando danos em residências e problemas generalizados no trânsito de veículos e pedestres (mobilidade urbana). Os problemas atingiram grande parte do território da cidade, nos mais heterogêneos contextos socioespaciais, precisamente 53 bairros, que representam 44,54% dos 119 bairros que compõem a cidade.

A avaliação dos impactos das chuvas, considerando o fator natural, demonstrou que não somente os eventos pluviais intensos (igual ou maior que 60 mm) ou extremos (igual ou maior que 100 mm) tem potencial de impactar o meio urbano. As chuvas de média relevância (iguais ou > 10 mm e < 60 mm) foram as responsáveis pela deflagração de impactos hidrometeorológicos na maioria absoluta dos dias com problemas registrados (24 dos 30 dias).

Os impactos das chuvas foram produzidos pela deflagração de eventos naturais como alagamentos, inundações, deslizamento de terra, além de ressacas do mar. Os problemas ambientais urbanos identificados apresentaram ampla distribuição espacial e generalização na desorganização na mobilidade urbana e danos em residências e estruturas construídas, assim como interrupção de serviços. A problemática pode ser correlacionada com as deficiências presentes na cidade em relação às infraestruturas e sistemas de saneamento e drenagem urbana, assim como a inadequação na ocupação dos ambientes naturais frágeis, com supressão de corpos hídricos e intensiva impermeabilização do solo, comprometendo a infiltração das águas das chuvas acelerando o escoamento superficial e o transbordamento dos corpos hídricos.

Destaca-se a necessidade de investimentos em planejamento e execução de programas e projetos de infraestruturas urbanas adequadas. O reordenamento territorial do uso e ocupação do sítio natural urbano é fundamental para resolução dos problemas ambientais urbanos evidenciados, assim como medidas de prevenção aos efeitos de eventos naturais extremos, tendo em vista que apresentam elevado potencial de produzir desastres ambientais na Cidade de Fortaleza.

## Referências bibliográficas

Brandão, Ana Maria de Paiva Macedo (2001). Clima urbano e enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. In: Guerra, Antônio José Teixeira; Cunha, Sandra Baptista da. (ORG) - *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 47-109p.

- Brasil (2013). Atlas do censo demográfico 2010 / IBGE. - Rio de Janeiro: IBGE. 160 p. Disponível: <http://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/>. [29/04/2016].
- Chandler, T. J. (1976). Urban climatology and its relevance to urban design. *Technical Note* 149. Geneva, World Meteorological Organization.
- DIÁRIO DO NORDESTE (2015). Acervo de reportagens. Disponível: [www.diariodonordeste.com.br](http://www.diariodonordeste.com.br). [30/07/2015].
- Ferreira, Antônio Geraldo; Mello, Namir Giovanni da Silva (2005). Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, n. 1, v.1, 15-28p.
- FUNCEME (2015)a. Quadra chuvosa 2013 no Ceará fica 37,7% abaixo da média. Disponível: <http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/507-quadra-chuvosa-2013-no-cear%C3%A1-fica-37,7-abaixo-da-m%C3%A9dia>. [01/09/2015].
- FUNCEME (2015)b. Chuvas na quadra chuvosa de 2014 ficaram 24% abaixo da média. Disponível: <http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/604-chuvas-na-quadra-chuvosa-de-2014-ficaram-24-abaixo-da-m%C3%A9dia>. [01/09/2015].
- FUNCEME (2015)c. Em 2015, Ceará teve déficit de 30,1% nas chuvas entre fevereiro e maio. Disponível: <http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/667-em-2015,-cear%C3%A1-teve-d%C3%A9ficit-de-30,1-nas-chuvas-entre-fevereiro-e-maio>. [01/09/2015].
- FUNCEME (2015)d. Banco de dados meteorológicos. Disponível: [www.funceme.br](http://www.funceme.br). [01/09/2015].
- Goodin, D.; Brazel, T.; Fountain, A.; Hadley, J.; Juday, G.; Klooppel, B.; Knapp, A.; Losleben, M.; Smith, M. (2004). LTER Extreme events working group. In: *Workshop Help Annals*, Portland.
- Landsberg, H. E. (1981). *The urban climate*. New York: Academic Press.
- Magalhães, Gledson Bezerra; Zanella, Maria Elisa (2011). *Comportamento climático da Região Metropolitana de Fortaleza*. Mercator, Fortaleza, v.10, n.23, set./dez. 2011, p.129-145.
- Mendonça, Francisco (2011). Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas. Inovações na análise geográfica. *Revista da ANPEGE*, v.7, n.1, número especial, p.111-118.
- Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo (1976). *Teoria e Clima Urbano* (tese de doutorado). Instituto de Geografia da USP, São Paulo, 181p.
- Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo (1990). Cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica. *Revista GEOSUL*. N.9, ano V, semestre 1. P.80-114.
- Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo (2011). Teoria e clima urbano. In: Mendonça, Francisco; Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo. (Org.) - *Clima urbano*. Contexto. São Paulo. (1ª edição, 2ª reimpressão); 9-65p.
- Monteiro, Jander Barbosa; Zanella, Maria Elisa (2013). Eventos extremos diários em Fortaleza-CE, Brasil: Uma análise estatística de episódios pluviométricos intensos. *Anales del XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina, 14º Encontro de Geógrafos da América Latina*, Lima, Peru.
- Monteiro, Jander Barbosa; Zanella, Maria Elisa (2014). Eventos pluviométricos extremos e impactos associados em Fortaleza: CE: uma análise a partir da técnica de quantis. Silva, Charlei Aparecido; Fialho, Edson Soares; Steinke, Ercília Torres. (Org.). *Experimentos em Climatologia Geográfica*. 1ª. Ed. Dourados: Editora da UFGD. V. 1. 391p. P. 165-186.
- O ESTADO (2015). Acervo de reportagens. Disponível: [www.oestado.com.br](http://www.oestado.com.br). [30/07/2015].
- O POVO (2015). Acervo de reportagens. Disponível: [www.opovo.com.br](http://www.opovo.com.br). [30/07/2015].
- Oke, T.R. (1984). Methods in Urban Climatology. In: Kirschofer, W.; Ohmura, A.; Wanner, H. (Editors). *Applied Climatology*. Zurcher Geog. Schriften, n° 14, pp.19-29.
- Olímpio, João Luís Sampaio; Vieira, Patrícia Mena Barreto; Zanella, Marial Elisa; Sales, Marta Celina Linhares (2013). Episódios pluviais extremos e a vulnerabilidade socioambiental do Município de Fortaleza: o evento do dia 27/03/2012. *GEO UERJ*, ano 15, v.1, 1º semestre, p.181-206.
- Pérez-Briceño, Paula M.; Alfaro, Eric J.; Hidalgo, Hugo G.; Jiménez, Francisco (2016). Distribución espacial de impactos de eventos hidrometeorológicos en América Central. *Revista de Climatología*, n.16, P.63-75.
- Santos, Jader de Oliveira (2011). *Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE: contribuições ao ordenamento territorial* (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo, São Paulo, 331p.
- Santos, Jader de Oliveira (2015). *Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos*. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 2, mai./ago, p. 75-90.
- Santos, Jader de Oliveira (2016). *Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE*. 1ª edição. Fortaleza: Imprensa Universitária. V.1. 188p.

- Santos, Jader de Oliveira; Ross, Jurandyr Luciano Sanches (2012). Fragilidade ambiental urbana. *Revista da ANPEGE*, v.8, n.10, ago-dez, p.127-144.
- Souza, Marcos José Nogueira de (2009). *Diagnóstico geoambiental do Município de Fortaleza: subsídio ao macrozoneamento ambiental e à revisão do plano diretor participativo - PDPFor. Fortaleza*, Prefeitura Municipal de Fortaleza, 174p. Fortaleza. (1ª. Edição).
- Taesler, Roger (1986). Urban Climatological Methods and Data. In Oke, T.R. (Editor). *Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas*. Geneva, World Meteorological Organization. pp.200-236.
- TRIBUNADO CEARÁ (2015). Acervo de reportagens. Disponível: [www.tribunadoceara.com.br](http://www.tribunadoceara.com.br). [30/07/2015].
- Wisner, Bem; Blaikie, Piers; Cannon, Terry; Davis, Ian (2003). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Second Edition. London: Routledge. 124p.
- Zanella, Maria Elisa; Sales, Marta Celina Linhares; Abreu, Nair Júlia Andrade (2009). Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza, CE. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, n.25, P.53-68.
- Zanella, Maria Elisa; Olímpio, João Luís Sampaio (2017). Impactos pluviais, risco e vulnerabilidades em Fortaleza-CE. In: Mendonça, Francisco A. (Org). *Riscos Climáticos: vulnerabilidades e resiliências associadas*. Edição em versão digital. Jundiaí: Paco Editorial.

IMPACTOS HIDROMETEÓRICOS NO ALFA DO PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE/BRASIL\*

CLIMATIC HAZARD IN ALPHA OF PANTANAL SOUTH-MATO-GROSSENSE/ BRAZIL

Elvira Fátima de Lima Fernandes

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Brasil)  
[elvirafl@gmail.com](mailto:elvirafl@gmail.com)

Vicentina Socorro da Anunciação

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Brasil)  
[vique56@hotmail.com](mailto:vique56@hotmail.com)

RESUMO

O alfa do Pantanal sul-mato-grossense brasileiro vem sendo atingido por inundações sucessivas na década de 2010. O objetivo do trabalho foi analisar a espacialização dos impactos hidrometeorológicos que ocorreram nos últimos sete anos nas sedes municipais de Aquidauana e Anastácio, com ênfase no episódio de 2011, para relacionar a função urbana estabelecida na área suscetível à inundação com a intensidade das inundações sazonais. A pesquisa fundamentou-se no entendimento das variáveis consideradas na área estudada, informações socioeconômicas e inventariação dos lotes. O trabalho de campo contou com um pré-mapeamento que consistiu no reconhecimento territorial e geomorfológico da área de estudo, e posteriormente a divisão das áreas suscetíveis à inundação em cinco setores, para descrição do perímetro urbano, foram analisados os Planos Diretores. Os resultados apontam a diminuição significativa do tempo de recorrência das inundações e revelam que a intensidade de magnitude das inundações está diretamente relacionada com os excessos pluviométricos na área da bacia hidrográfica do rio Aquidauana.

**Palavras-chave:** Excessos pluviométricos, áreas suscetíveis, inundações, risco.

ABSTRACT

The alpha of the Brazilian Pantanal in south Mato Grosso has been hit by successive floods in the decade of 2010. The objective of this work was to analyse the spatialization of the climatic hazards that occurred in the last seven years in the municipal headquarters of Aquidauana and Anastácio, with emphasis on the episode of 2011, to relate the urban function established in the area prone to flooding with the intensity of the seasonal floods. The research was based on the understanding of the variables considered in the studied area, socioeconomic information and inventory of the land parcels. The field work had a pre-mapping that consisted of the territorial and geomorphological recognition of the study area, and later the division of the areas prone to flooding into five sectors. To describe the urban perimeter, Directors Plans were analysed. The results indicate a significant decrease in the recurrence time of the floods and show that the magnitude of the floods is directly related to the rainfall excess in the area of the Aquidauana river basin.

**Keywords:** Excess rainfall, susceptible areas, flooding, risks.

\* O texto deste artigo foi submetido em 30-06-2016, sujeito a revisão por pares a 02-09-2016 e aceite para publicação em 20-06-2017.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25 (I), 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

Episódios climáticos extremos têm desencadeado riscos hidrológicos. A sua materialização apresenta maior visibilidade nos espaços urbanos repercutindo-se nas inundações, relacionadas ao subsistema hidrometeorológico. Os problemas referentes à dinâmica atmosférica afetam de maneira sistemática os espaços urbanos, e condizem principalmente com a ocupação indevida de encostas e fundos de vales, aspectos cada vez mais perceptíveis em áreas com grande concentração populacional. “*O espaço urbano desordenado resulta do/no mau uso da terra, que por sua vez, implica na formação de áreas de risco, que serão ocupadas principalmente pela população com menor poder aquisitivo, logo a população mais vulnerável*” (T. Hoffmann *et al.*, 2014, p. 224).

Tem-se observado que nos centros urbanos ocorreram alterações das características originais no processo de ocupação do solo, na pluralidade, de forma negligente e discriminatória, frente à intensa concentração dos aglomerados humanos. T. Lucas *et al.*, (2015, p. 8), referindo-se à realidade urbana no Brasil afirmou que “*as populações de baixa renda são as mais vulneráveis às enchentes, enxurradas, alagamentos e outros processos devido à ocupação irregular em áreas geologicamente desfavoráveis*”.

No caso do território brasileiro, a proximidade com a linha do Equador potencializa a atuação das massas de ar equatoriais e tropicais (Ea = Equatorial Atlântica; Ec = Equatorial Continental; Ta = Tropical Atlântica; Tc = Tropical Continental) no país e, principalmente, as regiões nordeste, sudeste e sul são castigadas todos os anos por impactos hidrometeorológicos. Entende-se impacto como “[...] *episódios ou eventos restritos no tempo que estão presos ao modo de transmissão de energia, ou seja, ao ritmo de sucessão dos estados atmosféricos*” (C. Monteiro, 2015, p.119).

A mídia volta a atenção da abordagem temática para os grandes centros como Pernambuco, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina, porém a realidade imprime reflexos em outras localidades como nas regiões Norte e Centro-Oeste brasileiras.

O Estado de Mato Grosso do Sul, localizado na parte ocidental da região Centro-Oeste, foi constituído no final da década de 1970. O intuito era de interiorizar o desenvolvimento nacional, reduzir os vazios demográficos, apoiar e potencializar novas fronteiras de produção agropecuária e agroindustrial no cerrado do oeste brasileiro.

O crescimento demográfico foi intenso em algumas áreas e ampliaram-se acentuadas modificações no espaço geográfico, a partir da atuação de programas de incentivos à agropecuária como: o

POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento das Áreas de Cerrado), o PRODEGRAN (Programa de Desenvolvimento da Região da Grande Dourados) e o PRODEPAN (Programa de Desenvolvimento da Região do Pantanal) (A.Duarte, 1989).

A emigração foi muito acentuada na década de 1980, principalmente por gaúchos e paranaenses que cobiçavam ampliar as áreas de produção, colaborando, dessa maneira, com o adensamento populacional em áreas de risco, aumentando consideravelmente a vulnerabilidade das comunidades expostas aos *hazards* naturais (I. Alcántara-Ayala, 2002; C. Zamparoni e L. Nunes, 2012; D. Alexander, 2013).

Essas intervenções sistemáticas influenciaram na sustentabilidade do sistema, desencadeando riscos, dilemas ambientais e repercutindo negativamente nas áreas urbanas, quando atingidas por extremos climáticos.

Os riscos e repercussões de “*meteoros de impacto*” (C. Monteiro, 2015, p.88) também são sentidos no alfa do Pantanal sul-mato-grossense. “*Inundações periódicas vêm se apresentando com relevância na cidade de Aquidauana (55°78’W; 20°46’S) e em menor intensidade na cidade de Anastácio (55°80’W; 20°48’S), inseridas na fisionomia Depressão Aquidauana - Bela Vista e em territórios que margeiam o rio Aquidauana*” (E. Fernandes *et al.*, 2015, p. 182).

Entre os anos de 2010 e 2016, sucederam-se no sítio urbano de Aquidauana e Anastácio seis episódios de transbordamentos, que variaram conforme a intensidade de magnitude. As inundações do mês de março de 2011, abril de 2013 e janeiro de 2016 foram diagnosticadas como um “*subsistema hidrodinâmico*” (C. Monteiro, 2015, p.125). Estes eventos perturbaram, “*sensivelmente, as formas de circulação e comunicação internas e ligação externa*” (C. Monteiro, 2015, p. 119). Dezenas de pessoas ficaram desabrigadas, centenas desalojadas e houve avultados danos ambientais e prejuízos econômico-sociais (fot. 1 e fot. 2).

No evento adverso, que se iniciou em 28 de fevereiro e se estendeu até 09 de março de 2011, a cidade de Aquidauana ficou estática por quinze dias consecutivos. Ocorreu racionamento de combustível e alimentação, uma vez que a Ponte Coronel Antônio Ignácio Trindade (Nova), a Ponte Roldão Carlos de Oliveira (Velha) e a Ponte Boiadeira, que interligam as cidades vizinhas, ficaram interditadas, por conta da grande vazão de água que transbordou da calha, atingiu os terraços do canal e ocupou a extensão máxima do leito excepcional. Na ocasião foi aferida uma área total, na sede municipal de Aquidauana, de aproximadamente 611.214,50 m<sup>2</sup>, atingindo trinta e quatro quadras, e na sede de Anastácio, a área total é de 527.407,64 m<sup>2</sup> afetando diretamente aproximadamente dezoito quadras.



Fot. 1 - Inundação de impacto hidrometeorico em Aquidauana, 2011: a) Rua Teodoro Rondon no centro da cidade. b) cruzamento das ruas Cândido Mariano e Manoel Aureliano da Costa, bairro Guanandy (Fonte: Arquivo pessoal da família Moro, 2011).

Photo 1 - Climatic hazard of flooding in Aquidauana, 2011: a) Teodoro Rondon street in the city centre b) on the corner of Cândido Mariano and Manoel Aureliano da Costa, Guanandy district (Source: Personal archive of the Moro family, 2011).



Fot. 2 - Inundação de impacto hidrometeorico em Anastácio, 2011: a) Pousada na travessa Anderson. b) Rodoviária na área central (Fonte: Arquivo pessoal da família Moro, 2011).

Photo 2 - Climatic hazard of flooding in Anastácio, 2011: a) inn on the Anderson small street. b) bus station in the central area (Source: Personal archive of the Moro family, 2011).

Devido à predisposição geomorfológica da área, moradores e comerciantes que se estabelecem na planície de inundação, uma vez que de um modo genérico, a planície de inundação pode ser definida como uma faixa de terreno relativamente plano, margeando um curso d' água, formada por sedimentos transportados pelo escoamento e inundada regularmente com o aumento do nível da água no rio (J. Manning, 1997), estão expostos a riscos hidrológicos recorrentes, sempre que o escoamento superficial sofre alteração, ocasionada pela intensidade da chuva sobre a bacia hidrográfica do rio Aquidauana.

Este trabalho teve como objetivo a ampliação da percepção do risco em áreas sujeitas à inundação, através da espacialização dos impactos hidrometeoricos que ocorreram nos últimos sete anos nas sedes municipais

de Aquidauana e Anastácio, com ênfase no episódio de 2011. Pretendeu-se relacionar a função urbana estabelecida nas áreas de suscetibilidade à inundação com a intensidade das inundações sazonais.

#### Metodologia

A pesquisa fundamentou-se no entendimento das variáveis consideradas na área estudada. Para a análise, foram apreciados os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), nomeadamente, informações socioeconômicas, disponibilidade de serviços e equipamentos urbanos (como escolas, postos do programa saúde da família (PSF), locais de lazer, entre outros) e elementos relacionados à infraestrutura (como saneamento básico, pavimentação, condições

gerais do sistema viário e disponibilidade de transporte). Foram também considerados estudos já realizados na área suscetível a impactos hidrometeorológicos da cidade de Aquidauana (E. Artigas *et al.*, 2012; P. Joia e V. Anunciação, 2013; E. Fernandes *et al.*, 2015).

Seguindo as recomendações do Ministério das Cidades, que acatou o conjunto de medidas preconizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (MINISTÉRIO DAS CIDADES [MCID], 2006, 2007), o trabalho de campo contou com um pré-mapeamento, que consistiu no reconhecimento territorial e geomorfológico da área de estudo. Nessa etapa, também foram coletados pontos representativos para o estudo com registros fotográficos.

A delimitação da área de estudo foi efetuada a partir de visitas de campo. Foram mapeadas as zonas sujeitas a impactos hidrometeorológicos (inundações) e os limites do curso d'água dentro do perímetro urbano.

Para descrição do perímetro urbano, foram analisados os Planos Diretores de Anastácio (Plano Diretor, 2006) e Aquidauana (Plano Diretor, 2008), Planta Cadastral das duas cidades e legislação sobre limite dos bairros (Prefeitura de Aquidauana, 2015).

Localizaram-se cinco áreas suscetíveis às inundações sazonais (fig. 1). Em Aquidauana, as parcelas dos bairros Guanandy (1) e Centro (2) e em Anastácio, as parcelas da Vila Santos Dumont (1), Centro (2) e Vila Afonso Paim (3) (fig. 1).

A delimitação de suscetibilidade foi realizada após uma compilação de observação sobre a descaracterização da vegetação natural (Governo Federal, 2012), dados climáticos e hidrológicos (ANA, 2016), fatores geológicos e geomorfológicos (G. Guidicini e C. Nieble, 1976) e baixa declividade dos terrenos (J. Olcina Campos *et al.*, 2010). Realizou-se também um pré-mapeamento, que consistiu no reconhecimento territorial da área de estudo, acatando as considerações de informações geográficas, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas Brasil - IPT propostas em conjunto com o Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES [MCID], 2007).

#### *Caracterização do uso das bordas do rio Aquidauana*

Para alcançar os objetivos traçados foram realizadas vistorias das margens do rio Aquidauana e inventariação de todos os lotes existentes na área de estudo. Houve uma pré-delimitação dos locais, realizada através de imagens da plataforma *Google Earth* (2014), na qual a planície de inundação (margens esquerda e direita) foi dividida em setores, ou seja, cinco zonas sujeitas à inundação (fig. 1).

Para a inventariação dos lotes foram realizadas anotações sobre cada tipo de função urbana por meio de siglas predeterminadas, no mapa de cadastro urbano. Os dados levantados no trabalho de campo foram organizados na planilha *Excel* 2010, a fim de se estabelecer uma classificação de uso da terra nas



**Fig. 1** - Áreas suscetíveis à inundação: 1) Guanandy (Aquidauana) e Vila Santos Dumont (Anastácio); 2) Centro; 3) Vila Afonso Paim (Fonte: Adaptado pelas autoras de *Google Earth* e IBGE, 2010 a).

**Fig. 1** - Areas prone to flooding: 1) Guanandy (Aquidauana) and Vila Santos Dumont (Anastácio); 2) Centre; 3) Vila Afonso Paim (Source: Adapted by the authors of *Google Earth* and IBGE, 2010 a).

margens do rio Aquidauana dentro do perímetro urbano de Anastácio e Aquidauana, sendo atribuídos nomes para cada atributo relacionado.

A classificação foi estabelecida conforme a tipologia das edificações: Ilha dos pescadores, residências (ocupadas, turistas, vazias, abandonadas, fechadas), atividades econômicas (comércio, serviço, areeiros) e institucionais. Os demais lotes sem edificações foram caracterizados: chácara, área úmida (Pirizal), terreno baldio, vegetação rasteira e campo de futebol.

#### Confecção do mapeamento

A base cartográfica referente às áreas suscetíveis à inundação nas cidades de Aquidauana e Anastácio/MS iniciou-se com a montagem de um banco de dados georreferenciado, a delimitação foi realizada através de imagens adquiridas da plataforma *Google Earth*.

- Na primeira etapa, *shapefiles* Sinopse por setores (IBGE, 2010 a) foram utilizados para delimitar as duas sedes municipais;
- Em um segundo momento, iniciou-se o mapeamento da área suscetível à inundação tendo como base o mapeamento de áreas inundáveis das cidades de Anastácio e Aquidauana (Ministério do Meio Ambiente [MMA], 1997);
- Foram realizadas as análises das cotas do rio Aquidauana por meio dos dados da estação fluvial Aquidauana (nº 66945000) disponíveis no Portal da Agência Nacional de Águas (ANA, 2014), acessados em Sistema de Informações Hidrológicas (*Hidro Web*) e *software* HIDRO 1.2 (banco de dados do tipo cliente/servidor projetado especificamente para o ambiente gráfico);
- Posteriormente, destinou-se a aferição do levantamento altimétrico, na área predisposta a impactos hidrometeorológicos (inundações) e averiguação da verdade terrestre;
- Em uma segunda fase, a representação altimétrica foi produzida no *software Global Mapper 13.2* (2012), de forma automática (*generate watershed*). Foi inserida a imagem de radar interferométrico SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) das sedes municipais de Aquidauana e Anastácio, com resolução espacial de 30m, da quadrícula 20\_57\_ZN (Valeriano, 2008), gerando a hipsometria da área de estudo. Em um segundo momento, na confecção da representação altimétrica, foram incluídas, em formato *Shapefile*, as delimitações das duas cidades (IBGE, 2010 a) e, posteriormente, utilizou-se a função 3D para realçar a inundação da área.

Os aspectos fisiográficos da área estudada foram analisados de acordo com as informações do GeoMS

(Governo do Estado de Mato Grosso do Sul, 2011) e da Folha Aquidauana SF.21-X-A-III Escala 1: 100.000 - DSG (Governo Federal, 1964).

#### Classificação da intensidade de magnitude das inundações

O nível e vazão são medidos, nessa secção transversal do rio Aquidauana, através de uma escala hidrométrica, graduada até 10m, instalada na estação de monitoramento Aquidauana nº 66945000 (ANA), na cabeceira da Ponte Roldão Carlos de Oliveira (Ponte Velha/RN. 143.393) na cidade de Aquidauana. Estudos realizados (E. Fernandes *et al.*, 2015, p. 179) determinaram a variação altimétrica da área estudada e preconizam que nas ocasiões em que o rio ultrapassa a cota de 8,00m os transbordamentos começam a afetar a população.

A partir das visitas na área estudada, foi possível conciliar as informações dos moradores com os índices pluviométricos, a vazão e a cota do rio Aquidauana. A classificação de mensuração da magnitude das inundações (QUADRO I) foi orientada por meio dos dados coletados na Agência Nacional de Águas (ANA) da Sala de Situação (ANA, 2014), que estabeleceu a delimitação mínima para inundações de pequena magnitude, a partir de 8,00 m (referente às inundações que afetam moderadamente o cotidiano da população). Para magnitude excepcional, tomou-se por base inundações superiores a cota de 9,50 m (episódios que interrompem a rotina de parte significativa da sociedade).

QUADRO I - Classificação da intensidade de magnitude das inundações na área urbana das cidades de Aquidauana e Anastácio/MS.

TABLE I - Classification of the intensity of the flooding magnitude in the urban area of the cities of Aquidauana and Anastácio/MS.

Intensidade de magnitude das inundações	Intervalos em níveis (m)	Altimetria da área (m)
Magnitude excepcional	> 9,50	142,8/143,6
Magnitude grande	9,15 - 9,50	142,00/142,7
Magnitude regular/média	8,51 - 9,14	141,2/141,9
Magnitude pequena	8,00 - 8,50	136,8/ 141,1

Fonte/Source: E. Fernandes, 2015.

#### Discussão e Resultados

*A influência da variabilidade climática nos episódios de impacto hidrometeorológicos nas cidades de Aquidauana e Anastácio/MS - Brasil*

O estado de Mato Grosso do Sul se encontra numa área de transição dos climas zonais (tropicais e extratropicais), assim a dinâmica atmosférica apresenta forte irregularidade e variabilidade climática oriundas da circulação atmosférica regional (J. Zavattini, 2009).

A excepcionalidade climática no Mato Grosso do Sul está associada ao excesso no índice pluviométrico. Esses episódios ocorrem, sobretudo, na estação do verão na região, sob a influência de um sistema de grande escala, denominada Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), característica do período, tendo um significativo papel na ocorrência de veranicos e enchentes severas.

As características do clima local apresentam índices pluviométricos anuais na faixa de 1.400 mm no verão (outubro a março), com períodos sazonais definidos pelo inverno seco e verão chuvoso (fig. 2), pois se localizam no início da planície pantaneira.

As enchentes e, conseqüentemente, as inundações, nessa região, são características do período sazonal de maior precipitação, que, para a região, tem início na primavera e habitualmente cessa no mês de março, com o fim do verão. O que torna dezembro e janeiro meses propícios às inundações periódicas (J. SANT'ANNA NETO, 1989).

Os estudos sobre excepcionalismos climáticos nessa região são escassos, dificultados pela ausência de informações dos órgãos públicos competentes e parceiros particulares (Fazendas). Porém, informações do boletim da Climanálise (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações [MCT - INPE/CPTEC], 2011) revelam que no episódio de extremo climático em março de 2011 houve uma notável progressão nos índices pluviométricos no transcurso da primeira quinzena de fevereiro de 2011. Segundo informação dos pesquisadores a variabilidade atmosférica foi proveniente do deslocamento do canal de umidade proveniente da Amazônia para o sul, resultando na formação de um episódio da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). *“A atuação da Alta da Bolívia e a formação de um episódio de ZCAS, associados aos efeitos termodinâmicos locais, também contribuíram para a ocorrência de chuvas mais acentuadas em parte do Mato Grosso e no Mato Grosso do Sul”* (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações [MCT - INPE/CPTEC], 2011, p.11).

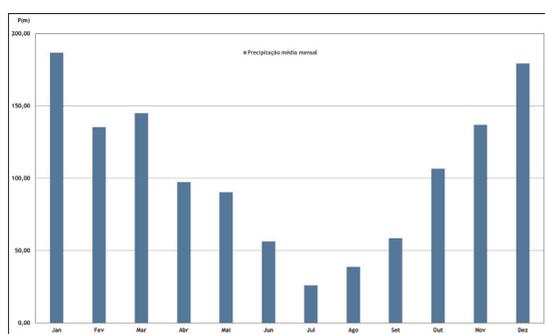


Fig. 2 - Gráfico das médias mensais de precipitação entre o período de 1978 a 2015 (Fonte: Estação Aquidauana A - 719/INMET).

Fig. 2 - Graph of monthly averages of precipitation in the period between 1978 to 2015 (Source: Aquidauana Station A - 719 / INMET).

Esporadicamente, extremos climáticos, outras sazonalidades, sentidos na região, numa junção de quatro variações - duração, tempo, intensidade e quantidade das precipitações - deflagram excessos pluviométricos, como os ocorridos nos meses de junho de 2012 e abril de 2013, ou seja, em estações atípicas, como o inverno e o outono, respectivamente.

Essa combinação de variações de duração, tempo, intensidade e quantidade das precipitações potencializa o desencadeamento da elevação das águas do rio Aquidauana, elevando a cota normal (2,99 m). A partir do momento em que o nível da escala hidrométrica atinge a marca de 6,21 m, a Defesa Civil considera que as duas cidades devem entrar em estado de alerta, pois há a possibilidade da população que ocupa as margens ser atingida pelos impactos hidrometeorológicos.

Nos anos de 2011, 2013 e 2016 as pontes foram interditadas, porque a cota do rio Aquidauana foi superior a 9,29 m. As inundações foram consideradas de eventos extremos, seu impacto foi percebido nas duas cidades.

A influência do clima urbano nos episódios de inundação no limiar do Pantanal sul-mato-grossense necessita de estudos mais detalhados. Pesquisas específicas foram realizadas sobre o clima na cidade de Aquidauana: (V. da Silva, 2012), que estudou a temperatura do ar dentro do ambiente urbano, e a investigação sobre existência de ilha de calor (A. Honorato, 2012). Recentemente, a cidade de Anastácio também foi investigada por meio do trabalho sobre a temperatura do ar (F. Santos, 2014). Porém ainda carece de novas descobertas.

As inundações expressivas (média, grande, excepcional), entre os anos de 1976 e 2016, apresentaram intervalos que variaram entre um e sete anos (fig. 3). Porém se percebe uma mudança no ritmo das inundações do rio Aquidauana a partir da década de 2010 houve transbordamentos significativamente por cinco vezes. Foram inundações (fig. 3), de magnitude regular ou média (2010 e 2014), magnitude excepcional (2011) e grande magnitude (2013, 2016).

Observa-se que, na área estudada nas sedes municipais de Anastácio e Aquidauana, o intervalo das recorrências de inundações tem aumentado em virtude da dinâmica hidrológica natural que acompanhou os excessos pluviométricos na região (fig. 4).

#### Mapeamento das áreas suscetíveis à inundação

Segundo o estudo de Carlos Tucci (Ministério do Meio Ambiente [MMA], 1997), o período de retorno das inundações de 9,15m deveria ocorrer a cada dez anos, ou seja, um índice de 10%. Em Aquidauana e Anastácio estão ocorrendo a cada dois anos nas últimas duas décadas. Nas seis inundações focalizadas, repetiram-se três vezes.

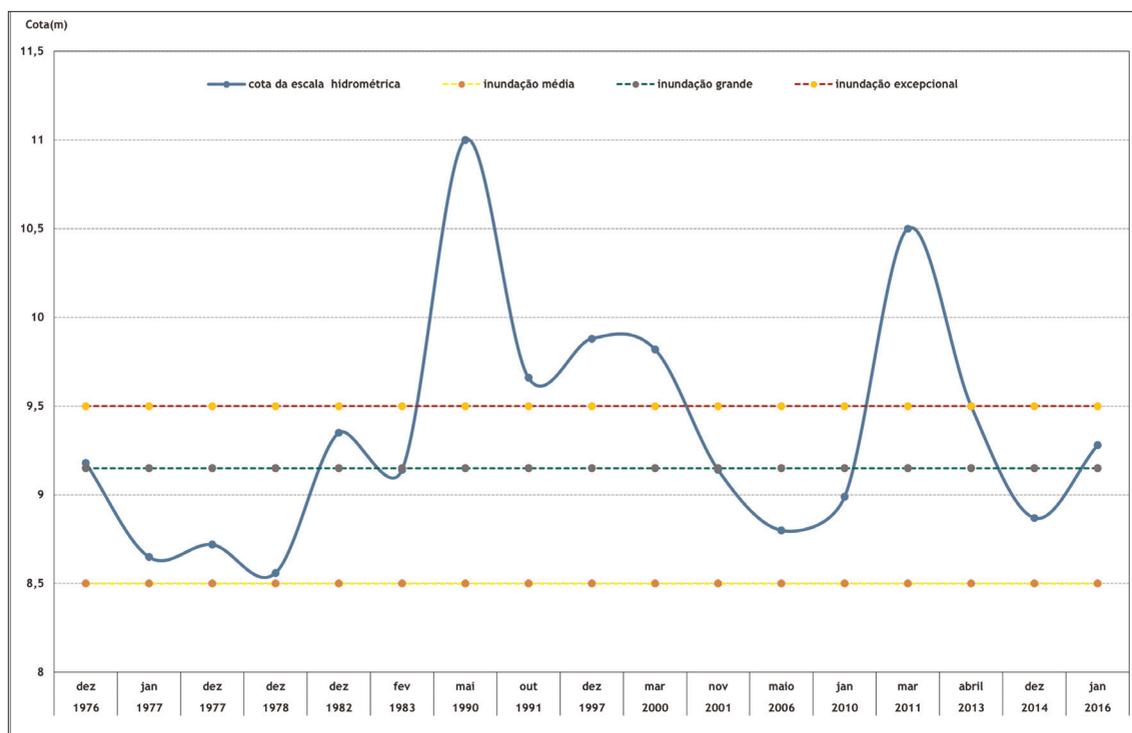


Fig. 3 - Gráfico da dinâmica hidrológica no nível do rio Aquidauana entre 1976 e 2016 (Fonte: Hidro Web, 2016).

Fig. 3 - Graph of hydrologic dynamics of the river Aquidauana between 1976 and 2016 (Source: Hidro Web, 2016).

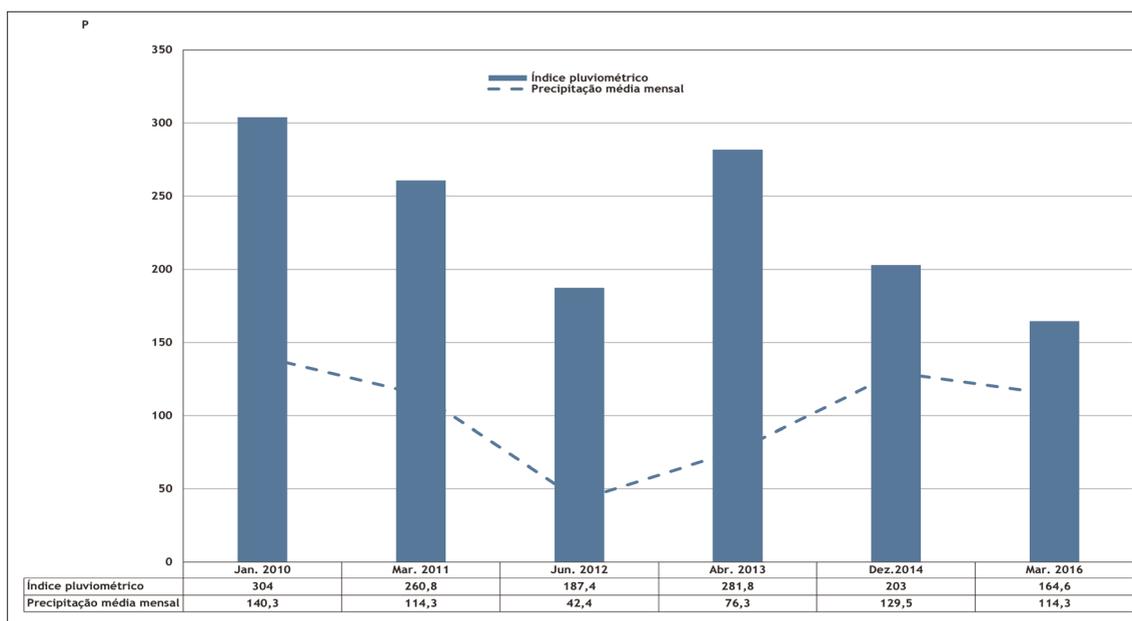


Fig. 4 - Gráfico dos excessos pluviométricos relacionados com as inundações entre os anos de 2010 e 2016

(Fonte: Estação Aquidauana A - 719/INMET).

Fig. 4 - Graph of rainfall related excesses with floods between the years of 2000 and 2016 (Source: Aquidauana Station A - 719 / INMET).

A partir dessa premissa, iniciaram-se os estudos para uma nova delimitação, visto que o nível de 9,15 m obtido para o período de dez anos se observou desde o ano de 2010, ou seja, em sete anos ele foi aferido por três vezes na escala hidrométrica instalada na Ponte Velha, próximo

à Praça Nossa Senhora da Conceição, popularmente denominada por Praça da Matriz (fig. 5).

Análise multitemporal, compreendendo os anos de 1976 a 2014, realizada recentemente (E. Fernandes, 2015),

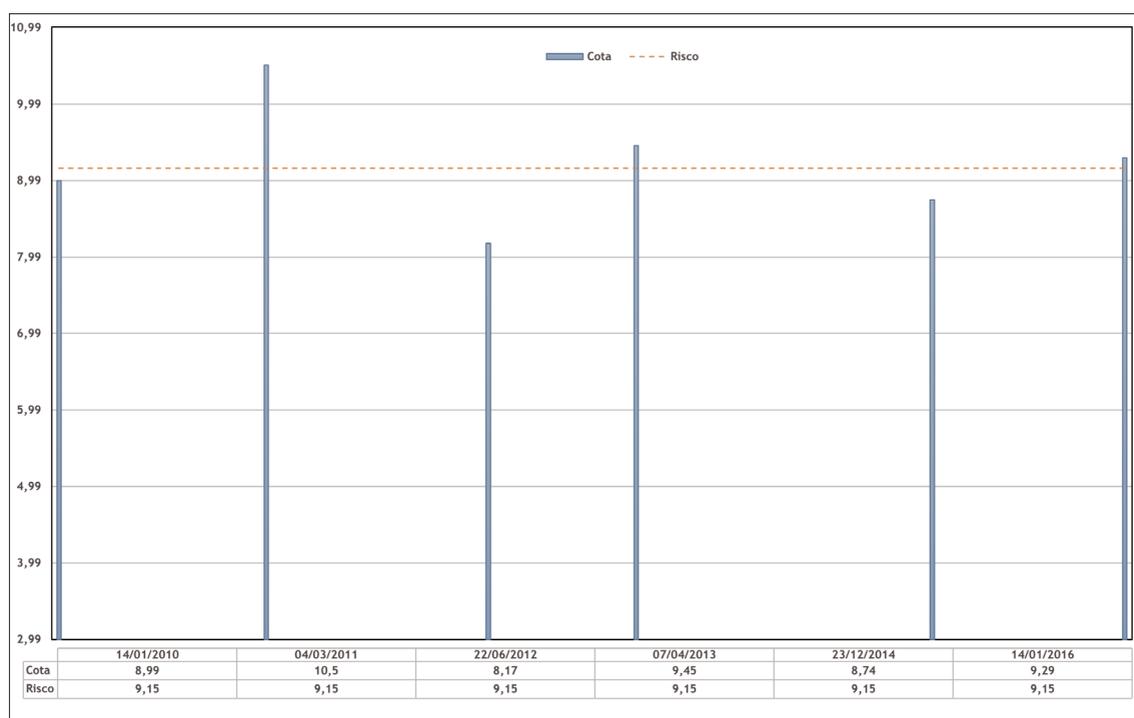


Fig. 5 - Gráfico do período de retorno das inundações entre os anos de 2010 e 2016 ( Fonte: ANA, 2016).

Fig. 5 - Graph of the period of return of the floods between the years 2010 and 2016 (Source: ANA, 2016).

aponta que a população foi atingida cinco vezes por inundações de magnitudes excepcionais, quatro de grande magnitude e oito de magnitude regular/média, totalizando dezessete episódios relevantes para população atingida. Ressalta-se que em onze vezes sucederam inundações de pequena magnitude (8,00 - 8,50m), que trazem transtornos menores, atingindo no mínimo vinte famílias na área urbana de Aquidauana (E. Fernandes *et al.*, 2015).

A pesquisa confirmou que o reflexo dos transbordamentos tem distribuições diferenciadas na planície de inundação nos dois perímetros urbanos analisados. A população da cidade de Anastácio encontra-se resguardada das inundações de pequena magnitude e é atingida, somente, em inundações mais expressivas, de magnitude regular/média a excepcional, por conta da altitude diferenciada nas suas margens.

A cidade de Aquidauana apresenta um fator natural determinante na frequência das inundações (J. Olcina Campos *et al.*, 2010), que é a baixa declividade dos terrenos localizados dentro da planície de inundação, aliada a cotas altimétricas, que variam entre 136,80 e 140 m em relação ao nível do mar. Em inundações de magnitude excepcional como a de março de 2011 é drasticamente impactada (fig. 6).

Sendo assim, foram identificados cinco fatores que compilados contribuem para a suscetibilidade das inundações sazonais nas duas cidades:

- Fatores predisponentes (geológico, geomorfológico);
- Fator natural determinante (baixa declividade dos terrenos);
- Fatores agravantes (supressão e descaracterização da vegetação natural);
- Fator desencadeante (excesso nos índices pluviométricos);
- Fator preponderante (uso inadequado do espaço pela população).

A morfologia original antropizada em praticamente toda extensão da área estudada, o uso e ocupação da planície de inundação, com pavimentação de parte da várzea e supressão de mata ciliar, influenciam na hierarquia interna da população, primeiramente atingida em todas as recorrências de inundação (pequena, média, grande e excepcional).

Medidas de controle à inundação, que visam a minimizar os danos e prejuízos aos quais as populações atingidas são submetidas sazonalmente, podem ser classificadas em estruturais (como as obras de engenharia que modificam o sistema fluvial, evitando os prejuízos das inundações) e em não estruturais (de caráter educativo e preventivo) para a sociedade consiga manter uma convivência mais adequada com rio, diminuindo a deterioração decorrente das inundações (C. Tucci, 2003; MINISTÉRIO DAS CIDADES [MCID], 2007).

No Brasil os Planos Diretores devem ser revisados a cada 10 anos, os documentos dos Municípios de Anastácio e

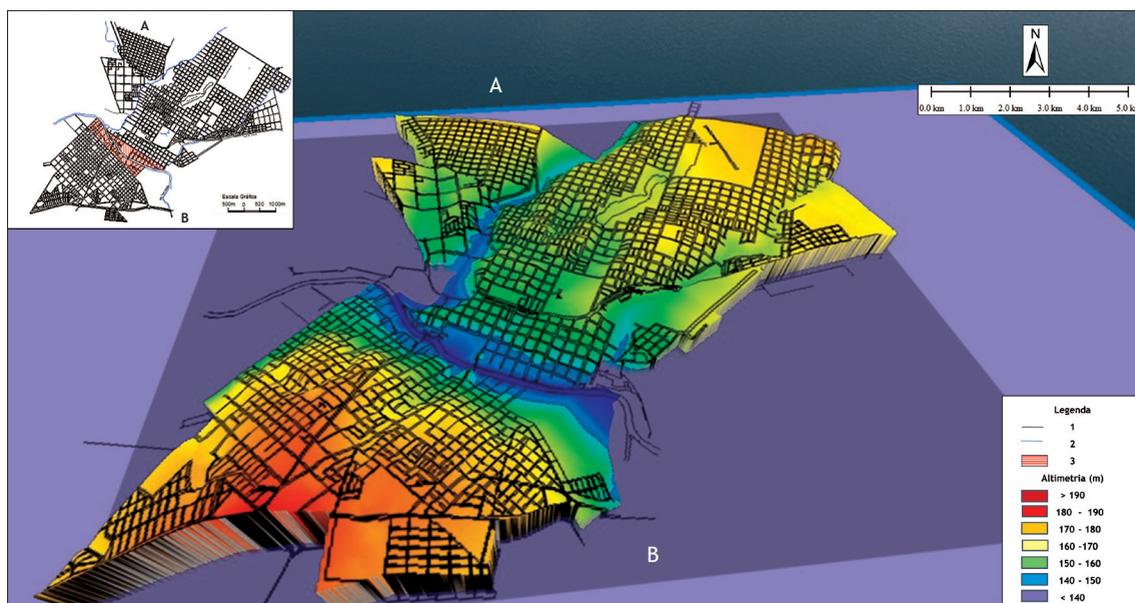


Fig. 6 - Representação planialtimétrica de Aquidauana (A) e Anastácio (B) nos impactos hidrometeorológicos: 1) Limite dos municípios; 2) Hidrologia; 3) Áreas suscetíveis à inundação (Fonte: Adaptado pelas autoras, 2016).

Fig. 6 - Planialtimetric representation of Aquidauana (A) and Anastácio (B) in the impacts of climatic hazards: 1) Limits of municipalities; 2) Hydrology; 3) Areas prone to flooding (Source: Adapted by the authors, 2016).

Aquidauana (Prefeitura de Anastácio, 2006 e Prefeitura de Aquidauana, 2008) ainda não foram reavaliados e estima-se que, quando assim o fizerem, devem priorizar a remoção das populações situadas nas áreas de risco. O instrumento legal nas duas cidades menciona a situação da população instalada em áreas sujeitas à inundação, porém houve ineficácias de ações em ambas, visto que, nos últimos dezesseis anos, já ocorreram, ao menos, oito situações de inundações de magnitude regular/média, grande e excepcional, sem que fossem realizadas medidas de evacuar e isolar a área.

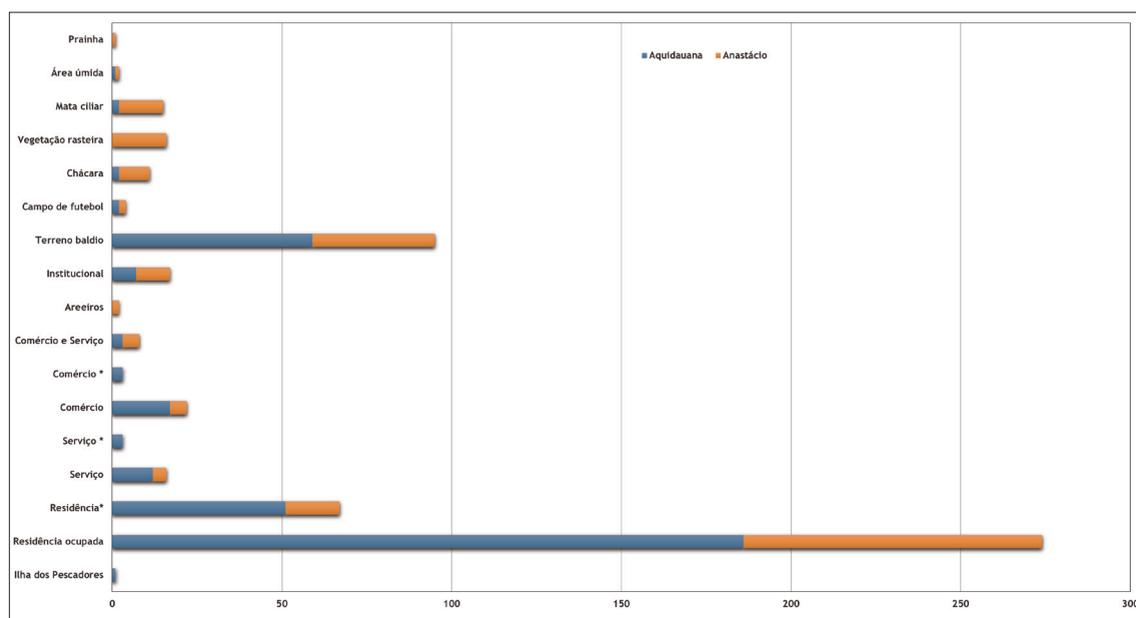
#### *Função urbana na planície de inundação do rio Aquidauana nas cidades de Aquidauana e Anastácio*

O fluxo de água na seção transversal do canal, ao extravasar em direção ao leito maior, encontra o espaço urbano fragmentado, com diferenciação em sua forma e função (fig. 7). Na área suscetível à inundação, na cidade de Aquidauana, foram identificados 349 lotes e, desses, 240 imóveis com edificações são destinados a unidades familiares, incluindo nessa classificação imóveis mistos, vazios, fechados, abandonados e com destinação turística (fig. 7). Foram também identificadas 38 atividades econômicas, englobando os estabelecimentos fechados, vazios e abandonados, além de 2 chácaras, 59 terrenos baldios, 7 órgãos institucionais, 2 campos de futebol, 1 área paludosa, conhecida popularmente na região como Pirizal, e apenas duas áreas destinadas a Área de Preservação Permanente (APP).

Na cidade de Anastácio a situação diverge: foram contabilizados 208 lotes e, desses, 104 imóveis com edificações, abrangendo nessa catalogação imóveis mistos, vazios, fechados, abandonados, destinados a unidades familiares, 9 chácaras e 16 estabelecimentos com fins lucrativos, compreendendo os estabelecimentos fechados, vazios e abandonados (fig. 7). Na área, também foram enumerados 36 terrenos baldios, 16 terrenos com vegetação rasteira, uma área alagada e 10 áreas institucionais que comportam uma instituição assistencial, equipamentos de lazer, entre outros.

A pesquisa sobre função urbana é relevante para o planejamento e gestão ambiental dessas áreas, pois aponta que, principalmente em Aquidauana, na faixa destinada à passagem de inundação, encontra-se estabelecida uma concentração expressiva de residências: habitadas, fechadas, vazias, turísticas, mistas e atividades econômicas, como hotéis, clube, lanchonetes. Na coirmã Anastácio o fato mais preocupante está relacionado com a Sociedade Missionária Ebenézer - Some, que é uma instituição assistencial que abriga menores de idade em situação de vulnerabilidade social.

Entende-se que o levantamento de dados das áreas estudadas servirão como ferramenta de apoio para a tomada de ações, por parte do poder público municipal, no sentido de executar os instrumentos legais disponíveis nas duas cidades, como a aplicação de ações institucionais, apropriação dos lotes vazios (terrenos baldios) e impedimento de construção, reforma ou



**Fig. 7 - Gráfico comparativo da função urbana na área suscetível à inundação das sedes municipais de Aquidauana e Anastácio/MS. \***  
Fechado/vazio/abandonado (Fonte: E. Fernandes, 2015).

*Fig. 7 - Comparative graph of urban function in the area prone to flooding of the municipal capitals of Aquidauana and Anastácio/MS. \**  
Source: Closed /empty /abandoned (Source: E. Fernandes, 2015).

ampliação, além de servir como embasamento na aplicação de medidas não estruturais como estratégias educativas junto à população que ocupa esse espaço.

#### *Intensidade de magnitude da Inundação na cidade de Aquidauana*

A partir de janeiro de 1956, na cidade de Aquidauana, em decorrência do loteamento da “Zona Ribeirinha” (planície de inundação do rio Aquidauana), o prejuízo ambiental aumentou consideravelmente (J. Silva e P. Joia, 2001). As visitas *in loco* evidenciaram que os impactos negativos estão distribuídos por vários locais da planície de inundação, visto que as ondas de cheia têm transportado muito sedimento para as barrancas do rio, que se encontram com graus mínimos de singularidade da vegetação original, interferindo ainda mais na biodiversidade da área que vem sendo ameaçada pelos constantes aterramentos na região do Pirizal e Ilha dos Pescadores.

A dinâmica das inundações sazonais no prelúdio do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Aquidauana vem apresentando alterações atribuídas à variabilidade climática regional. O canal fluvial, ao atingir a cota máxima de 8 m, na escala hidrométrica, na secção transversal do rio Aquidauana, não comporta a vazão da água e transborda em direção ao seu leito excepcional.

Nessas ocasiões, dependendo da magnitude da inundação, ele atinge trinta e oito estabelecimentos que atuam em atividades comerciais e de serviço (fot. 3), como no episó-

dio de março de 2011, quando a Agência Nacional de Águas (ANA) aferiu que o rio encheu mais de 7 m do seu normal.

Inerente a esta área, imóveis totalmente inseridos na APP. Em um trecho de aproximadamente 100 m estão estabelecidos um hotel de médio porte, muito frequentado por turistas, um trailer de lanche, a Câmara de Vereadores e dois clubes de lazer, todos nas adjacências da Ponte Roldão Carlos de Oliveira, conhecida popularmente como Ponte Velha.

Os custos na recuperação de imóveis atingidos regularmente pelas inundações sazonais contribuem para que, na área, sejam contabilizados 59 terrenos baldios, 51 residências e 6 atividades econômicas fechadas, abandonadas ou vazias, fato que se supõe estar relacionado à recorrência de inundação durante cinco anos consecutivos (2010, 2011, 2012, 2013 e 2014).

Em relação ao episódio de impacto hidrometeorológico do mês de março de 2011, a topografia da área favoreceu que fossem atingidas, entre a área central e o bairro Guanandy, 187 residências ocupadas (particulares ou para fins turísticos).

Os órgãos institucionais que funcionam na área suscetível à inundação tiveram suas atividades suspensas, entre eles as três Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), que foram totalmente inundadas, prejudicando a função urbana da planície de inundação na margem direita da sede municipal de Aquidauana. As atividades econômicas foram atingidas em trinta e um estabelecimentos,

ficando inoperantes por aproximadamente quinze dias, e outras unidades trabalharam com quadro de funcionários reduzido, alterando o cotidiano na cidade.

Na área central, o caos se instalou devido ao bloqueio das duas pontes de acesso à cidade. Contudo, no bairro Guanandy, os transtornos repercutiram por toda a circunvizinhança, visto que houve a necessidade de interditar trecho da Rua Cândido Mariano e o funcionamento da Escola Estadual Cândido Mariano, para abrigar parte da população atingida (fot. 4).

A intensidade dos impactos hidrometeorológicos relaciona-se principalmente com a intensidade da magnitude do evento e com o grau de vulnerabilidade ao qual o ecossistema encontra-se exposto. A associação destes fatores gera um risco maior ou menor à população estabelecida naquela área.

Nos bairros Centro e Guanandy, especificamente nas proximidades das áreas popularmente denominadas Campo do Baixadão e Ilha dos Pescadores, locais de instalação de grupos sociais vulneráveis (fot. 5), as pessoas dependem dos órgãos públicos da cidade (Prefeitura Municipal, Exército Brasileiro, Coordenadoria Municipal de Defesa Civil e Corpo de Bombeiros) para a retirada dos seus pertences, nos episódios sazonais de inundação.

As margens do rio Aquidauana deveriam ser ocupadas pela APP com predomínio de vegetação típica de mata ciliar, porém dados da pesquisa apontam que 100% de toda extensão da margem direita encontram-se loteadas e 65% desses terrenos estão edificados. O fluxo hídrico no período das cheias encontra margens frágeis, desprovidas de vegetação, o que influencia negativamente, acelerando o processo natural de solapamento, que atua



Fot 3 - Atividades comerciais atingidas em inundações de magnitude excepcional (Fonte: Arquivo pessoal da família Moro, 2011).

*Photo 3 - Business activities hit by floods of exceptional magnitude (Source: Sirnay Moro, 2011).*



Fot. 4 - Intensidade do impacto hidrometeorológico na cidade de Aquidauana no mês de março de 2011 (Fonte: S. Moro, 2011).

*Photo 4 - Intensity of the hydrometric impact on the city of Aquidauana in March 2011 (Source: S. Moro, 2011).*



Fot. 5 - Vulnerabilidade das residências atingidas sistematicamente pelas inundações na cidade de Aquidauana/MS (Fonte: V. Rezende/Correio do Estado, 2016).

*Photo 5 - Vulnerability of the households systematically affected by floods in the city of Aquidauana /MS (Source: V. Rezende/Correio do Estado, 2016).*

de maneira mais severa sobre o talude, visto que o ambiente se encontra reconfigurado.

#### *Intensidade de magnitude da Inundação na cidade de Anastácio*

34

O território que atualmente compõe o município de Anastácio foi desmembrado de Aquidauana no final da década de 1960. Em 1892, época da fundação do vilarejo de Aquidauana e durante o início do século XX, foi extremamente relevante para o crescimento econômico da então recém Vila Alto Aquidauana (J. Neves, 2007). Durante muito tempo, a margem esquerda foi preservada da supressão vegetal, pelo fato do crescimento demográfico ter se manifestado de maneira mais expressiva na margem direita, e os grandes terrenos, mais parecidos com chácaras, terem permanecidos preservados (J. Silva, 2009).

A reprodução do espaço urbano na cidade de Anastácio distingue-se pela disparidade de suas formas, funções, interações e práticas espaciais. Essa divergência do espaço é, em realidade, um reflexo e uma condição para as políticas públicas (R. Corrêa, 1989).

O Poder Público municipal, na margem esquerda do rio, como agente modelador do espaço, destinou parte da área suscetível à inundação à implantação de infraestrutura de lazer: praia semiartificial, praças esportivas e de eventos, o que minimiza os reflexos da inundação para os cidadãos. Contudo, a Sociedade Missionária Ebenézer - Some - Unidade de Acolhimento e Proteção à Criança e ao Adolescente, que está localizada na barranca do rio Aquidauana, é afetada severamente nos casos de inundações grandes e excepcionais. Em média, vinte pessoas ficam desalojadas e têm sérios prejuízos econômicos (fot. 6).

Na malha urbana da sede municipal de Anastácio os reflexos são percebidos a partir da magnitude regular/média das inundações. Quando as águas do rio Aquidauana atingem a elevação superior a 141,2 m de altitude, 527.407,64 m<sup>2</sup>, a cidade pode ser atingida, como ocorreu em março de 2011.

Na sede municipal de Anastácio, a dinâmica de ocupação do espaço foi predisposta de maneira que a várzea do rio permanecesse em sua maior parte com APP, apesar da presença de atividades institucionais, comércio e serviço: pesqueiro, um estaleiro, dois areeiros, três estruturas de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e a guarnição do 1º Subgruposamento de Bombeiros.

Percebe-se que os problemas que afligem a população, nas duas localidades, relacionados à inundação, poderiam ser atenuados se o uso da planície de inundação estivesse respeitando o novo Código Florestal (Governo Federal, 2012).

Os atores sociais envolvidos na remodelagem do espaço na área de várzea do rio Aquidauana (promotores imobiliários e Estado) primaram por não lotear toda a margem, preservando a mata ciliar em diversos pontos, porém as inundações mais expressivas atingem a população menos favorecida que reside nas áreas de topografia suave.

#### **Conclusão**

O estudo revela que a intensidade de magnitude das inundações que assolam a comunidade está diretamente relacionada com o excesso pluviométrico na área da bacia hidrográfica do rio Aquidauana e a desorganização da expansão territorial urbana. Esses fatores aliam-se à ineficiência do planejamento e gestão ambiental e, desde a fundação do povoado do Alto Aquidauana, contribuíram para que as intervenções dos agentes sociais produtores do espaço, sobretudo a partir da década de 1950, estimulassem a ocupação de áreas de risco. Isso potencializou o uso da borda da bacia de inundação do canal fluvial, que é cortado, nessa secção transversal, pelas cidades de Aquidauana e Anastácio.

Observa-se que há preferência dos indivíduos por se estabelecerem em espaços residenciais próximos das localidades da área central. Para a população mais carente, essa é uma forma de *status*, pois está fora da periferia das cidades. Contudo, por conta da acumulação de capital, dividido de maneira desigual, a diferença de impactos hidrometeorológicos sofridos pela sociedade é variada, atingindo violentamente as residências mais vulneráveis das classes menos favorecidas.

A topografia da área de estudo foi o parâmetro que melhor respondeu à escala do trabalho, para determinar as áreas suscetíveis à inundação, considerando-se o relevo suave. A delimitação da área atingida nos impactos hidrometeorológicos respalda o zoneamento para a planície de inundação das duas cidades, e deveria constar nos Planos Diretores de cidades que convivem com a problemática de inundações ribeirinhas (C. Tucci, 2003).

Os danos humanos, materiais e ambientais e prejuízos econômico-sociais que acompanham os impactos hidrometeorológicos necessitam ser absorvidos por ações governamentais. “A tomada de decisão está comumente ligada à política administrativa para expressar noção mais coletiva de escolhas e comportamentos nos altos níveis de gerenciamento de recursos cujas ações objetivam medidas emergenciais, preventivas e corretivas a dado evento prejudicial” (White, 1974, p.6).

Os atores sociais envolvidos na problemática das inundações permanecem inertes diante dos constantes transbordamentos do rio Aquidauana. Infere-se que, por este estudo, o delineamento realizado da área suscetível à inundação das cidades de Anastácio e Aquidauana



Fot. 6 - Instituição Some afetada severamente nas inundações em Anastácio (Fonte: Arquivo pessoal da família Souza, 2011).  
*Photo 6 - Some institution severely affected by floods in Anastácio (Source: Personal Archive of the Souza Family, 2011).*

colabore como instrumentos básicos de suporte para ação da Defesa Civil, contribuindo para o início do processo de remodelagem da área.

Os agentes sociais que modelaram os dois perímetros urbanos (os proprietários dos meios de produção, proprietários fundiários e os promotores imobiliários) atuaram em função de diferentes estratégias sobre esse espaço urbano, o que acarretou em conflitos de interesses.

O estudo sugere a remoção da instituição assistencial Some, situada na cidade de Anastácio, a implementação de pisos permeáveis no entorno das margens, e, nas ruas que se encontram sem pavimentação, nas duas cidades. Será necessário optar por medidas estruturais extensivas (C. Tucci, 2003), que afetariam o sistema hidrológico, mas não teriam intervenção direta sobre o canal. É necessária a conscientização, por parte do poder público nas suas diversas esferas, da relevância ao incentivo de medidas que fomentem iniciativas de preservação e recuperação das matas ciliares.

Acredita-se que, em Aquidauana, a restrição total para construção e a fiscalização dos aterramentos na margem devem ser medidas acatadas imediatamente pelo poder público, juntamente com a revisão do Plano Diretor (2008) que, no ano de 2018, completará dez anos e está passível de revisão.

O Estado, que é o agente regulador do uso e ocupação da terra nesse processo, tem se mostrado ineficaz na organização espacial das cidades de Anastácio e Aquidauana, fazendo juz ao “*obstáculo econômico e político dos governantes*” (M. Souza, 2010).

Percebe-se a subutilização ou negligência de ações que poderiam ser empregadas por parte das duas administrações municipais: implantação de infraestrutura adequada (drenagem, ampliação da rede de esgoto), desapropriação de terras, regulamentação do uso da terra, controle e limitação da superfície, taxaço de terrenos livres, por meio do IPTU Progressivo (M. Souza, 2010 a).

Nas sedes municipais de Anastácio e Aquidauana, a expansão da malha urbana, associada ao preço da terra, nas últimas décadas, instigou a procura por terrenos mais baratos na área de passagem de inundação, assim como aluguéis compatíveis com a baixa renda da maioria dos trabalhadores estabelecidos nas duas cidades. Os moradores desse espaço vêm se tornando reféns da sua própria tragédia, pois, estabelecidos na área suscetível a impactos hidrometeorológicos, muitas vezes perdem todos os seus pertences, mas, mesmo assim, consideram compensatório, pois as pessoas querem morar em locais mais próximos do centro da cidade, e acabam achando, nesse ambiente, preços acessíveis ao seu orçamento financeiro.

Os problemas concernentes às inundações vêm se intensificando na década de 2010 no alfa do Pantanal sul-

mato-grossense brasileiro, atingindo as sedes municipais de Anastácio e Aquidauana. Revela-se uma acentuada diminuição do tempo de recorrência das inundações, devido à dinâmica hidrológica natural que acompanhou os excessos pluviométricos. Nas áreas suscetíveis a impactos hidrometeorológicos, são inevitáveis os danos materiais e os prejuízos econômicos e sociais, por conta das ações humanas inadequadas. A apropriação da natureza, o desrespeito às leis ambientais vigentes (Governo Federal, 2012), o loteamento das áreas e a agregação de instalações vulneráveis colaboram com a produção de risco e crises cada vez mais acentuadas.

#### Referências bibliográficas

- Alexander, David E. (2013) - A survey of the field of hazard and disaster studies. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, [online]. 7 (7), p. 841- 853.
- Alcántara-Ayala, Irasema (2002). Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters developing countries. *Geomorphology*, 47 (2), p.107-124.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2016). *Hidro web*. Sistema de informações hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 14 de março de 2016.
- Artigas, Elvis F.; Loubet, Elaine N.; Andrade, Vicentina S. da A. (2012). Inundações e riscos na cidade de Aquidauana-MS. *Territorium*, [online] v. 19, p.55-62. Disponível em: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T19\\_artg/T19\\_Artigo\\_07.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T19_artg/T19_Artigo_07.pdf). Acesso em: 12 de janeiro de 2015.
- Corrêa, Roberto L. (1989). *O espaço urbano*. Editora Ática, São Paulo (Séries Princípios), 94 p.
- Da Silva, Vanessa A. (2012). *O clima local de Aquidauana* (Monografia Bacharel em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 65 p.
- Duarte, Aluizio C. (1988). *O Centro-Oeste na Organização Regional do Brasil*. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/ IBGE. - Geografia do Brasil, Região Centro-Oeste. Rio de Janeiro, IBGE (vol.1); p.15-20.
- ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES LAS AMÉRICAS/ EIRD/ONU (2004) - *Terminologia*. [para.18]. Disponível em: <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>. Acesso em: 18 de dez. 2014.
- Fernandes, Elvira F. De L.; Anunciação, Vicentina S. da; Silva, Jaime F. da (2015, 07, 27). Vulnerabilidade Socioespacial na Planície de Inundação na cidade de Aquidauana/MS - Brasil. *Territorium*, [online], (n.º 22), p.177- 194. Disponível em: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T22\\_Artg/T22\\_Artg14.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T22_Artg/T22_Artg14.pdf). Acesso em 21 de maio de 2016.

- Fernandes, Elvira F. de L. (2015). *Representação socioespacial no baixo curso do Rio Aquidauana: estratégias educativas para gestão de desastres naturais* (Dissertação Mestrado em Geografia). Aquidauana, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 115p.
- Google. *Imagens Google Earth*. 2014. Anastácio.
- Google. *Imagens Google Earth*. 2014. Aquidauana.
- GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL (2011). Projeto GeoMS: Cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul, João dos Santos Vila da Silva [et al.]. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária.
- GOVERNO FEDERAL (1964-1966). DSG. Diretoria do Serviço Geográfico do Exército. Cartas topográficas. Escala 1:100.000. Aquidauana - Folha SF. 21-10-A-III. - DSG, Rio de Janeiro.
- GOVERNO FEDERAL (2012). Lei nº 12.651 (2012). Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, - DF: Congresso Federal, 28 de mai. 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em 15 de mar. 2015.
- Guidicini, Guido; Nieble, Carlos. (1976). *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. São Paulo, Edgard Blücher.
- Hoffmann, Teresa C. P.; Mendonça, Francisco; Goudard, Gabriela (2014). Eventos climáticos extremos: inundação e gestão de riscos no Paraná. In: Mendonça, Francisco (Org.). - *Riscos Climáticos: Vulnerabilidade e resiliência associados*. Paco Editorial, Jundiá (1.ed.); p.223 - 260.
- Honorato, Ana Flávia A. (2012). *Identificação de ilhas de calor e frescor na cidade de Aquidauana/MS*. (Monografia Bacharel em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 65 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/ IBGE (2010) - Cidades@. Mato Grosso do Sul. Anastácio. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=500070&search=mato-grosso-do-sul|anastacio>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/ IBGE (2010) - Cidades@. Mato Grosso do Sul. Aquidauana. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=500110&search=mato-grosso-do-sul|aquidauana>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/ IBGE (2010a). Sinopse por setores. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>. Acesso em 27 de julho de 2015.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - INMET (2015). Estações e Dados. Estação Aquidauana A - 719. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 10 de março de 2016.
- Lucas, Taíza de P. B.; Augusto, Pollyanna; REIS, Stefany dos; Rocha, Solimar Carnavalli (2015). Impactos Hidrometeorológicos em Belo Horizonte-MG, *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba [Elétrica], (v. 16), p. 7 - 28. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/37051/25982>. Acesso em 30 de maio de 2016.
- Manning, John C. (1997). *Applied Principles of Hydrology. Hydrology*. Prentice Hall, Nova Jersey (EUA) (3ª ed.); 276 p.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES - MCT / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE/CPTEC (2011). Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Brasil, Climanálise [online] (v. 26), nº 03. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/-rclimanl/boletim/pdf/pdf11/mar11.pdf>. Acesso em: 30 de março de 2015.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES/CITIES ALLIANCE (2006). Mapeamento de Riscos nos Municípios. In: Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão (Org.). - *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais*. Ministério das Cidades; Cities Alliance, Brasília; p.46 -55.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT (2007). Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios / Carvalho, Celso Santos; Macedo, Eduardo Soares de; Ogura, Agostinho Tadashi (Org.). - Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Disponível em: [http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro\\_Mapeamento\\_Enconstas\\_Margens.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf). Acesso em 12 de janeiro de 2015.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (2011). Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos básicos. [publicação interna]. Disponível em: <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.16.18.05/doc/publicacao.pdf>. Acesso em 16 de março de 2016.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (1997) - Mapa de Áreas Inundáveis - Aquidauana. In: Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP-IPH/UFMS). Programa Nacional de Meio Ambiente (PNMA).
- Monteiro, Carlos A. de F. (2015). A Climatologia Geográfica no Brasil e a Proposta de um Novo Paradigma. In: Monteiro, Carlos A. de F. (Org.) - *A Construção da Climatologia Geográfica no Brasil*, Alínea, Campinas; p.61 - 153.
- Moro, Sirnay (2011). Prefeitura de Aquidauana. Inundação 2011.

- Neves, Joana (2007). *Um porto para o Pantanal: a fundação de Aquidauana, civilização e dependência*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, 155p.
- Olcina Cantos, Jorge; Hernández Hernández, M.; Rico Amorós, A.M.; MARTÍNEZ Ibarra, Emilio/ Natural Hazards and Earth System Sciences (2010). Increased risk of flooding on the coast of Alicante (Region of Valencia, Spain), [on line]. Disponível em: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/2229/2010/>. Acesso em 15 de junho de 2015.
- PLANO DIRETOR (2006) - Lei Complementar nº 017/2006, Prefeitura Municipal de Anastácio. Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul. Anastácio. 62 p.
- PLANO DIRETOR (2008) - Lei Complementar nº 009/2008, Prefeitura Municipal de Aquidauana. Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul. Aquidauana. 62 p.
- PREFEITURA DE AQUIDAUANA (2015). Lei Ordinária n.º 2.390/2015. Dispõe sobre o Abairramento do Distrito-Sede do Município de Aquidauana, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.aquidauana.ms.gov.br/DOEM/DOEM\\_AQUIDAUANA-250-20150310.pdf](http://www.aquidauana.ms.gov.br/DOEM/DOEM_AQUIDAUANA-250-20150310.pdf). Acesso em 07 de set.de 2015.
- Rezende, Valdenir (2016). Correio do Estado. Disponível em: <http://www.correiodoestado.com.br/cidades/chuva-continua-causando-estragos-e-sobe-numero-de-cidades-em/268040/>. Acesso em 25 de março de 2016.
- Sant'Anna Neto, J. Lima (1989) - Algumas considerações sobre a dinâmica climática da porção sudeste do Pantanal Sul-mato-grossense. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, (n.º 67), p.75-88.
- Santos, Flávio C. dos (2014). *Estudo da temperatura do ar nas cidades de Aquidauana e Anastácio-MS* (Dissertação de Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 157 p.
- Silva, Jaime F. da; Joia, Paulo R. (2001) Territorialização e Impacto Ambiental: Um estudo da Zona Ribeirinha de Aquidauana-MS. *Revista Pantaneira*, Aquidauana, v.3, nº 1, p.17-30.
- Silva, Jaime Ferreira da (2009). Territorialização e Impacto Ambiental Anastácio - MS. *Revista Pantaneira*, Aquidauana, volume 11, nº 1, p.13-27.
- Souza, Marcelo Lopes de (2010). *ABC do desenvolvimento urbano*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil (5ª edição), 192 p.
- Souza, Marcelo Lopes de (2010a). *Mudar a cidade: Uma Introdução Crítica ao Planejamento e a gestão Urbanos*. Rio de Janeiro. Editora Bertrand Brasil (5ª edição), 556 p.
- Tucci, Carlos E. M. (2003). *Inundações e Drenagem Urbana*. In: Tucci, Carlos E. M. e Bertoni, J. Carlos (Org.) - Inundações urbanas na América do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre; p.45-129.
- Valeriano, M. M. (2008). *TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfológicos locais*. São Jose dos Campos: INPE, 44p.
- White, Gilbert F. (1974). *Natural Hazards: Local, Nacional, Global*. New York, Oxford University Press USA, 288 p.
- Zamparoni, Cleuza A. G. Pereira; Nunes, Lucí H. (2012) - Desastres naturais de origem atmosférica e seus impactos em Moçambique. In: Guimarães, Solange T.; Carpi JR., Salvador; Godoy, Manoel B.R.B.; Tavares, Antônio C. (Org.). - *Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais*. IGCE/UNESP/RIO CLARO/Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio Claro (vol. 1); p.375 - 404.
- Zavattini, João. A. /Editora UNESP (2009). *As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática* [online]. Disponível em: <http://static.scielo.org/scielobooks/qx8r5/pdf/zavattini-9788579830020.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2016.



RISCOS



UTILIZAÇÃO CONJUNTA DE FERRAMENTAS NEURONAIS E SIG NA AVALIAÇÃO DA INUNDAÇÃO DO PORTO E BAÍA DA PRAIA DA VITÓRIA\*

COUPLING OF NEURONAL NETWORK AND GIS TOOLS TO EVALUATE THE FLOODING IN THE HARBOUR AND BAY OF PRAIA DA VITÓRIA

39

P. Poseiro

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC (Portugal)  
[pposeiro@lneec.pt](mailto:pposeiro@lneec.pt)

C. J. E. M. Fortes

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC (Portugal)  
[jfortes@lneec.pt](mailto:jfortes@lneec.pt)

M. T. Reis

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC (Portugal)  
[treis@lneec.pt](mailto:treis@lneec.pt)

R. Reis

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC (Portugal)  
[rreis@lneec.pt](mailto:rreis@lneec.pt)

RESUMO

O HIDRALERTA é um sistema de previsão, alerta e avaliação do risco de galgamentos/inundação em zonas costeiras e portuárias, partindo da utilização de medições/previsões da agitação marítima para calcular o galgamento/inundação nessas zonas. O cálculo dos caudais médios galgados sobre uma estrutura marítima é efetuado através de ferramentas neuronais e/ou fórmulas empíricas, que não permitem definir a distribuição espacial desse caudal atrás da estrutura. Este artigo apresenta a aplicação ao porto/baía da Praia da Vitória, Açores, de um método expedito para modelar essa distribuição espacial, recorrendo a ferramentas SIG. Foi estabelecida uma relação entre a cota de inundação e o volume galgado de água através da utilização de um modelo digital de terreno. Este trabalho representa um primeiro passo na elaboração de um mapa de risco associado ao galgamento costeiro.

**Palavras-chave:** HIDRALERTA, galgamento, inundação, SIG, Praia da Vitória.

ABSTRACT

The HIDRALERTA is a forecast, warning and risk assessment system for overtopping/flooding of coastal and port areas which uses sea-wave measurements/estimates of sea-waves to evaluate overtopping/flooding in those areas. The calculation of the mean overtopping discharge over a maritime structure is made through neural network based tools and/or empirical formulas, which are unable to define the spatial distribution of the flow behind the structure. This paper presents the application to the harbour/bay of Praia da Vitória, Azores, of a fast method that uses a GIS tool to model such spatial distribution. A relationship was established between inundation level and wave overtopping volume, using a digital terrain model. This work represents a first step for developing a risk map associated to wave overtopping.

**Keywords:** HIDRALERTA, wave overtopping, inundation, GIS, Praia da Vitória.

\* O texto deste artigo foi submetido em 09-02-2015, sujeito a revisão por pares a 30-04-2015 e aceite para publicação em 24-07-2015.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25, volume I, 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

No âmbito do projeto HIDRALERTA (C. J. E. M. Fortes *et al.*, 2014), foi desenvolvido um protótipo de um sistema de previsão, alerta e avaliação do risco associado ao galgamento e inundação em zonas costeiras e portuárias, o sistema HIDRALERTA (P. Poseiro *et al.*, 2013a,b; C. J. E. M. Fortes *et al.*, 2013, 2014; A. Sabino *et al.*, 2017). O sistema foi desenvolvido em linguagem de programação *Python* e implementado numa plataforma *WebSIG*. A metodologia do sistema consiste em:

- Definir o regime de agitação marítima incidente nas estruturas costeiras e portuárias recorrendo a dados obtidos *in situ* e/ou a resultados de modelos numéricos de propagação de ondas;
- Calcular a resposta da estrutura em termos de caudal médio galgado por unidade de comprimento do coroamento da estrutura, com a utilização da ferramenta neuronal NN\_OVERTOPPING2 (E.M. Coeveld *et al.*, 2005) e/ou recorrendo a fórmulas empíricas (C. J. E. M. Fortes *et al.*, 2014);
- Calcular o grau de risco associado à ocorrência de galgamentos acima de um determinado caudal médio pré-definido para cada estrutura, em função do tipo de estrutura galgada e das atividades e bens por ela protegidos. A avaliação do risco associado a estes fenómenos é efetuada através da definição de limiares para os caudais galgados ou para as cotas de inundação admissíveis, e pelo produto do grau da probabilidade de ocorrência de valores desses caudais pelo grau das consequências desses acontecimentos.

A aplicação desta metodologia foi já efetuada a vários portos portugueses, como é exemplo o porto de Sines (D. R. C. B. Neves *et al.*, 2009) e os portos da Praia da Vitória (P. Poseiro *et al.*, 2013a) e de Ponta Delgada (D. Pereira *et al.*, 2014), os dois últimos localizados nos Açores. Nos diferentes casos de estudo, utilizou-se a ferramenta neuronal NN\_OVERTOPPING2 (E. M. Coeveld *et al.*, 2005) para a determinação do caudal médio. No entanto esta não fornece indicação sobre a distribuição espacial desse caudal atrás da estrutura e que é essencial para identificar as áreas com maior exposição/vulnerabilidade.

Desta forma, o presente trabalho é uma extensão de trabalhos anteriores, e apresenta uma metodologia para modelar o galgamento e a inundação na sua distribuição espacial recorrendo a ferramentas SIG.

Para este efeito, pretende-se converter os caudais obtidos pela NN\_OVERTOPPING2 em volumes e estabelecer a relação entre esses volumes e a cota de inundação de cada secção, obtida com a utilização de um modelo digital do terreno (MDT) da zona em estudo. Desta forma, será possível obter um mapa com a probabilidade de cada área ser galgada/inundada.

Assim, após esta introdução, segue-se a descrição da metodologia de cálculo da inundação, com a aplicação ao caso de estudo e, mais concretamente, a uma das estruturas da defesa frontal aderente da baía da Praia da Vitória, localizada entre o 1º esporão e o 2º. Nesta aplicação, foi determinada a agitação marítima e o galgamento da estrutura para um período de 5 anos (2008 a 2012). Seguidamente, foi determinada a área inundável com recurso à metodologia apresentada.

## Metodologia de cálculo da inundação

O método exposto aqui apresentado para obter as cotas de inundação em cada secção, consiste em:

- Determinar o volume galgado por metro de estrutura marítima a partir dos caudais médios fornecidos pela rede neuronal. Sabendo a periodicidade dos dados de agitação marítima utilizados, é possível aproximar o caudal ao volume obtido para esse período, tal que  $m^3/s/m$  passe a ser  $m^3/m$ ;
- Estabelecer uma relação entre o volume obtido numa secção (com um metro de largura) de acordo com o modelo digital de terreno do local e diferentes cotas de inundação (ajustar uma função);
- Relacionar os volumes obtidos com a função ajustada, com vista a obter as cotas de inundação para a secção estudada durante o período em análise (2008 a 2012).

## Cálculo da inundação no porto e baía da Praia da Vitória

### Zona de estudo - Porto e baía da Praia da Vitória

O porto e a baía da Praia da Vitória (fig. 1) localizam-se na costa Este da Ilha Terceira, uma das nove ilhas do arquipélago dos Açores, Portugal.

O porto é protegido por dois quebra-mares (sul e norte). O quebra-mar sul, com cerca de 1300 m de comprimento e um traçado curvo, encontra-se enraizado no lado sul da baía, para abrigar o Cais 12 e as instalações portuárias dos setores comercial e das pescas do porto da Praia da Vitória (Estruturas portuárias 1). O quebra-mar norte tem cerca de 560 m e dá abrigo às instalações portuárias de apoio à Base Aérea das Lajes (Estruturas portuárias 2). A linha de costa da baía caracteriza-se pela existência de uma defesa frontal aderente com cerca de 1 km de comprimento e de um campo de cinco esporões na zona central que enraizam na defesa frontal. Existem algumas praias ao longo da baía, onde se destaca a Praia Grande, no lado norte. Junto a esta praia encontra-se uma marina com cerca de 210 postos de amarração, cais de receção e infraestruturas de apoio.

Em trabalhos anteriores, foi efetuada uma avaliação do risco para várias estruturas do porto e baía e para um período de tempo de 5 anos (P. Poseiro *et al.*, 2013a; R.

Reis *et al.*, 2014). Neste caso, o estudo centrar-se-á na secção D, entre os esporões 1 e 2 (fig. 2). A fig. 3 mostra o perfil tipo desta zona.

Nas secções seguintes, é apresentado o método expedito integrado no sistema HIDRALERTA para determinar a zona inundada, desde a caracterização da agitação



Fig. 2 - Porto da Praia da Vitória: Zona entre os esporões 1 e 2 (onde se localiza a secção D) (Fonte: Google Earth).  
 Fig. 2 - Praia da Vitória harbour: Area between groins 1 and 2 (where section D is located) (Source: Google Earth).



Fig. 1 - Porto da Praia da Vitória: Visão geral.  
 Fig. 1 - Praia da Vitória harbour: general view.

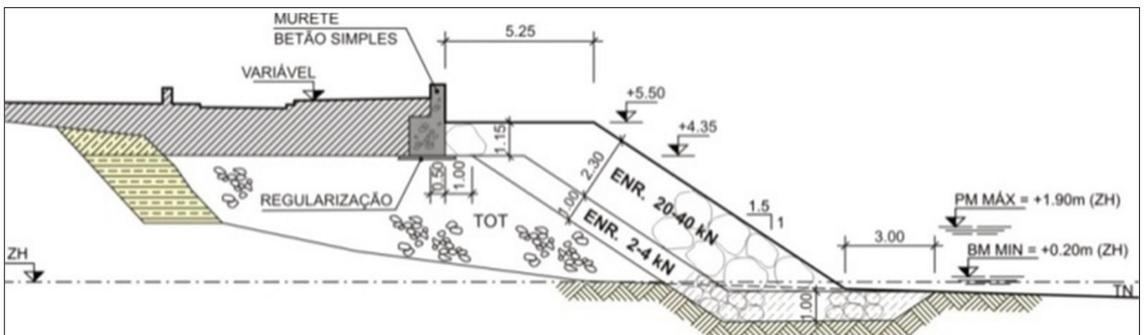


Fig. 3 - Perfil tipo da defesa frontal aderente na secção D (CONSULMAR/Eng. Morim de Oliveira, 2005).  
 Fig. 3 - Typical cross-section of the coastal protection structure in section D (CONSULMAR/Eng. Morim de Oliveira, 2005).

marítima junto à estrutura estudada (secção D), passando pelo cálculo dos galgamentos com a ferramenta NN\_OVERTOPPING2 e, por fim, a determinação do volume galgado e da zona inundável.

### Caracterização da agitação marítima

O regime de agitação marítima no interior de um porto pode ser obtido com base em dados de agitação marítima medidos *in situ* e/ou com recurso a modelos numéricos de propagação de ondas. Como a primeira hipótese não é frequente, é usual a utilização de modelos numéricos que efetuam a transferência do regime de agitação marítima do largo para o interior do porto.

A utilização de um ou mais modelos numéricos de propagação de ondas depende das características da região em estudo (por exemplo, a dimensão do respetivo domínio de cálculo) e dos fenómenos físicos envolvidos na propagação das ondas.

No presente caso, utilizaram-se os resultados das previsões da agitação marítima ao largo da zona considerada para o período correspondente aos anos de 2008 a 2012, obtidos com o modelo WAVEWATCH III (H. L. Tolman, 1999). Esses resultados foram transferidos para o interior do porto e da baía com recurso a dois modelos de propagação e deformação da agitação marítima: o modelo SWAN (N. Booij, 1999) e o modelo DREAMS (C. J. E. M. Fortes, 1993).

É de salientar que para os anos 2008, 2011 e 2012 as características de agitação marítima ao largo foram obtidas através da base de dados do USGODAE Data Catalog da U.S. Navy, que contém os resultados do WAVEWATCH III em termos de altura significativa,  $H_s$ , período de pico,  $T_p$ , e Direção média associada ao período de pico,  $Dir_{Tp}$ , a cada 6 horas e também os resultados do modelo NAVGEM/NOGAPS em termos de campos de ventos regionais, nas componentes U e V, com a mesma periodicidade. Para os anos de 2009 e 2010, as características da agitação marítima ao largo foram obtidas pela aplicação do modelo WAVEWATCH III à região dos Açores (A. Simões *et al.*, 2009), uti-

lizando os dados de vento do modelo MM5 (H. L. Tolman, 1999), com um espaçamento temporal de 6 horas. Para aplicação dos modelos SWAN e DREAMS, consideraram-se os valores do nível de maré astronómica obtidos com o modelo da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (DEGGE/FCUL, C. Antunes e R. Tabor, 2009, [http://webpages.fc.ul.pt/~cmantunes/hidrografia/hidro\\_mares.html](http://webpages.fc.ul.pt/~cmantunes/hidrografia/hidro_mares.html)). A sobrelevação meteorológica, por ausência de dados de marégrafo, foi considerada constante e igual a 0.4 m, sendo este valor representativo de um valor extremo.

Na fig. 4 apresentam-se as séries temporais das alturas de onda significativas da agitação marítima previstas no ponto D (defesa frontal), no pé do talude da estrutura, à cota batimétrica - 2.45 m (ZH).

### Cálculo dos galgamentos

No presente trabalho, utilizou-se a ferramenta NN\_OVERTOPPING2 (E. M. Coeveld *et al.*, 2005), baseada em redes neuronais artificiais e desenvolvida no âmbito do projeto europeu CLASH (<http://www.clash.ugent.be/>). Esta ferramenta processa os resultados produzidos por 700 redes neuronais do tipo *multi-layer feed-forward*, que usam no processo de treino o algoritmo matemático de *error-back-propagation* combinado com um algoritmo *quasi-Newton* ou *Levenberg-Marquardt*. Estas redes têm como base uma extensa coletânea de, aproximadamente, 10.500 testes de galgamentos, que resultaram de ensaios em modelo físico reduzido e de medições em protótipo, que constam da base de dados CLASH (J. W. Van der Meer *et al.*, 2009) e que foram distribuídos pelas fases de treino e de teste das redes neuronais através de um procedimento de amostragem *bootstrapping*.

A ferramenta NN\_OVERTOPPING2 fornece o valor médio do caudal médio galgado por unidade de comprimento do coroamento da estrutura,  $q$ , bem como outros valores característicos desta grandeza, obtidos a partir da amostra gerada pelo conjunto de 700 redes neuronais. A ferramenta também estima o caudal médio galgado

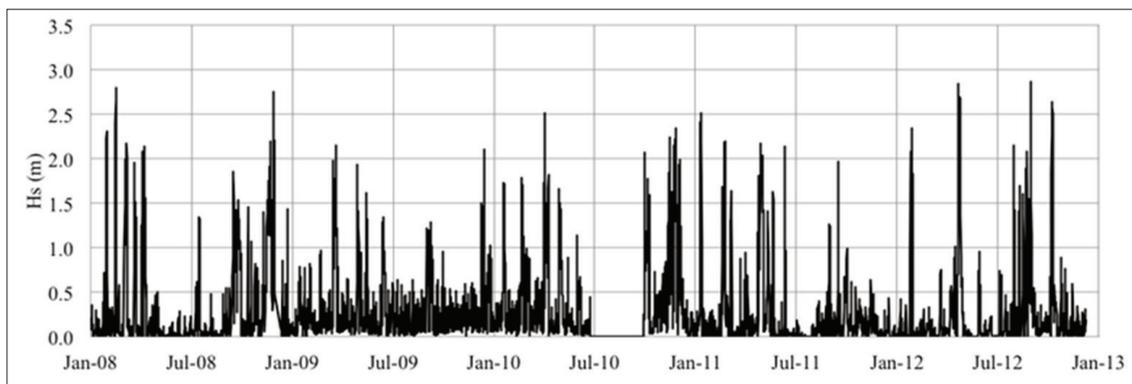


Fig. 4 - Série temporal de alturas de onda significativas em D.

Fig. 4 - Time series of the significant wave height in D.

esperado no protótipo: o valor de  $q$  corrigido para ter em linha de conta alguns efeitos de escala (e.g. devido a escalar o tamanho do material do núcleo da estrutura de acordo com as suas dimensões e não com as velocidades no núcleo) e de modelo (e.g. a não consideração do vento no modelo físico). Todas as redes neuronais utilizam os mesmos 15 parâmetros de entrada que incluem informação sobre a agitação marítima e a geometria da estrutura (fig. 5), o que lhes confere uma flexibilidade maior do que a das fórmulas empíricas.

Para descrever a agitação marítima incidente na estrutura são considerados três parâmetros (fig. 5): a altura de onda significativa espectral na base da estrutura ( $H_{m0}$ ), o período médio de onda espectral na base da estrutura ( $T_{m-1,0}$ ) e a direção de incidência da onda ( $\beta$ ).

Para descrever a forma geométrica da estrutura são considerados 12 parâmetros (fig. 5): a profundidade

da água em frente à estrutura ( $h$ ), a profundidade da água na banquetta do pé do talude da estrutura ( $h_t$ ), a largura da banquetta do pé do talude ( $B_t$ ), a rugosidade/permeabilidade do manto ( $\gamma_f$ ), o declive da estrutura abaixo da berma ( $\cot \alpha_d$ ), o declive da estrutura acima da berma ( $\cot \alpha_u$ ), a largura da berma ( $B$ ), a profundidade da água na berma ( $h_b$ ), o declive da berma ( $\tan \alpha_b$ ), o bordo livre da parte impermeável do coroamento da estrutura ( $R_c$ ), o bordo livre do manto permeável da estrutura ( $A_c$ ) e a largura do coroamento da estrutura ( $G_c$ ).

No cálculo dos galgamentos na secção D da defesa frontal com a ferramenta NN\_OVERTOPPING2, as variáveis relevantes são as referidas na TABELA I, para um nível de água de 1.7 m (Z.H.), correspondente à preia-mar máxima.

Na fig. 6 apresentam-se as séries temporais do caudal médio galgado,  $q$ , obtido com a agitação incidente prevista.

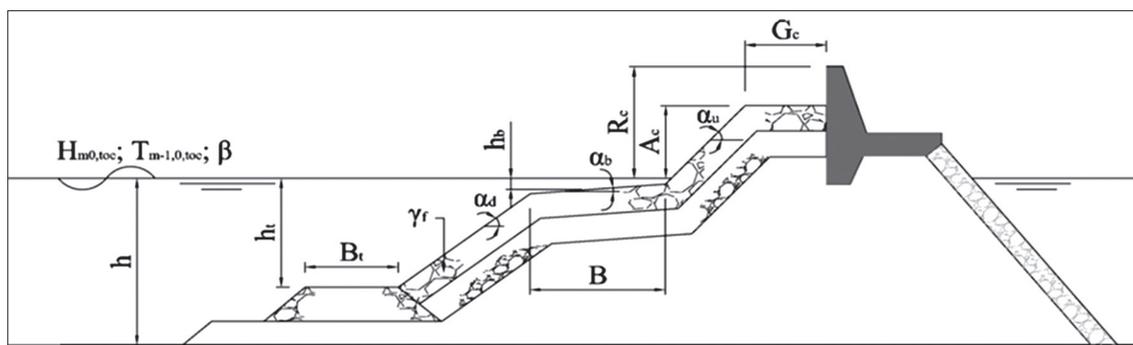


Fig. 5 - Parâmetros de entrada da ferramenta NN\_OVERTOPPING2 (E. M. Coeveld et al., 2005).

Fig. 5 - Input parameters of the NN\_OVERTOPPING2 tool (E. M. Coeveld et al., 2005).

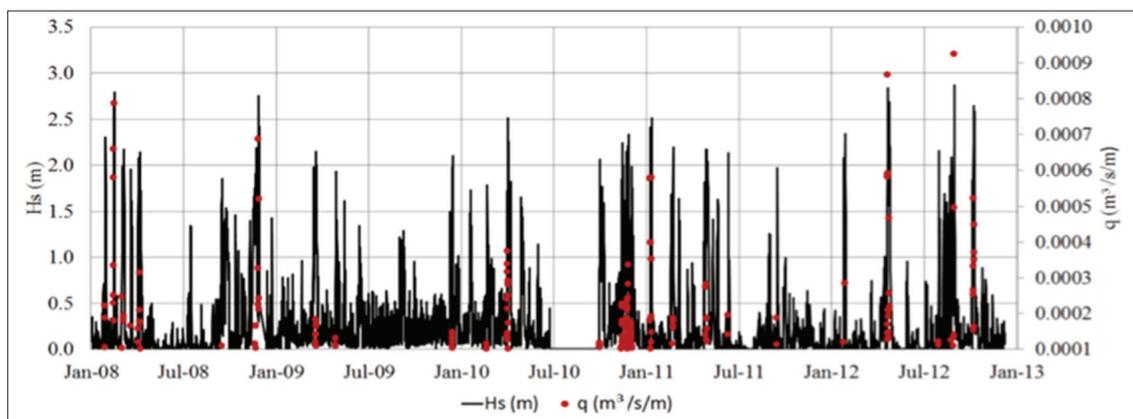


Fig. 6 - Séries temporais da altura significativa de onda,  $H_s$ , e do caudal médio galgado,  $q$ , na secção D.

Fig. 6 - Time series of the significant wave height,  $H_s$ , and mean overtopping discharge,  $q$ , in section D.

TABELA I - Características das estruturas marítimas na secção D para um nível de água de +1.7m (ZH).

TABLE I - Characteristics of the maritime structures in section D for a water level of +1.7m (ZH).

Local	$h_t$ (m)	$B_t$ (m)	$\gamma_f$ (-)	$\cot \alpha_d$ (-)	$\cot \alpha_u$ (-)	$R_c$ (m)	$B$ (m)	$h_b$ (m)	$\tan \alpha_b$ (-)	$A_c$ (m)	$G_c$ (m)	$h$ (m)
Secção D	3.10	0.00	0.50	1.50	1.50	5.25	0.00	0.00	0.00	3.80	5.25	1.70

### Cálculo da área inundável

Para a avaliação da área inundável associada a um dado valor de caudal médio galgado por metro linear de estrutura ( $m^3/s/m$ ), é necessário primeiro converter estas unidades para volumes. Uma vez que a disponibilização dos resultados da agitação marítima é feita de 6 em 6 horas, fez-se o produto entre os resultados da rede neuronal e 21600 s (6 h) e desta forma, obtiveram-se os resultados com as seguintes unidades:  $m^3/m$  de estrutura. Com vista a fazer a sua distribuição espacial considerou-se o modelo digital de terreno da zona que será galgada por esse caudal (fig. 7).

Para determinar valores pré-definidos da cota de área inundável, considerou-se uma secção com a largura de 1 m (fig. 8-a) e determinou-se o volume correspondente para diferentes cotas de inundação, com recurso   ferramenta *Surface Volume* do ArcGIS 10.2<sup>TM</sup>. Usufruindo das potencialidades dos SIG, esta ferramenta permite determinar o volume contido entre o modelo digital de terreno e um plano de referência, que neste caso corresponde   cota de inundação. Desta forma, foi

possível estabelecer uma função polinomial de 2<sup>o</sup> grau ajustada aos valores obtidos com um coeficiente de determina o ( $R^2$ ) de 0.9841 (fig. 8-b).

Para os cinco anos de dados (2008 a 2012) obtiveram-se os resultados apresentados na TABELA II.

TABELA II - Resultados do caudal médio galgado, volumes galgados e cotas de inunda o obtidos para a sec o D4 durante 5 anos (2008 a 2012).

TABLE II - Results of mean overtopping discharge, overtopping volumes and inundation levels obtained for section D4 during 5 years (2008 to 2012).

	Min	Max	Média
q ( $m^3/s/m$ )	0.00005	0.00092	0.00016
V ( $m^3/m$ )	1.07	19.95	3.52
CI (m ZH)	5.42	7.61	5.82

Na fig. 9, está representada (a vermelho) a cota máxima de inunda o para a sec o D.

  possível verificar na fig. 9, que os resultados máximos registados colocam em causa n  só as atividades que

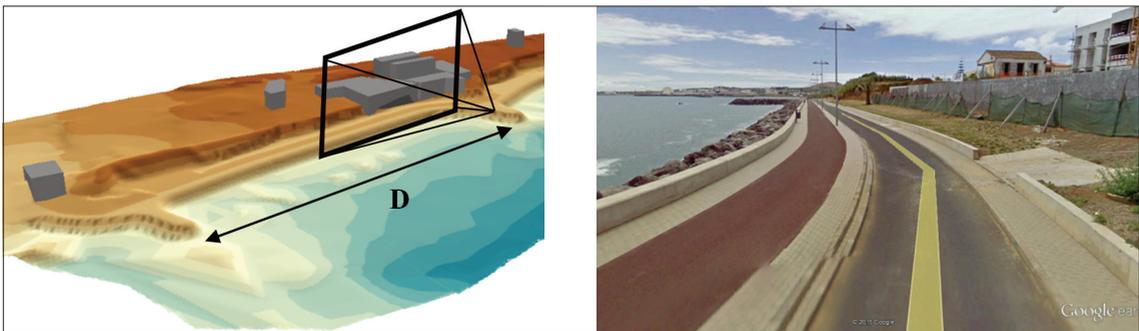


Fig. 7 - Modelo digital do terreno na sec o D da baia da Praia da Vitória e fotografia do local.

Fig. 7 - Digital terrain model in section D of Praia da Vitória bay and local photograph.

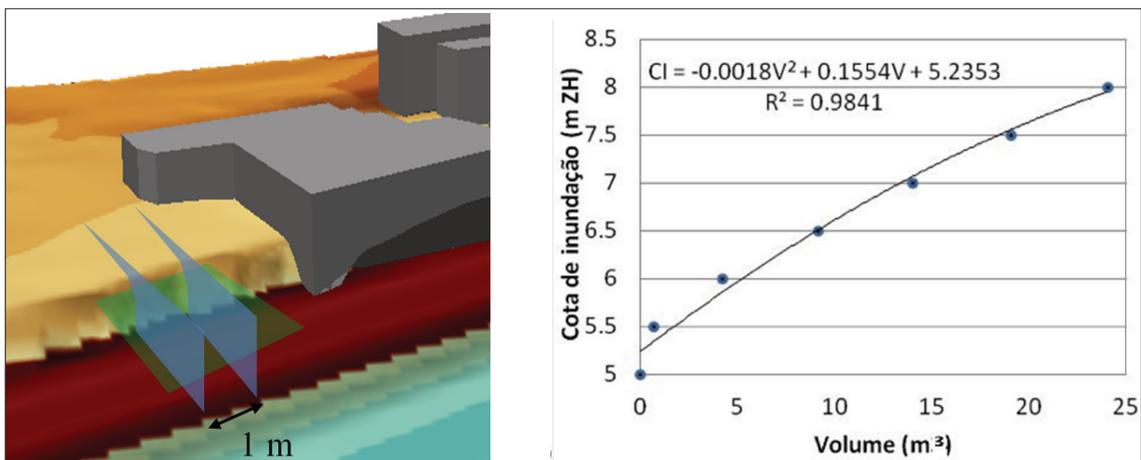


Fig. 8 - Cálculo da área inundável: a) Sec o considerada para medir a rela o entre as cotas de inunda o e os volumes; b) Rela o entre o volume da área inundável ( $m^3$ ) e a cota de inunda o (m ZH).

Fig. 8 - Calculation of the flooded area: a) Section considered to measure the relationship between flood elevations and volumes; b) Relationship between the volume of the flooded area ( $m^3$ ) and the flood elevation (m ZH).

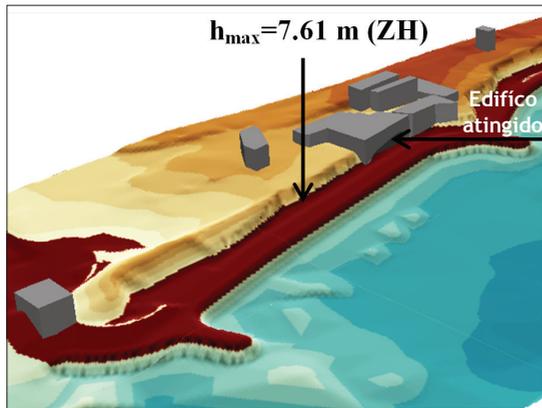


Fig. 9 - Cota máxima de inundação registada para os 5 anos em análise.

Fig. 9 - Maximum flood elevation for the 5 years analysed.

decorram atrás da defesa frontal, que envolvem pessoas (passadeira) e viaturas (estrada), mas também o edifício localizado nas imediações.

### Conclusão

Este artigo descreve uma metodologia incorporada no sistema HIDRALERTA com o intuito de modelar o galgamento e a inundação na sua distribuição espacial atrás da estrutura galgada, recorrendo a ferramentas SIG. Essa metodologia consiste na integração dos resultados da ferramenta neuronal NN\_OVERTOPPING2 com uma função que relaciona a cota de inundação com o volume galgado, obtida através do modelo digital do terreno da zona de estudo e com o auxílio de ferramentas SIG.

A aplicação à Praia da Vitória e, mais especificamente, à estrutura aderente entre os esporões 1 e 2 (secção D) mostrou que a metodologia é viável e é uma forma expedita de cálculo da área inundável. A sua adaptação às outras oito secções anteriormente analisadas noutros trabalhos é simples e eficiente, e tal constituirá trabalho futuro. Para melhorar a performance e garantir a credibilidade desta metodologia será também importante incorporar resultados de galgamentos com maior frequência, de 1 em 1 hora, e proceder à calibração/validação das áreas inundáveis assim definidas com recurso a sistemas de videovigilância, imagens de satélite, entre outros.

Como limitação desta metodologia ressalve-se o facto de se tratar de uma metodologia aplicada por secção linear da estrutura, admitindo, assim, a constância das condições para toda a secção D. Só a implementação de um modelo numérico de águas pouco profundas, do tipo TELEMAC (J. C. Galland *et al.*, 1991), que simule a inundação, permitirá a definição mais credível das áreas inundáveis.

Futuramente, será possível obter o mapa de risco, uma vez conhecidas as áreas inundáveis a partir

da metodologia aqui apresentada, e um mapa de consequências. Este último já foi desenvolvido através da aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) em SIG aos indicadores espaciais (elementos físicos e atividades) que caracterizam o local, com vista à atribuição de diferentes pesos (P. Poseiro *et al.*, 2013b).

### Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento da FCT através dos projetos HIDRALERTA - PTDC/AAC-AMB/120702/2010 e DITOWEC - PTDC/ECM-HID/1719/2012. Agradece-se às entidades Universidade dos Açores (LAMTEC e Centro de Estudos do Clima, Meteorologia e Mudanças Globais, nomeadamente Dra. Anabela Simões, Prof. Eduardo de Azevedo, Dr. Filipe Reis), aos Portos dos Açores (Eng. Francisco Silva), à Câmara Municipal da Praia da Vitória e às empresas WW e Azorina (Eng. Conceição Rodrigues), pela colaboração e fornecimento de dados necessários à aplicação do sistema.

### Bibliografia

- Antunes, C. e Taborda, R. (2009). Sea level at Cascais Tide Gauge: Data, Analysis and Results. *Journal of Coastal Research*, SI 56 (Proc. 10th International Coastal Symposium), p. 218-222.
- Booij, N., Ris, R. C., Holthuijsen, L. H. (1999). A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. *J. Geographical Research*, C4, 104, p. 7649-7666.
- Coeveld, E. M., Van Gent, M. R. A., Pozueta, B. (2005). *Neural Network Manual NN\_OVERTOPPING2*. CLASH WP8, June.
- CONSULMAR/Eng. Morim de Oliveira (2005). *Remodelação e Ampliação da Marginal da Praia da Vitória*. Projeto de Execução. Praia da Vitória, Terceira, Açores.
- Fortes, C. J. E. M. (1993). *Modelação Matemática da Refração e Difração Combinadas de Ondas Marítimas (Análise pelo Método dos Elementos Finitos)* (Tese de Mestrado). Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Fortes, C. J. E. M., Reis, M. T., Poseiro, P., Capitão, R., Santos, J. A., Pinheiro, L. P., Rodrigues, A., Sabino, A., Rodrigues, M. C., Raposeiro, P., Ferreira, J. C., Silva, C., Simões, A., Azevedo, E. B. (2013). O projeto HIDRALERTA. Sistema de previsão e alerta de inundações em zonas costeiras e portuárias. *Proc. 8ªs Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*, LNEC, Lisboa, 10 e 11 de outubro.
- Fortes, C. J. E. M., Reis, M. T., Poseiro, P., Santos, J. A., Capitão, R., Pinheiro, L., Sabino, A., Rodrigues, A., Ferreira, J. C., Martinho, S., Raposeiro, P., Silva,

- C., Simões, A., Azevedo, E. B., Rodrigues M. C. (2014). Desenvolvimentos recentes do HIDRALERTA. Sistema de previsão e alerta de inundações em zonas costeiras e portuárias. *Proc. 3<sup>as</sup> Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, Instituto Hidrográfico, 24 a 26 de junho. ISSN - 978-989-705-073-2.
- Galland, J. C., Goutal, N., Hervouet, J. M. (1991). TELEMAC: A New Numerical Model for Solving Shallow Water Equations. *Advances in Water Resources AWREDI*, 14 (3), p. 138-148, doi:[10.1016/0309-1708\(91\)90006-A](https://doi.org/10.1016/0309-1708(91)90006-A)
- Neves, D. R. C. B., Zózimo, A. C., Pinheiro, L.V., Fortes, C. J. E .M. (2009). GUIOMAR: new developments and application to Sines harbor. *Proc. 6<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*, Funchal, Madeira, 8 e 9 de outubro de 2009.
- Pereira, D., Lopes, L. G., Reis, M. T., Fortes, C. J. E. M., Poseiro, P. (2014). Avaliação do risco de galgamento de estruturas portuárias: aplicação ao porto de Ponta Delgada. *Proc. 3<sup>as</sup> Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, IH, Lisboa, 24 a 26 de junho de 2014.
- Poseiro, P., Fortes, C. J. E. M., Reis, M. T., Santos, J. A., Simões, A., Rodrigues, C., Azevedo, E. (2013a). A methodology for overtopping risk assessment in port areas: Application to the Port of Praia da Vitória (Azores, Portugal). *Proc. SCACR 2013 - 6th International Conference on Applied Coastal Research*, LNEC, 4 a 7 de junho.
- Poseiro, P., Fortes, C. J. E. M., Santos, J. A., Reis, M. T., Craveiro, J. (2013b). Aplicação do processo de análise hierárquica (AHP) à análise das consequências de ocorrência de galgamentos. O caso da baía da Praia da Vitória. *Proc. 8<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*, LNEC, 10 e 11 de outubro.
- Reis, R., Fortes, C. J. E. M., Reis, M.T., Poseiro, P., Santos, J. A. (2014). Avaliação comparativa de ferramentas neuronais. Aplicação à Praia da Vitória, Terceira, Açores. *Proc. VI SEMENGO - Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica*, Rio Grande, RS-Brasil, 12 a 14 de novembro.
- Simões, A., Tomé, R., Reis, F., Azevedo, E. (2009) - *Avaliação da Qualidade das Previsões de Agitação Marítima no Arquipélago dos Açores*. Projetos CLIMAAT e CLIMAAT II, INTERREG IIIB - Açores, Madeira e Canárias, MAC/2.3/A3 - 03/MAC/2.3/A5.
- Tolman, H. L. (1999). *User Manual and System Documentation of WAVEWATCH-III Version 1.18*. NOA /NWS / NCEP / OMB Technical Note 166, 110 pp., Washington, E.U.A.
- Van der Meer, J. W., Verhaeghe, H., Steendam, G. J. (2009). The new wave overtopping database for coastal structures. *Coastal Engineering*, 56, 2, p. 108-120.



RISCOS



VULNERABILIDADE DAS INFRAESTRUTURAS RODOVIÁRIAS AOS EFEITOS DE NEVÕES NA TRANSIÇÃO DOS DISTRITOS DO PORTO E DE VILA REAL\*

47

ROAD INFRASTRUCTURES' VULNERABILITY TO THE EFFECTS OF SNOWFALL BETWEEN THE DISTRICTS OF OPORTO AND VILA REAL

Emanuel Sardo Fidalgo

Instituto de Investigação Interdisciplinar, Universidade de Coimbra  
[emanuel.s.fidalgo@gmail.com](mailto:emanuel.s.fidalgo@gmail.com)

RESUMO

Os episódios de neve que ocorrem no alinhamento montanhoso Marão - Alvão condicionam frequentemente o tráfego rodoviário nas ligações entre os distritos do Porto e Vila Real. A frequência deste fenómeno no inverno realça a vulnerabilidade das vias a cotas mais elevadas, nomeadamente o IP4 e as N15 e N101, com impactes diretos na mobilidade de pessoas e mercadorias e conseqüentemente, na economia regional, nomeadamente dos distritos do Porto e de Vila Real, sem que exista um plano de contingência integrado com vias alternativas que assegurem as ligações rodoviárias.

A partir da identificação dos constrangimentos provocados pela neve pretende-se quantificar o impacto direto na circulação rodoviária e perspectivar o fenómeno nas dimensões de recorrência e severidade permitindo a produção de possíveis soluções. Estas passam essencialmente por medidas de índole estrutural ao nível da prevenção como a interligação dos diferentes planos de emergência (distrital; municipal; especial), o que nem sempre se observa e que se verifica como um constrangimento nas operações de salvamento/desimpedimento das vias, mas também a identificação de vias alternativas a cotas inferiores menos susceptíveis à precipitação de neve.

**Palavras-chave:** Risco, vulnerabilidade, nevões, rodovias.

ABSTRACT

Snowfall episodes in the Marão - Alvão mountain range often affect road traffic between the districts of Oporto and Vila Real. The frequency of this phenomenon in the winter highlights the vulnerability of roads to higher elevations, namely the IP4 and the N15 and N101, with direct impact on the mobility of people and goods and hence the regional economy of the district of Oporto and Vila Real, without an integrated contingency plan of alternative routes to ensure road links.

From the identification of the constraints caused by the snow it is intended to quantify the direct impact on road circulation and to view the phenomenon in terms of recurrence and severity allowing possible solutions to be presented. These are essentially measures of a structural nature in terms of prevention, such as the interconnection of the different contingency plans (district, municipal, special), which is not always observed and is seen as a constraint in rescue / road reopening operations, and also the identification of alternative routes to lower levels less prone to snowfall.

**Keywords:** Risk, vulnerability, snowfall, roads.

\* O texto deste artigo foi submetido em 20-06-2016, sujeito a revisão por pares a 22-06-2016 e aceite para publicação em 15-12-2016.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25 (I) 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

Na transição do Entre Douro e Minho e Trás-os-Montes, o alinhamento montanhoso das Serras do Marão - Alvão que se estende para norte até ao planalto do Barroso constitui-se como uma barreira natural que determina os elevados quantitativos de precipitação anual aqui observados contrastando com aqueles registados para nascente, já em Trás-os-Montes. Deste modo, aliando o fator altitude e respetivo gradiente térmico vertical com os quantitativos pluviométricos ocorridos durante o inverno e a passagem de superfícies frontais frias de oeste para este, facilmente se observam condições favoráveis à ocorrência de nevões durante o inverno.

É precisamente por esta região de transição que atravessam as principais vias rodoviárias que ligam o litoral e interior Norte, nas quotas mais elevadas, nomeadamente as ligações entre os distritos do Porto e de Vila Real, de que são exemplos as Estradas Nacionais 15 e 101 e o Itinerário Principal 4. Assim, e sempre que a precipitação de neve é quantitativamente relevante e se prolonga no tempo por mais do que algumas horas, estas vias nos seus pontos mais elevados ficam intransitáveis, sem que antes dezenas de viaturas e centenas de pessoas fiquem bloqueadas nas estradas. Atualmente, com a construção da extensão da Autoestrada 4 pretende-se que esta via se constitua como alternativa e que não sofra os impactos dos nevões, atravessando o Marão através de um túnel rodoviário.

No presente trabalho recorreu-se à análise de planos de emergência de proteção civil de diferentes escalas territoriais, nomeadamente distritais e municipais, com o intuito de verificar a abordagem produzida pelos organismos de proteção civil relativamente à perigosidade associada aos nevões. Deste modo, pretende-se analisar a possível vulnerabilidade rodoviária neste território e as consequências para o tráfego com implicações diretas na mobilidade de pessoas e mercadorias nesta região.

Para a concretização da presente análise foi elaborada cartografia de suscetibilidade/perigosidade de queda de neve, que serviu de base à cartografia de vulnerabilidade das vias com o intuito de verificar o potencial disruptivo dos nevões. Atualmente, não existe uma estimativa do impacto direto nestas vias quando sofrem condicionamentos e/ou quando são encerradas, nem tão pouco um plano operacional integrado com vias alternativas que assegurem as ligações rodoviárias a cotas inferiores, e por conseguinte menos suscetíveis de sofrerem os efeitos diretos da neve. Assim, pretende-se com o presente trabalho discorrer sobre a suscetibilidade e severidade dos episódios de queda de neve neste território e elencar possíveis medidas mitigadoras dos nevões na rede viária regional.

## Do Risco à Vulnerabilidade

Se a elaboração de um corpo conceptual é necessária e estruturante em qualquer ciência, ainda se torna mais premente nos domínios das ciências do risco, por quanto há uma variedade lata de disciplinas que estudam e desenvolvem trabalhos neste âmbito, desde a sociologia, a antropologia, a geografia e engenharias, assumindo por isso um carácter multidisciplinar.

Assim, o conceito de risco, intrínseco às sociedades contemporâneas, é consensualmente definido e surge associado à probabilidade de um determinado território ser atingido por um fenómeno perigoso, com potencial de produzir danos sobre determinados bens a preservar, quer sejam a vida humana, o meio ambiente ou bens económicos, e que a população que aí vive valorizará essa perda. O risco pode medir-se em termos quantitativos, tal como valores económicos perdidos, número de vítimas ou desalojados, ou em termos qualitativos, podendo ser hierarquizado, como reduzido ou elevado, aceitável ou não aceitável.

Podemos conceptualizar o risco como a função do *hazard*, um processo potencialmente perigoso, a probabilidade de ocorrência de um processo natural, tecnológico ou misto potencialmente destruidor num determinado lugar e momento, e da vulnerabilidade, ou seja, a presença do Homem e das suas atividades face à dinâmica do meio. Por conseguinte, podemos encontrar *hazard* com um duplo sentido: ora como fenómeno, ação ou processo perigoso, ora como a probabilidade de ocorrência de fenómeno perigoso.

De acordo com Rebelo (2003), toda a “teoria do risco” se organiza em torno da sequência de três conceitos - primeiro, o de risco, propriamente dito, depois, o de perigo e, a culminar, o de crise. Na Lei nº 113/91 de 29 de Agosto, risco é definido como um sistema complexo de processos cuja modificação de funcionamento é suscetível de causar prejuízos, diretos ou indiretos (perda de recursos), a uma dada população, isto é, o grau de perda previsto para um determinado fenómeno, tendo em conta a função de perigosidade, exposição e vulnerabilidade. Desta forma, risco é igual a perigosidade a multiplicar pela vulnerabilidade, sendo no entanto uma função de difícil aplicação.

No Glossário de Terminologia de Risco da *Society for Risk Analysis* risco é definido como “o potencial para a realização de consequências indesejadas e adversas para a vida humana, a saúde ou o ambiente [...]” e acrescenta que “[...] a estimativa do risco normalmente se baseia no valor esperado da probabilidade condicional de ocorrência do evento, multiplicada pela consequência do evento, dada a ocorrência deste”.

Neste sentido, perigo corresponderá uma situação latente de um determinado fenómeno capaz de causar

danos com gravidade, no local onde se produza. O perigo implica sempre a presença do Homem, exposição ou elementos em risco, para que ele valorize o que se pode considerar dano ou prejuízo, daí a importância da percepção do perigo.

Entende-se por perigosidade uma ameaça potencial ao ser humano, dirigida pela natureza, através de fenómenos que se originam no ambiente (natural ou artificial) ou que por ele são transmitidos. Ou ainda, “*a probabilidade de se produzir, dentro de um determinado período de tempo e numa dada área, um fenómeno potencialmente danoso*” (Nações Unidas, 1984), que resulta de conflitos dos processos (geofísicos e tecnológicos) com as populações.

O evoluir de uma situação de perigo pode desencadear uma crise, uma situação anormal e grave, correspondente à plena manifestação do risco e traduzida pelo franqueamento dos limiares normais, ou seja, pela incapacidade de agir sobre os processos e pela incerteza sobre o desenvolvimento da crise e dos seus impactes. Na Lei de Bases da Proteção Civil Lei nº 27/2007 de 3 de Julho, surge a distinção entre acidente grave e catástrofe numa perspetiva gradativa dos efeitos de um eventual processo perigoso, estando acidente grave associado a efeitos mais circunscritos no espaço, enquanto que na catástrofe os efeitos perdurarão no tempo e com maior impacto no seu âmbito territorial.

Quando a capacidade de recuperação dos efeitos desse processo perigoso é apenas possível com ajuda externa ao território afetado, estamos perante o que se designa de desastre. Ainda associado ao conceito de risco temos a catástrofe, que Ayala-Carcedo e Cantos (2002) remetem para a dicotomia aristotélica de potência e o ato proposto. Risco e catástrofe assemelham-se aos termos possibilidade e realidade, que os mesmos autores referem surgir na bibliografia anglo-saxónica como *natural risk* e *natural hazard*.

No contexto específico dos riscos naturais e, mais concretamente, dos meteorológicos e climáticos, no qual se incluem os nevões, ainda que a memória climática dos homens seja limitada, quer pelo período de retorno associado, por vezes longo, quer pela incerteza da repetição dos fenómenos climáticos extremos anteriormente ocorridos, não podemos deixar de os considerar. Desde logo, pode-se afirmar que o perigo (nevão), processo potencialmente perigoso, tem em determinadas circunstâncias uma espacialidade concreta e consequentemente impactes espectáveis.

Assim, quando as condições meteorológicas se conjugam para a ocorrência de um nevão, não implica necessariamente que este aconteça, embora se observe a suscetibilidade/probabilidade deste se registar, o que se poderá entender por perigosidade. Quanto ao perigo, este decorre da precipitação de cristais de gelo, que em

determinadas condições meteorológicas podem levar à sua acumulação, o que irá produzir consequências em função da sua severidade e valor atribuídos aos elementos expostos, ou seja, a vulnerabilidade. A vulnerabilidade corresponderá ao grau de perda/prejuízos sofridos pelas pessoas, que varia consoante a sua capacidade de resistência e resiliência quando expostas a um processo perigoso. A vulnerabilidade é tanto maior quanto a intensidade ou grau de severidade do fenómeno danoso, resultando assim dos seus efeitos, que se irão traduzir na maior ou menor probabilidade, ou seja, a suscetibilidade.

A noção de vulnerabilidade, que se associa à de risco, tem sido matéria de discussão, ao ponto de muitos autores nem sequer considerarem a noção de risco sem vulnerabilidade. A vulnerabilidade pode ser entendida como o grau de perda ou de estragos provocados num dado elemento em risco ou num conjunto de elementos em risco. O grau de perda tem uma amplitude que se inicia em 0, ou seja, corresponde a uma situação sem estragos e termina em 1, o que equivale à perda total. Varia consoante as características das áreas onde vive a população, incidência espacial, ou seja, um mesmo evento pode provocar diferentes danos em função das características específicas da área em que se manifesta. A vulnerabilidade pode, ainda, ser considerada como um conjunto das características inerentes a um grupo de pessoas, relativas à capacidade para prever, gerir, resistir e voltar à normalidade, após impacte causado por um determinado processo.

De acordo com Cunha (2013: 157) citando Aragão (2011), alguns autores referem mesmo a enorme importância do estudo da vulnerabilidade e, especificamente, da vulnerabilidade social, nas políticas e práticas de proteção civil a nível europeu, argumentando com a previsibilidade (logo prevenibilidade) dos processos perigosos (inundações, movimentos de vertente, ondas de calor) face ao efetivo desconhecimento das características do tecido social em que se fazem sentir os seus efeitos. Menciona também a importância que este tipo de conhecimento pode induzir, através das práticas de proteção civil, nos processos de coesão económica social e territorial da União Europeia.

Nesta perspetiva, o objetivo da gestão dos riscos passa por uma atitude preventiva, com vista à redução das vulnerabilidades, uma vez que os riscos só provocam crises se o Homem falhar na redução das vulnerabilidades. São a ignorância e irresponsabilidade que, menosprezando as vulnerabilidades, provocam as crises. Deste modo, há que considerar o *Critério de Admissibilidade do Risco* que Ayala-Carcedo e Cantos (2002) designam como o critério discriminatório sobre o risco aceitável, com ou sem medidas mitigadoras, e o risco que não é aceitável ou tolerável. No caso concreto do risco/perigo de nevão

poder-se-á considerar igualmente a previsibilidade, uma vez que é possível prever a possibilidade da sua ocorrência, através de previsões meteorológicas.

Tanto a definição genérica como a específica coincidem na conceptualização do risco como probabilidade de ocorrência de um evento indesejado, e na separação entre esse potencial e as suas eventuais consequências, isto é, as perdas e danos causados, que assumem maior gravidade quando atingem os designados Elementos Expostos Estratégicos, Vitais e/ou Sensíveis (EEEVS), como infraestruturas fundamentais da resposta à emergência ou de suporte básico à população, o que sucede com os nevões.

A maior vulnerabilidade observada na área de estudo em consequência de nevões resulta essencialmente na interrupção das atividades, sobretudo as realizadas ao ar livre e nos condicionamentos no tráfego rodoviário, que consequentemente irá ter repercussões nas atividades económicas se este se prolongar no tempo. De referir que após um nevão os seus efeitos poderão perdurar até vários dias. Neste sentido, assumem particular importância a disrupção das vias que em consequência da precipitação de neve ficam intransitáveis, bloqueando centenas de veículos, dificultando a circulação dos meios de socorro e o acesso a escolas, hospitais e demais serviços públicos.

### O Território

No território nacional e mais concretamente em Portugal Continental é nas regiões montanhosas do interior Norte e Centro que se registam com maior frequência episódios de neve. Como refere Novo (2009: 37) a queda de neve em locais acima de 1000 metros é um fenómeno que ocorre frequentemente, durante o inverno, em Portugal. Pelo contrário, é pouco frequente a ocorrência deste fenómeno em locais abaixo dos 600 metros. Deste modo, pode-se afirmar que é nessas regiões que o perigo de nevão está presente. Contudo, a reduzida duração temporal desses episódios e a sua distribuição espacial levam a que apenas uma pequena percentagem da população conviva frequentemente com a neve e a incorpore no seu quotidiano, como a maioria faz com episódios de chuva.

Na região Norte, é na transição do Entre Douro e Minho para Trás-os-Montes que em consequência do relevo acidentado o número de vias rodoviárias se reduz significativamente utilizando maioritariamente os mesmos locais de passagem através de maiores altitudes. Deste modo, a transposição da serra do Marão, entre os distritos do Porto e de Vila Real, faz-se através de pontos mais favoráveis, contudo, ainda bastante expostos a possíveis eventos de neve em virtude da sua altitude e da formação de gelo como consequência da

sua exposição a norte, o que se traduz em temperaturas baixas e constantes ao longo do dia. São exemplos disso mesmo o alto de Espinho, na transição do concelho de Amarante (Porto) para Vila Real (Vila Real), passagem do IP4 e da EN15 e o alto de Quintela por onde passam as EN 108 e 304-3 no concelho de Baião (Porto) na ligação a Mesão Frio (Vila Real).

Compõem a área de transição em estudo os concelhos de Amarante e Baião, no distrito do Porto, e no distrito de Vila Real, os concelhos de Mesão Frio, Peso da Régua, Santa Marta de Penaguião e Vila Real (fig. 1). Em virtude do relevo acidentado, ainda que os concelhos de Peso da Régua e Santa Marta de Penaguião confinem com o distrito do Porto, não possuem estradas com ligação ao distrito vizinho, por essa razão estes concelhos não são considerados nesta análise da vulnerabilidade das rodovias ao efeito de nevões.

Apesar do território compreendido entre a serra do Marão e contrafortes adjacentes e o seu prolongamento para norte através da serra do Alvão ser uma das áreas menos povoadas da região Norte, é por aqui que se processa a totalidade do tráfego rodoviário entre o litoral e interior, nomeadamente entre os distritos do Porto e a sua área metropolitana e de Vila Real com ligação ao Nordeste. Deste modo, este território apesar da sua relativa marginalidade face aos principais centros urbanos assume importância como espaço fluxo, uma vez que as vias alternativas existentes na região a cotas baixas com capacidade de suporte do intenso fluxo de tráfego, ampliam significativamente as distâncias.

Assim, ainda que a população diretamente exposta e potencialmente afetada pelo fenómeno seja reduzida, uma vez que as maiores densidades populacionais se registam a menores altitudes, onde os episódios de neve são raros, o elevado número de pessoas e veículos que diariamente cruzam este território, vai expô-los aos nevões realçando a sua vulnerabilidade, uma vez que a grande maioria dos automobilistas não estão preparados para conduzir com neve nem tem o fenómeno como algo relativamente frequente no inverno.

### Nevões na transição dos distritos do Porto e de Vila Real

#### *Distribuição espacial de queda de neve*

O clima observado no território nacional é o Temperado Mediterrâneo, caracterizado por verões quentes e secos e invernos frescos e húmidos, contudo, esta descrição genérica esconde os paroxismos por vezes observados no inverno, com temperaturas negativas, ocorrência de vagas de frio, formação de gelo e geada e precipitação sob a forma de neve. De acordo com ANPC (2014), a distribuição geográfica da suscetibilidade de nevões está associada às principais serras do Norte e Centro com

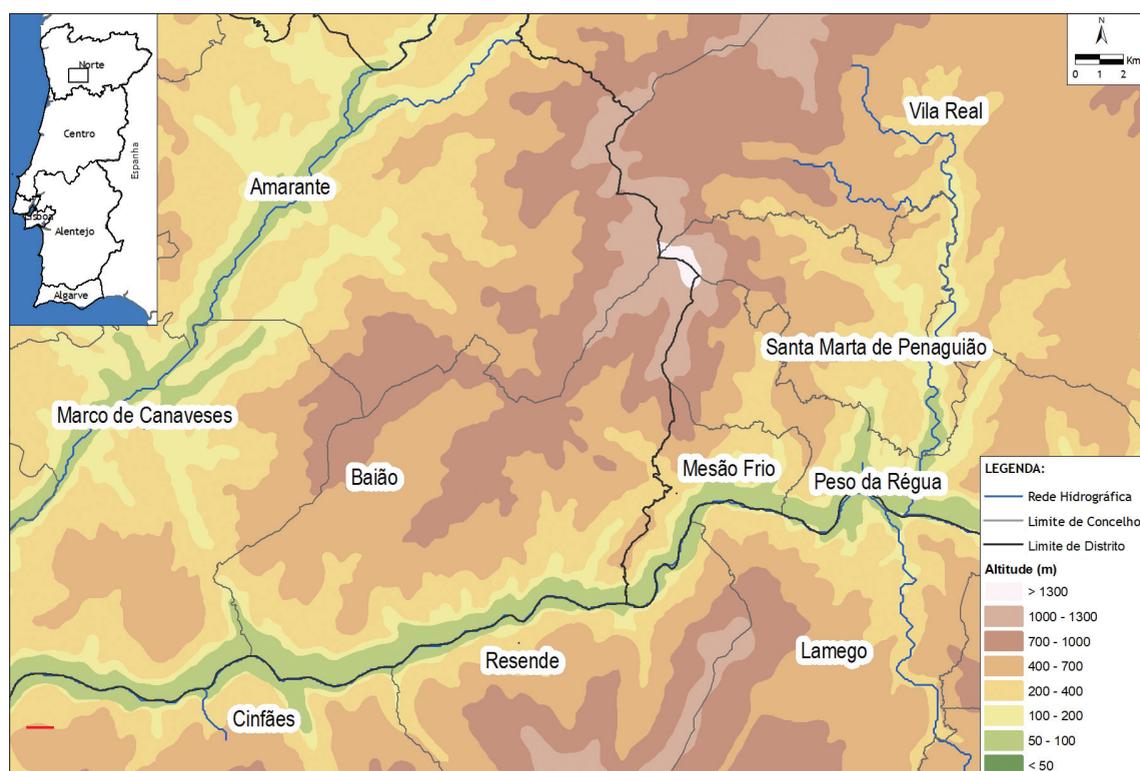


Fig. 1 - Área de estudo (Fonte: Elaboração própria a partir de CAOP 2015, Atlas do Ambiente e IMT, I.P.).

Fig. 1 - Study area (Source: Prepared from CAOP 2015, Atlas do Ambiente e IMT, I.P.).

altitudes geralmente superiores a 1000 metros. Entre elas encontram-se as serras do Marão e Alvão. Apesar deste mesmo documento referir que “*não existe um registo histórico sistematizado com ocorrências suficientes para estimar um período de retorno estatisticamente válido*”, o grau de probabilidade atribuído tendo por base o nível de recorrência potencial de nevões é médio-alto, para um período de retorno entre 5 a 20 anos.

As montanhas que formam a barreira de condensação do noroeste português e que separam o Minho de Trás-os-Montes recebem precipitações elevadíssimas, entre as maiores da Europa: cerca de 3000 mm anuais nos cumes e encostas viradas ao ocidente (Ribeiro, Lautensach e Daveau, 1999: 376). Poder-se-á designar esta área de transição, como uma região-risco, associada à precipitação de neve, dada a frequência deste fenómeno no inverno, sendo que os efeitos dos episódios de neve são tanto mais intensos quanto maior for a duração e magnitude desse mesmo episódio. As terras altas do Norte, como refere Ribeiro, Lautensach e Daveau (1999) individualizam-se pelos seus invernos considerados *frio* ou *muito frio*, que cobrem no total 25 por cento (respetivamente 17 e 8 por cento) do território de Portugal Continental. Aqui, a temperatura mínima média do mês mais frio oscila entre 1°C e 2°C e o número de dias com mínimo inferior a 0°C varia entre 30 a 40 dias. Para o conjunto de estações meteorológicas

que em Portugal Continental registam frequentemente ocorrência de neve, esta ocorre predominantemente com temperaturas do ar a 2 m entre os -2°C e o 2°C para uma humidade relativa superior a 90%, (IPMA, 2011).

Em Portugal Continental, a ocorrência de precipitação de neve está geralmente associada à passagem de superfícies frontais frias que podem resultar em nevões nos locais com maior altitude, instabilidade muito forte em ar frio pós-frontal, ou instabilidade associada a depressões, que poderão dar origem a queda de neve mesmo a cotas relativamente baixas, inferiores a 500 m de altitude. No entanto, como refere Ribeiro, Lautensach e Daveau (1999) as quedas de neve podem ser abundantes, mas a cobertura dos cumes derrete em geral depois de poucos dias, antes de a neve ter atingido a compactação que lhe permitiria resistir eficazmente à fusão, mesmo com temperatura do ar superior a 0°. Portanto, mesmo que no inverno a queda de neve seja comum, já a sua persistência além de alguns dias é pouco provável.

Não obstante, é de salientar que mesmo após a queda de neve as temperaturas diárias poderão manter-se baixas, sobretudo durante a noite e madrugada, o que favorecerá a formação de gelo e a sua conservação por vários dias, sobretudo nas vertentes com exposição tendencial a norte. O gelo pode ser originado pela água

resultante da fusão da neve ocorrida durante o dia com temperaturas mais elevadas ou do congelamento da água da chuva e humidade existente no solo, durante a noite.

Com base em pedrosa (1993), considerando a relação entre a altitude e a precipitação de neve foram representadas os setores da área de estudo mais expostos aos nevões e a rede viária com maior vulnerabilidade aos seus efeitos (fig. 2). Na área de estudo, o ponto onde ocorrem com maior frequência disrupções das rodovias em consequência da queda de neve é no alto de Espinho, nas imediações da Pousada do Marão. Aqui, a 1030 metros de altitude, por vezes a acumulação de neve chega aos 50 cm em quatro horas. Segue-se o Alto de Quintela/Padrões, a 800 m, que apesar de se encontrar a menor altitude, pelo facto de não ser uma área de intervenção prioritária de limpa-neves, depois de apenas algumas horas de queda de neve o tráfego fica condicionado, ou mesmo interdito, reabrindo horas mais tarde, podendo no entanto ir até às 48 horas como sucedeu nos nevões de janeiro de 2009 e de 2010.

Com o intuito de se perceber a frequência e distribuição em altitude da queda de neve na área em estudo

utilizaram-se dados relativos à ocorrência de neve para os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro para as estações meteorológicas (EM) de Vila Real (alt. 481m) [1970 - 1991], (alt 551m) [1992 - 2010] e de Montalegre (alt. 1005m). Uma vez que, a cotas altimétricas inferiores a precipitação de neve assume pouco significado, quer na ocorrência de eventos quer na sua duração, optou-se apenas por duas EM, uma a aproximadamente 550 m e outra sensivelmente a 1000 m de altitude.

A estação de Vila Real, com a sua localização dentro da área de estudo, regista dados de precipitação de neve com representatividade e que permitem caracterizar as áreas com altitudes a partir das quais a queda de neve é significativa, a partir dos 500 metros de altitude. Para a caracterização das áreas com altitudes mais elevadas recorreu-se à estação de Montalegre, que apesar de se encontrar a 50 km a norte da área de estudo, localiza-se no mesmo alinhamento montanhoso das serras do Marão e do Alvão que constituem a barreira orográfica entre os distritos de Porto e Vila Real, sofrendo os mesmos efeitos dos fluxos de ar com origem marítima e/ou continental.

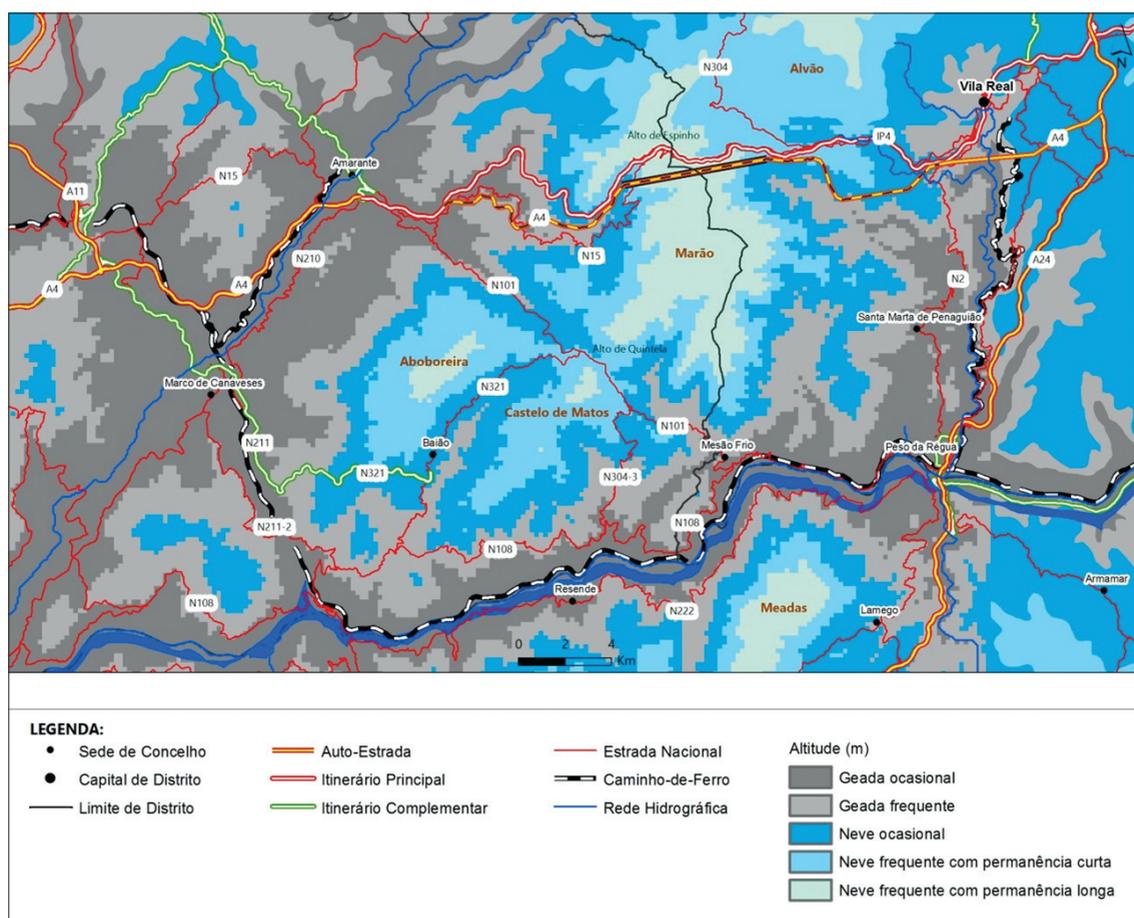


Fig. 2 - Ocorrência de neve no alinhamento montanhoso Marão - Alvão (Fonte: Elaboração própria a partir de CAOP 2015, Atlas do Ambiente e IMT, I.P.).

Fig. 2 - Snow occurrence in the Marão - Alvão mountainous range (Source: Prepared from CAOP 2015, Atlas do Ambiente e IMT, I.P.).

Os dados em análise correspondem ao período compreendido entre 1970 e 2015. Deste período, foram fornecidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) os dados compreendidos entre 1970 e 2010. De 2010 a 2015, uma vez que o IPMA não possui dados para este quinquênio, a recolha de informação realizou-se a partir da pesquisa de notícias relativas à queda de neve com incidência em Montalegre e Vila Real. O resultado obtido poderá apresentar falhas por defeito uma vez que o número de dias pode estar subestimado, não apenas para o quinquênio referido e atendendo à metodologia utilizada, mas para todo o período de 45 anos em análise, pois, o próprio IPMA refere que a observação de neve é uma observação deficitária resultado do registo de neve nas EM clássicas e automáticas ser apenas efetuado quando há observador e na observação remota (satélite) a neve só é detetada quando não há nuvens.

Da análise dos dados relativos ao número de dias com neve para as EM de Montalegre e Vila Real (fig. 3) verifica-se uma tendência negativa nos dias com neve nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Contudo, quando para os mesmos dados se calcula uma linha de tendência polinomial constata-se a partir do início do século XXI uma ligeira tendência positiva. Também a partir dos mesmos dados observa-se para o período de quatro meses, entre novembro e fevereiro uma grande irregularidade na ocorrência de fenómenos de queda de neve, sendo que os dois primeiros meses do ano apresentam maior ocorrência de neve. A sua observação é relativamente frequente a altitudes superiores a 1000 m, ocorrendo em média, dez dias com neve como sucede em Montalegre, e dois dias para o mesmo período em

análise para Vila Real, para altitudes na ordem dos 500 m. A fraca preparação dos automobilistas para a condução com neve associada à baixa frequência do fenómeno poderão estar na origem de situações de tráfego bloqueado em consequência da neve nas vias em análise (fig. 4), sobretudo quando se podem passar vários anos sem que as pessoas experienciem um nevão, sendo gradualmente apagados da sua memória coletiva.

#### Rede viária e fluxos de tráfego

A rede viária na transição dos distritos do Porto e Vila Real é composta por quatro estradas nacionais (N), a N15 (Porto - Bragança); a N101 (Valença - Mesão Frio), a N108 (Porto - Régua) a única que cruza os dois distritos a cotas inferiores a 300 metros e menos suscetível de sofrer os impactes da neve, uma vez que é uma via marginal ao rio Douro, e a N304-3 (Estação CF da Ermida - Santa Marta de Penaguião) com menor destaque, dada a sua importância local, tendo mesmo sido reclassificada em estrada municipal (M) M643 em Mesão Frio. O Itinerário Principal 4 (IP4) faz a transposição do Marão com um traçado praticamente paralelo à N15. De referir também a importância que a N101 assume nas ligações do distrito do Porto ao norte dos distritos de Viseu e da Guarda, com a conexão através da N2, N222 e A24.

Os concelhos que formam o limite administrativo entre os dois distritos são Amarante e Baião, no distrito do Porto, e Mesão Frio, Peso da Régua, Santa Marta de Penaguião e Vila Real, no distrito de Vila Real. Apesar destes seis concelhos formarem os limites administrativos dos dois distritos, em virtude da

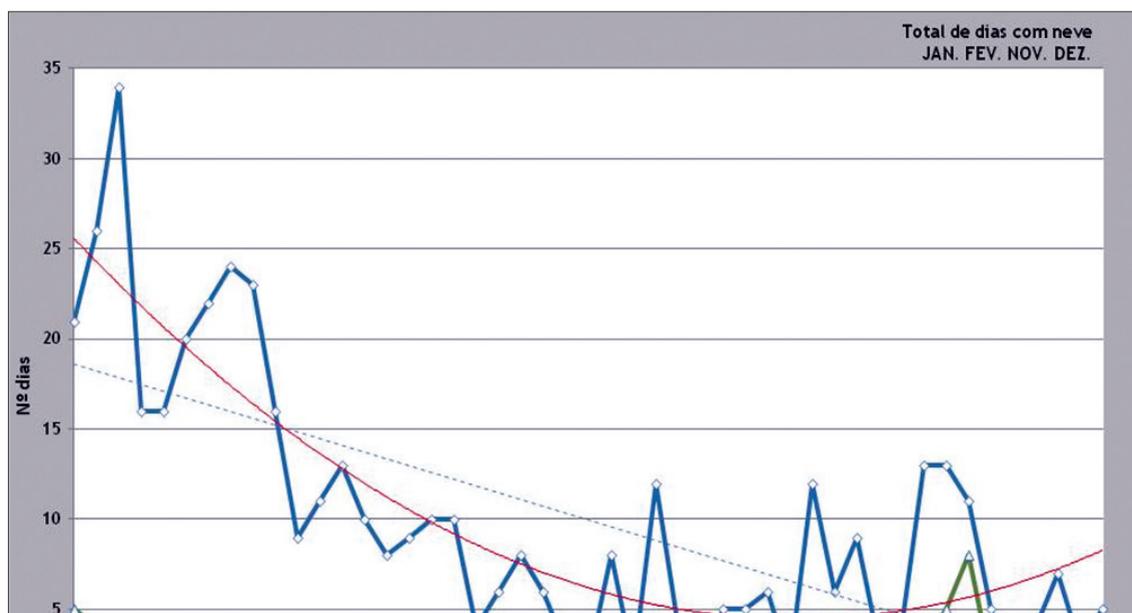


Fig. 3 - Número de dias com neve nas EM de Montalegre e Vila Real (Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IPMA e recolha nos *media*).

Fig. 3 - Number of days with snow on the Montalegre and Vila Real weather station (Source: Prepared from the IPMA data and the *media*).



Fig. 4 - IP4 e N101 com tráfego bloqueado pela neve (Fonte: Mário Marques (IP4) e Emanuel Fidalgo (N101)).

Fig. 4 - IP4 and N101 with snowbound traffic (Source: Mário Marques (IP4) e Emanuel Fidalgo (N101)).

orografia bastante acidentada apenas Vila Real e Mesão Frio têm rodovias com ligação ao distrito do Porto.

Assim, na transição dos distritos do Porto e Vila Real existem apenas três Estradas Nacionais e um Itinerário Principal com importância regional/nacional (fig. 5), o que torna estas vias fundamentais nas ligações entre o Douro/Trás-os-Montes e o Tâmega e Sousa e Área

Metropolitana do Porto sendo que no seu traçado a cotas mais elevadas é onde se registam disrupções mais frequentes no inverno em consequência da neve. As restantes vias não são alcatroadas, nem tão pouco consideradas na rede viária, uma vez que são caminhos rurais/florestais, não se constituindo por isso alternativas viáveis às vias referidas em primeiro lugar.

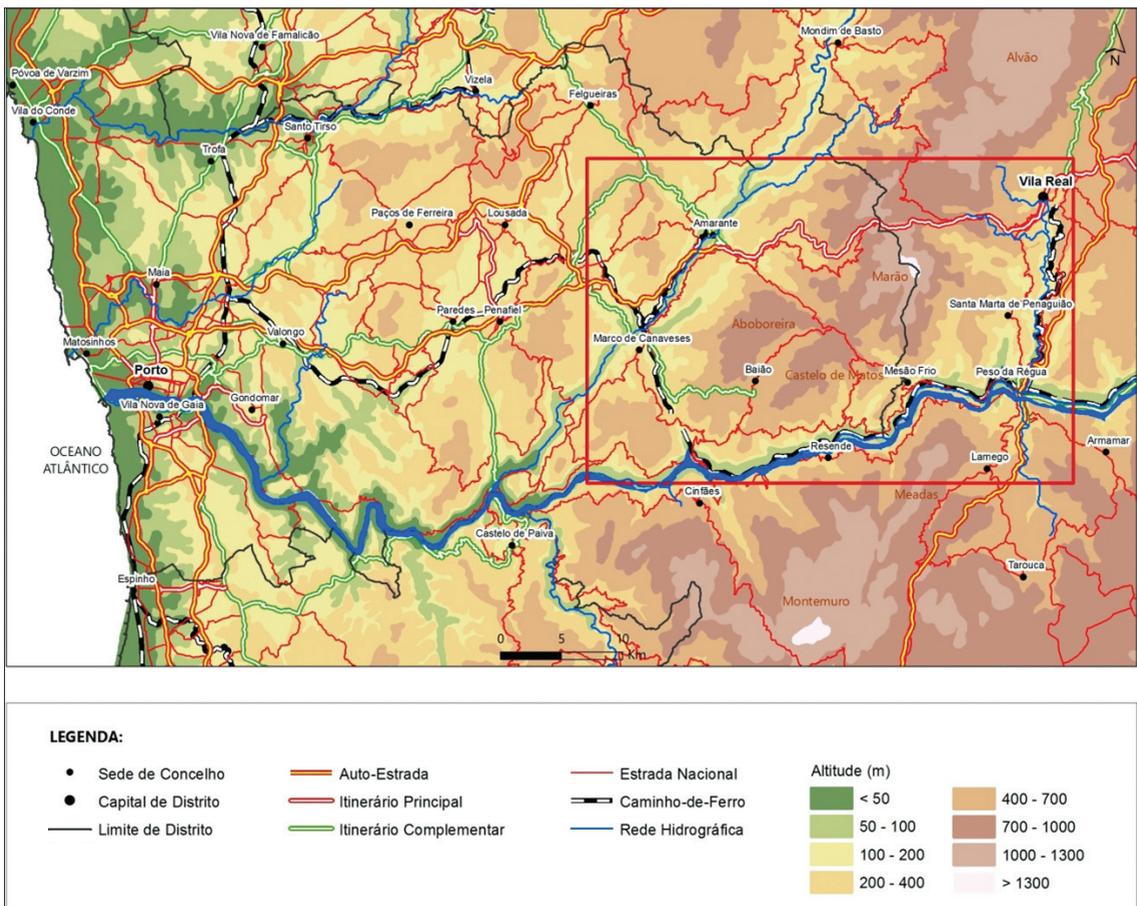


Fig. 5 - Rede viária principal (Fonte: Elaboração própria a partir de CAOP 2015, Atlas do Ambiente e IMT, I.P.).

Fig. 5 - Main road network (Source: Prepared from CAOP 2015, Atlas do Ambiente e IMT, I.P.).

Na passagem pela serra do Marão, no Alto de Espinho, local de atravessamento comum do IP4 e N15 a 1030 m de altitude, na transição entre os concelhos de Amarante e Vila Real, ocorrem os maiores e frequentes nevões, revelando a maior exposição destas vias aos seus efeitos. Por este mesmo local passam diariamente milhares de veículos, uma vez que esta via permite a ligação à fronteira internacional de Quintanilha e ao nordeste transmontano e, por essa razão, tem prioridade nas operações de limpeza de neve por parte dos limpa-neves que para aqui ocorrem sempre que a estrada fica intransitável. Como referido na Avaliação Nacional de Risco (2014), as principais vias rodoviárias (auto-estradas e/ou itinerários principais) em zonas de maior suscetibilidade a nevões, são por isso mais propensas a ficarem intransitáveis devido à neve.

A N15 com início no Porto e que liga o litoral ao interior até Bragança, ao longo de 264 quilómetros no sentido sudoeste-nordeste, é a que apresenta menor vulnerabilidade neste setor em consequência do reduzido volume de tráfego, uma vez que este passou a realizar-se maioritariamente pelo IP4.

Já o IP4, que liga Matosinhos no Grande Porto, à fronteira internacional de Quintanilha, próximo de Bragança, com um traçado próximo da N15 apresenta o maior volume de tráfego na ligação litoral - interior, nesta região. Por essa razão, sempre que ocorrem condicionamentos do tráfego rodoviário em consequência dos nevões, é no Alto de Espinho, ponto crítico, que ocorrem as situações de maior gravidade, em número de viaturas e de pessoas bloqueadas.

A N101 tem o seu início em Valença, no distrito de Viana do Castelo, percorre o interior do Entre Douro e Minho no sentido norte-sul e termina em Mesão Frio, distrito de Vila Real ao quilómetro 162. É já na parte terminal desta estrada na passagem pelo Alto de Quintela/Padrões,

portela que separa as serras do Marão e de Castelo de Matos, a aproximadamente 800m de altitude, que no inverno se regista a sua disrupção em consequência de neve e/ou gelo, embora com menos frequência do que as outras vias já mencionadas.

A N108, com um traçado marginal ao rio Douro e que liga as cidades do Porto e Peso da Régua mantem-se ao longo do seu traçado a cotas que não ultrapassam os 300 metros de altitude, sendo por essa razão uma via alternativa a todas as outras. As N101 e N108 ligam o distrito do Porto e Vila Real nos seus setores sudeste e sudoeste, respetivamente. Futuramente, a Autoestrada 4 (A4) e a sua ligação ao túnel do Marão, que tem prevista a sua conclusão durante o ano de 2016, será uma alternativa ao IP4, contudo é uma via portajada, pelo que uma vez mais, a N108 poderá ser a alternativa ao tráfego que pretende evitar portagens.

Com o intuito de perceber o volume de tráfego e o impacto potencial que a disrupção causada pela neve pode ter nas vias em análise foram utilizados dados relativos ao Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) para as N15 e N101 e IP4 cedidos pela Infraestruturas de Portugal (fig. 6). Estes dados apresentam falhas em alguns anos em consequência do vandalismo sobre os contadores automáticos e de avarias nos equipamentos.

No setor em análise na N15 não existe contador, pelo que se utilizou o que se encontra mais próximo do Alto de Espinho, o antigo posto de contagem manual 196A ao Km 53,62, que se encontra cerca de 30 km antes, contudo, apresentará valores de TMDA excessivos para esta localização, com 997 veículos diários. Para a contagem de tráfego da N101 recorreu-se ao contador automático SCA2-PM0311/PM0312 ao Km 153,9 localizado no Alto de Quintela/Padrões, com TMDA de 4288 veículos, sendo que cerca de 300 são pesados das classes C e D. Para a contagem de tráfego no IP4 utilizaram-se os contadores

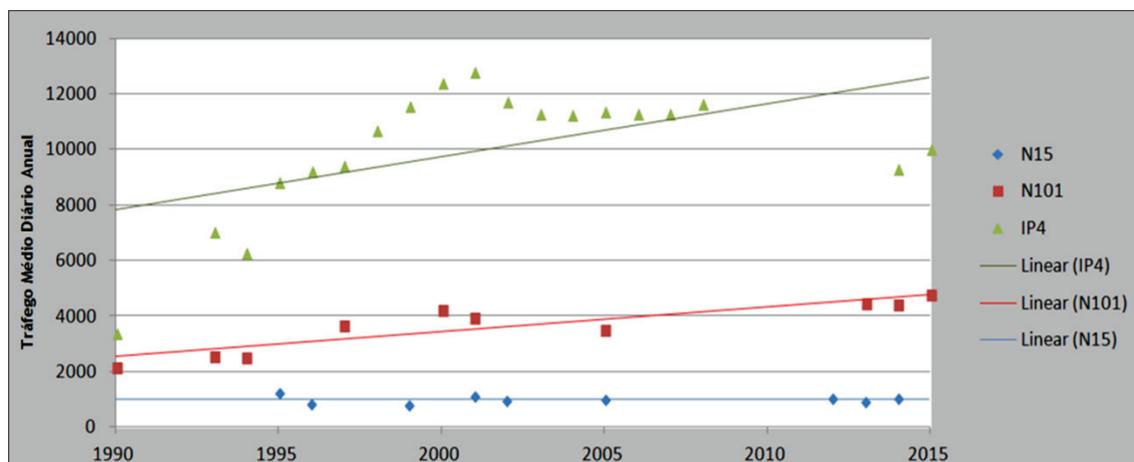


Fig. 6 - Tráfego Médio Diário Anual - TMDA (Fonte: Elaboração própria a partir de IP).

Fig. 6 - Average Annual Daily Traffic - AADT (Source: Prepared from IP).

automáticos, ADR12073 ao Km 73,5, VIL-ADR22083 ao Km 83,05, posto de contagem A015 ao Km 86,6 e o antigo posto de contagem 204A ao Km 67,6, com um valor médio de 10792 veículos diários, dos quais, aproximadamente 1000 são pesados das classes C e D.

Partindo do TMDA, sem contar com a sua distribuição horária ao longo de 24 horas, facilmente se percebe que em poucas horas passam pelos locais mais expostos aos nevões, o Alto de Espinho no IP4 e N15 e o Alto de Quintela/Padrões na N101, centenas de veículos. E se a tendência de tráfego na N15 está estabilizada nos cerca de 1000 veículos diários, ainda assim excessivo, uma vez que a maioria do tráfego nesta estrada na serra do Marão passou a realizar-se preferencialmente pelo IP4, o mesmo não sucede no IP4 e N101, pois estas vias apresentam uma tendência positiva quanto ao número de veículos que aí circulam, o que reforça a sua importância estratégica nas ligações interior-litoral na região Norte.

Posto isto, a conclusão do túnel do Marão é premente uma vez que permitirá o tráfego a cotas inferiores, logo menos exposto e conseqüentemente menos vulnerável aos episódios de neve que ocorrem no Alto de Espinho. Relativamente à N101 e uma vez que não existe uma via alternativa (IC26 Amarante - Régua), a melhor opção com vista à redução da vulnerabilidade face aos nevões passará pela utilização da N108, marginal ao rio Douro, sempre a cotas baixas e conseqüentemente menos exposta aos nevões.

#### *Políticas Públicas - Prevenir, Resistir e Recuperar*

Em Portugal Continental apenas no ano de 1999 as entidades com competências nos domínios da prevenção e socorro elaboraram e implementaram o primeiro documento específico para situações de neve, o Plano Especial para Situações de Neve/Nevões na Serra da Estrela. Este documento colocou à mesma mesa a experiência de diferentes organismos e entidades que nas suas áreas específicas de intervenção agiam até aí pontualmente e isoladamente. Contudo, desde 1992 que os Comandantes das corporações de bombeiros da área definiram um plano de segurança para a Serra da Estrela «*que foi entregue ao Serviço Nacional de Bombeiros, mas não mereceu qualquer atenção*» (PÚBLICO, 1999).

A evolução do Plano Especial para Situações de Neve/Nevões na Serra da Estrela deu origem ao Plano de Operações Nacional da Serra da Estrela (PONSE) que anualmente é ativado pela Autoridade Nacional de Proteção Civil a 1 de dezembro, sendo desativado em abril do ano seguinte. A sua operacionalização integra os Corpos de Bombeiros dos distritos de Castelo Branco (Covilhã) e Guarda (Loriga, São Romão, Gouveia, Seia e Manteigas), o Grupo de Resgate em Montanha da Força Especial de

Bombeiros (FEB) da ANPC, e ainda o Grupo de Intervenção de Proteção e Socorro (GIPS) da GNR. A partir da sua ativação é garantida a prontidão e mobilização das entidades referidas.

Para a área de transição dos distritos de Porto e Vila Real não existe um documento de incidência supradistrital como o elaborado para o maciço da serra da Estrela, pelo que foram analisados (TABELA I) os Planos Municipais de Emergência de Proteção Civil (PMEPC) dos concelhos que integram o alinhamento montanhoso Marão-Alvão, nomeadamente Amarante, Baião e Marco de Canaveses (distrito do Porto), Mesão Frio, Peso da Régua, Santa Marta de Penaguião e Vila Real (distrito de Vila Real). Com incidência territorial na área em estudo foram ainda analisados o Plano de Operações Distrital N.º 02/2015 «Condições Meteorológicas Adversas - Neve/Gelo» e a INSTROP 01/2012 «Procedimentos Operacionais a Adotar Face ao Bloqueamento do IP4 por Queda de Neve», documentos estes, de carácter interno da estrutura distrital de proteção civil, bem como os Planos Distritais de Emergência de Proteção Civil (PDEPC) do Porto e Vila Real.

Dos municípios limítrofes, dois, Peso da Régua e Santa Marta de Penaguião, apesar de não possuírem rodovias com ligação direta ao distrito do Porto são aqui referidos, pois assumem importância enquanto territórios de atravessamento de vias que poderão constituir-se como alternativas às que cruzam as maiores altitudes, à semelhança de Marco de Canaveses, que apesar de não se interligar com o distrito de Vila Real, será por este concelho que se processará o tráfego na N211 a menor altitude, com ligação à N108.

Da análise efetuada aos documentos anteriormente mencionados verifica-se uma abordagem genérica sobre nevões, nomeadamente nos dois PDEPC, havendo mesmo alguns PMEPC que são omissos sobre este risco, o mesmo sucede com o Plano Municipal de Segurança Rodoviária de Baião. De referir, que dos PMEPC analisados, apenas os de Marco de Canaveses e de Mesão Frio se encontram atualizados, os restantes encontram-se atualmente em fase de revisão. Do diálogo estabelecido com os serviços municipais de proteção civil constatou-se a preocupação de passar a incluir o risco de nevão nos PMEPC em revisão, ainda que não exista o cuidado da sua articulação neste domínio com os territórios concelhios limítrofes.

De todo o modo, os eventos recentes, sobretudo os nevões de 2009 e 2010 pela severidade observada, revelaram que existem fragilidades ao nível da redução das vulnerabilidades deste território aos efeitos dos nevões e como tal as entidades locais, sobretudo municípios e os Comandos Distritais de Operações de Socorro do Porto e Vila Real viram-se na obrigação de produzirem documentos de contingência que até à data subvalorizavam os riscos

TABELA I - Documentos analisados no âmbito da proteção civil para situações de neve/gelo.

TABLE I - Documents examined in the context of civil protection for snow / ice conditions.

Documento	Entidade
PMEPC de Amarante	Município de Amarante
PMEPC de Baião	Município de Baião
PMEPC de Marco de Canaveses	Município de Marco de Canaveses
PMEPC de Mesão Frio	Município de Mesão Frio
PMEPC de Peso da Régua	Município de Peso da Régua
PMEPC de Santa Marta de Penaguião	Município de Santa Marta de Penaguião
PMEPC de Vila Real	Município de Vila Real
Plano Municipal de Segurança Rodoviária	Município de Baião
Plano Distrital de Emergência de Proteção Civil do Porto	CDOS Porto
INSTROP 01/2012 Procedimentos Operacionais a Adoptar Face ao bloqueamento do IP4 Por Queda de Neve	CDOS Porto
Plano Distrital de Emergência de Proteção Civil de Vila Real	CDOS Vila Real
Plano de Operações Distrital N.º 02/2015 Condições Meteorológicas Adversas - Neve/Gelo	CDOS Vila Real
Plano Nacional de Emergência de Proteção Civil	ANPC
Plano de Operações Nacional da Serra da Estrela (PONSE)	ANPC

associados à neve. Assim, foram produzidos pelo CDOS Porto a INSTROP 01/2012, relativa a «Procedimentos Operacionais a Adoptar Face ao bloqueamento do IP4 Por Queda de Neve» e pelo CDOS Vila Real o, Plano de Operações Distrital N.º 02/2015 relativo a «Condições Meteorológicas Adversas - Neve/Gelo».

Em concreto são estes dois documentos que emanam um conjunto de procedimentos de reação aos nevões. No entanto, é claro que não existe a sua articulação, à semelhança do verificado com os PMEPC no nível municipal. Posto isto, fica realçado que as políticas públicas de prevenção, reação e mitigação são escassas e limitadas, como referem Zêzre, Pereira, e Morgado (2005), ao contrário do que acontece noutros países da UE, a legislação portuguesa contempla a prevenção dos riscos naturais, tecnológicos e ambientais de forma muito limitada.

Atendendo à especificidade do risco de nevão neste setor de transição entre os dois distritos, bem como a vulnerabilidade analisada das principais rodovias aos seus efeitos seria de interesse a elaboração de um plano de carácter supradistrital específico para as situações de nevão, onde ficasse plasmado os procedimentos de prevenção, mitigação e recuperação de forma articula entre os dois distritos e os respetivos municípios mais vulneráveis. Esta medida poderia eventualmente evoluir para um plano de carácter supradistrital mais amplo de dimensão de agrupamento (no âmbito operacional da proteção civil existem em Portugal Continental cinco

agrupamentos que correspondem à junção de distritos com proximidade geográfica. O Agrupamento Norte é composto pelos distritos de Braga, Bragança, Porto, Viana do Castelo e Vila Real), uma vez que parte considerável da região Norte é afetada por nevões.

De notar ainda, que apesar da missão da proteção civil contemplar «o antes, o durante e o após», nas suas dimensões de prevenção, mitigação e recuperação, apenas está preconizado pelos Plano de Operações Distrital N.º 02/2015 «Condições Meteorológicas Adversas - Neve/Gelo» e INSTROP 01/2012, relativa a «Procedimentos Operacionais a Adoptar Face ao bloqueamento do IP4 Por Queda de Neve, ações de carácter operacional de resposta/mitigação ao perigo de nevão, não havendo nestes ou outros documentos elaborados as dimensões de prevenção e de recuperação.

Está preconizado em alguns dos PMEPC analisados, a utilização de sinalética interditiva das vias atingidas pela neve ainda que de forma temporária, apenas durante a ocorrência de nevões e avisando estritamente do seu condicionamento ao tráfego sem contemplar as vias alternativas, o que deixa os automobilistas sem o conhecimento de outras possíveis vias transitáveis e por essa razão optam por aguardar nas vias afetadas bloqueando-as, o que atrasa as operações de limpeza e o prolongamento das operações das equipas de bombeiros. Para a área de transição dos distritos do Porto e Vila Real apresenta-se como sugestão a implementação permanente nos locais de cruzamento, entroncamento

e nas localidades de sinalética vertical relativa aos condicionalismos para as N15, N101, N108, e IP4/A4 (fig. 7), à semelhança do que acontece noutros maciços montanhosos do país atingidos por nevões.

A sinalética aqui apresentada terá melhores resultados quanto maior for a articulação ao nível municipal e distrital dos serviços de proteção civil, agentes de proteção civil e demais entidades envolvidas em situação de nevão. O preconizado pela INSTROP 01/2012 é promissor no que se refere à gestão do tráfego em função da severidade a diferentes cotas da queda de neve, contudo, apresenta limitações na sua articulação e integração com o distrito vizinho de Vila Real. De referir ainda, que o âmbito de intervenção deste documento deverá ser alargado ao setor de transição e não remeter para a exclusividade do IP4 e para uma relativa desvalorização dos episódios de neve que afetam outras vias, como a N101, que pelos dados de tráfego se percebe a tendência de evolução positiva que presentemente ronda os 4300 veículos diários.

Ainda que nos episódios de neve que ocorram acima dos 800 m de altitude a N101 se apresente transitável, é de realçar que dadas as baixas temperaturas poderemos observar a formação de gelo. Assim, para que esta via possa efetivamente constituir-se como uma alternativa ao IP4 conforme definido neste documento, deverá proceder-se ao espalhamento de sal a partir da cota 500 m,

numa extensão de aproximadamente 10 km entre o entroncamento de Bustelo ao km 146,3 até à Casa dos Cantoneiros ao km 157,0.

Atendendo ao perfil da N108, esta deverá ser a via alternativa preferencial sempre que a cota de neve seja inferior a 800 m, para tal é desejável que o tráfego com origem em Trás-os-Montes e com destino ao litoral e vice-versa deverá ser desviado ao longo da N2 a partir de Vila Real até à N108, fazendo o seu percurso através de Santa Marta de Penaguião, Peso da Régua até Marco de Canaveses. No percurso inverso, o tráfego que encontre o condicionamento devido à neve em Amarante, deverá seguir para Marco de Canaveses e a partir daí seguir pela N211 com ligação à N108 até Peso da Régua onde deverá optar se segue pela N2 para norte (Vila Real), para sul (Lamego) ou nascente (Pinhão) através da N222, também esta uma via a cota baixa, marginal ao rio Douro.

Entende-se pertinente uma maior comunicação com os automobilistas, tornando acessível informação relativa ao estado de circulação das vias, sobretudo no inverno. A sinalética ao longo destas vias poderá reduzir a vulnerabilidade observada, com baixo custo de implementação, bem como a inclusão de avisos de âmbito de proteção civil relativos aos condicionalismos rodoviários, com uma cobertura nacional no site da ANPC, uma vez que é o site de referência neste domínio em Portugal.

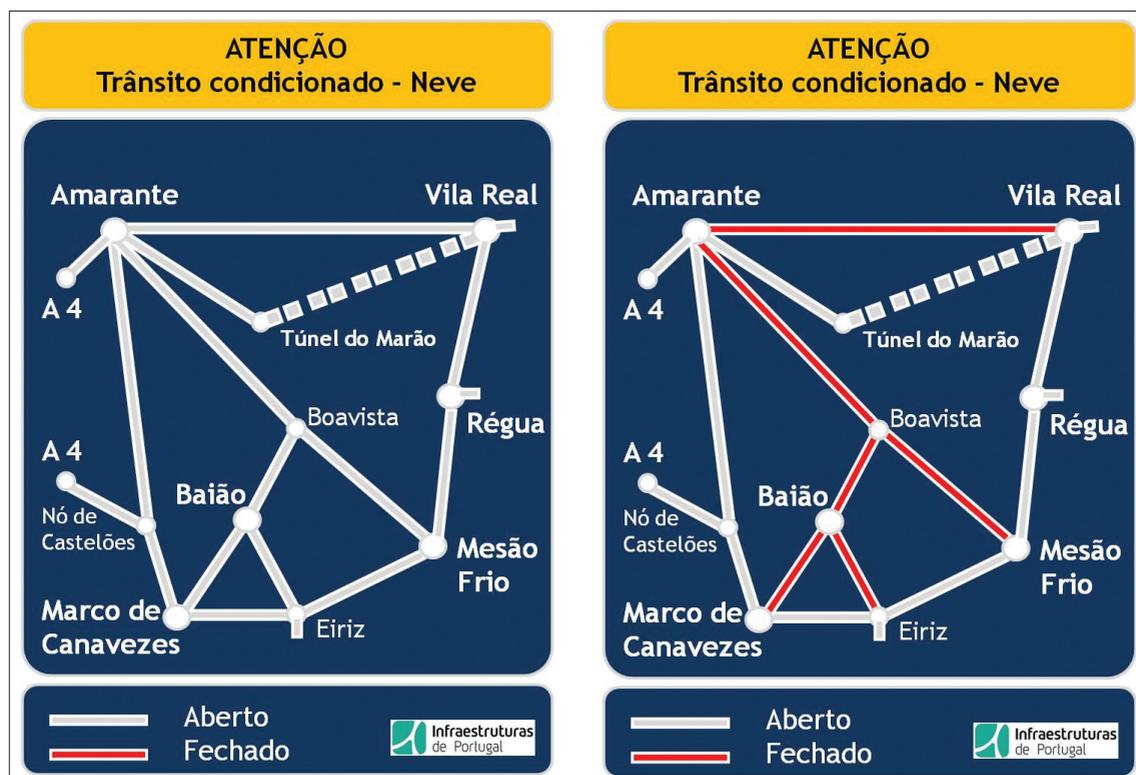


Fig. 7 - Sinalética de aviso ao tráfego: a) situação normal; b) situação condicionada.

Fig. 7 - Traffic warning signs: a) normal; b) conditional status.

## Conclusão

Na análise à vulnerabilidade deverão ter-se em conta múltiplos aspetos que interagem simultaneamente entre si e cujo efeito cumulativo se traduz num determinado grau de exposição ao risco. A exposição dependerá quer de fatores externos (perigo), quer de fatores internos (características sociais, culturais, económicas) da sociedade e que lhes permitirá antecipar, resistir e recuperar na presença de uma determinada perturbação.

Partindo da análise da vulnerabilidade das infraestruturas rodoviárias aos efeitos dos nevões na transição entre os distritos do Porto e de Vila Real, constatou-se que a exposição é moderada, atendendo à frequência de episódios de queda de neve, que em média não ultrapassará os 10 dias por ano para altitudes acima de 1000 metros. No entanto, há que ter em conta a permanência da neve, as baixas temperaturas e a formação de gelo, durante e nos dias subsequentes aos nevões, o que poderá permitir que o número de dias com neve no solo dobre ou triplique, ampliando os impactes da neve. Ainda assim, pelo facto de globalmente serem poucos os dias do ano em que se regista queda de neve e esta ocorrer sobretudo a altitudes mais elevadas e menos povoadas, traduz pouca representatividade do fenómeno, o que promove na sociedade uma fraca memória coletiva face a este tipo de risco. Este aspeto poderá traduzir-se numa maior vulnerabilidade, desabilitando as pessoas na sua capacidade de reação e antecipação perante o perigo, tornando-se premente sensibilizar e habilitar os condutores de informação útil caso se depare com um nevão.

Uma vez que não é de todo possível o controlo sobre o meio e evitar a precipitação de neve, deverá haver na sociedade a capacidade de adaptação, promovendo a sua resiliência. Caso contrário, sempre que neve nestas vias, e por pouca intensidade que apresentem esses episódios, assistiremos a uma forte perturbação no tráfego rodoviário, com centenas de veículos bloqueados e pessoas sem saberem o que fazer. Esta realidade é reveladora quer da fraca resiliência da generalidade das populações residentes quer das que se encontram em trânsito, mas também do reduzido grau de preparação e articulação das entidades envolvidas em operações de prevenção, mitigação e recuperação do risco de neve. Esta situação é tão mais preocupante quando se percebe que os serviços de emergência, sobretudo nas fases de preparação, não têm concretizadas algumas medidas que eles próprios fazem constar nos planos, nomeadamente em termos de sensibilização, equipamentos e sinalética.

Deste modo, entende-se que havendo um acompanhamento da situação meteorológica bem como do estado das vias será possível apresentar vias alternativas, que pelo facto de estarem sinalizadas em permanência, a generalidade dos automobilistas passaria a reconhecê-las como tal. Uma vez que pela frequência e intensidade dos nevões não se justifica a obrigatoriedade de correntes de neve, e nem sempre é possível ter limpa-neves e espalhadores de sal em número ótimo, a solução mais eficaz acaba por ser a opção de desvio do tráfego, evitando assim maiores perturbações e potenciais danos, nomeadamente acidentes rodoviários.

Neste sentido e não menos importante, os meios disponíveis e recursos afetos a operações em neve são quase inexistentes, desde a formação dos operacionais até meios mecânicos mobilizados para este tipo de operações, pelo que deverá haver uma aposta na sua aquisição, mas de forma articulada entre as diferentes entidades (Municípios; Infraestruturas de Portugal; Bombeiros e concessionárias de autoestradas) com o intuito de maximizar a resposta, com o menor custo possível. Assim, embora a estrutura de proteção civil esteja estabelecida numa lógica territorial dos distritos, a resposta política com vista aos investimentos e verbas a atribuir poderão ser realizados numa lógica das Comunidades Intermunicipais (CIM).

De referir ainda que, embora no inverno os episódios de neve sejam menos frequentes que a formação de gelo e geada e por essa razão as vias continuam transitáveis, deverá haver o espalhamento de sal nas cotas superiores do IP4, N15 e N101, bem como nos futuros acessos norte e sul do túnel do Marão como medida preventiva à sua formação.

A articulação entre as diversas entidades e planos, uma correta sinalização e informação aos automobilistas e uma eficiente gestão da rede viária conduzirá a uma redução significativa da vulnerabilidade em situações de nevão no setor de transição dos distritos do Porto e de Vila Real.

## Agradecimentos

Instituto da Mobilidade e dos Transportes, I. P. pela cedência de cartografia digital da Rede Rodoviária Nacional (à escala 1:10.000) para os Distritos do Porto e de Vila Real. Infraestruturas de Portugal pela cedência de dados de Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) para as rodovias localizadas no setor analisado. Serviços Municipais de Proteção Civil pela cedência dos planos municipais de emergência que não se encontram disponíveis on-line. Comandos Distritais de Proteção Civil do Porto e de Vila Real pela cedência dos respetivos planos para situações de neve.

## Bibliografia

- ANPC (2009). *Plano de Operações Nacional - Dispositivo Conjunto de Protecção e Socorro na Serra da Estrela*.
- ANPC (2013). *Plano Nacional de Emergência de Protecção Civil*.
- ANPC (2014). *Avaliação Nacional de Risco*. Lisboa.
- ANPC (2015). *Plano Distrital de Emergência de Protecção Civil de Vila Real*.
- ANPC (2015). *Plano Distrital de Emergência de Protecção Civil do Porto*.
- Ayala-Carcedo, F.; Cantos, J. (2002). *Riesgos Naturales*. Ariel Ciencia.
- Azevedo, N. (2010). *Tempos de mudança nos territórios de baixa densidade - As dinâmicas em Trás-os-Montes e Alto Douro* (Dissertação de doutoramento). Apresentada à Universidade do Porto.
- Beck, U. (1999). Risk society revisited: theory, politics, critiques and research programmes. *World Risk Society*. Cambridge: Polity Press, p. 133-152.
- Botelho F.; Ganho, N. (2012). Episódios de frio extremo em Portugal Continental: análise comparativa de episódios de frio seco e de frio com neve a cotas baixas. *Revista Geonorte*, Edição Especial, V. 2, N.4, p. 857-869.
- CDOS PORTO (2012). INSTROP 01/2012 - *Procedimentos operacionais a adoptar face ao bloqueamento do IP4 por queda de neve*.
- CDOS VILAREAL (2015). PLANOP - Plano de Operações Distritais n. 2/2015. Condições Meteorológicas Adversas - Neve/Gelo.
- Cunha, L. (2013). Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. *Riscos Naturais, Antrópicos e Mistos. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo*. Coimbra, p. 153-166
- IPMA (2011). *Episódios de Neve em Portugal Continental entre Novembro de 2008 e Fevereiro de 2009*. Parte 1 - Observação e Clima. Relatório DMC/CIME-01/2011. Lisboa.
- IPMA (2012). *Episódios de Neve em Portugal Continental entre novembro de 2008 e fevereiro de 2009*. Parte 2 - Análise Sinótica e Previsão. Relatório DMC/CIME-01/2012. Lisboa.
- MUNICÍPIO DE AMARANTE (2014). *Plano Municipal de Emergência e Protecção Civil de Amarante (em revisão)*.
- MUNICÍPIO DE BAIÃO (2013). *Plano Municipal de Segurança Rodoviária*.
- MUNICÍPIO DE BAIÃO (2015). *Plano Municipal de Emergência e Protecção Civil de Baião (versão de consulta pública)*.
- MUNICÍPIO DE MARCO DE CANAVESES (2012). *Plano Municipal de Emergência e Protecção Civil do Marco de Canaveses*.
- MUNICÍPIO DE MESÃO FRIO (2015). *Plano Municipal de Emergência e Protecção Civil de Mesão Frio*.
- MUNICÍPIO DE PESO DA RÉGUA (2015). *Plano Municipal de Emergência e Protecção Civil de Peso da Régua (em revisão)*.
- MUNICÍPIO DE SANTA MARTA DE PENAGUIÃO (2015). *Plano Municipal de Emergência e Protecção Civil de Santa Marta de Penaguião (em revisão)*.
- MUNICÍPIO DE VILA REAL (2015). *Plano Municipal de Emergência e Protecção Civil de Vila Real (em revisão)*.
- Novo, I.; Moreira, N.; Belo, M.; Cabrinha, V.; Casquinha, A.; Mendes, M.; Neto, J.; Lopes, M. J.; Pessanha, L.; Silva, A. e Viegas, T. (2009). Episódios de neve em Portugal - Novembro de 2008 a Fevereiro de 2009. *Livro de actas do V Encontro Nacional e I Congresso Internacional de Riscos*.
- Pedrosa, A. (1993). *Serra do Marão: estudo de geomorfologia* (Tese de Doutoramento). Apresentada à Universidade do Porto. Porto.
- Pedrosa, A. (2006). A integração da prevenção dos riscos no ordenamento territorial. *Actas do Colóquio Paisagem, Património e Riscos Naturais: perspectivas de planeamento comparado*, CCDD Norte, Porto.
- Pescaroll, G., Alexander, D. (2016). Critical infrastructure, panarchies and the vulnerability paths of cascading disasters. *Nat Hazards* 82, p. 175-192.
- PÚBLICO (1999). Mais segurança na serra da Estrela, 16 de Dezembro de 1999. Disponível em: <http://www.publico.pt/local-porto/jornal/mais-seguranca-na-serra-da-estrela-127898>
- Rebelo, F. (2003). *Riscos Naturais e Acção Antrópica. Estudos e Reflexões*. Coimbra, Imprensa da Universidade, 286 p. (2ª edição, revista e aumentada).
- Ribeiro, O. Lautensach, H. e Daveau, S. (1999.) *Geografia de Portugal II. O Ritmo Climático e a Paisagem*. Edições João Sá da Costa. Lisboa.
- Zêzere, J.L., Pereira, A.R.; Morgado, P. (2005). Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal Continental. *X Colóquio Ibérico de Geografia - A Geografia Ibérica no Contexto Europeu*. Évora. [http://www.apgeo.pt/files/docs/CD\\_X\\_Coloquio\\_Iberico\\_Geografia/pdfs/091.pdf](http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/091.pdf)



RISCOS



O RISCO CLIMÁTICO DA SECA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO\*

THE CLIMATIC RISK OF DROUGHT TO THE BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

61

Maria Francisca de Jesus Lírio Ramalho

Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Brasil)  
[franci@ufrnet.br](mailto:franci@ufrnet.br)

Antonio José Teixeira Guerra

Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil)  
[antoniotguerra@gmail.com](mailto:antoniotguerra@gmail.com)

RESUMO

As estiagens e as enchurradas do período chuvoso são fatores de risco de fenômenos meteorológicos e climáticos que caracterizam ambientes semiáridos como o do nordeste do Brasil. O presente artigo faz uma breve discussão sobre o risco climático da seca, associando a sazonalidade climática, ações humanas e a vulnerabilidade ambiental à erosão e ao assoreamento de mananciais na Serra do Teixeira, com o exemplo de caso do histórico Açude de Poços, no município de Teixeira (Paraíba). O estudo se fundamenta em pressupostos da morfodinâmica do semiárido, observando fatores que são peculiares à Serra do Teixeira, como a irregularidade das precipitações pluviométricas, o regime climático, o relevo fortemente ondulado, as áreas com vegetação degradada, a susceptibilidade erosiva dos solos e o efeito do escoamento nas encostas. Da análise, constata-se que tanto o fator climático como o antrópico são causas de risco ambiental para a região, considerando a alternância de períodos secos com os de chuvas torrenciais, a expansão de áreas de cultivos e o mau uso dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** Sazonalidade climática, risco natural, risco ambiental.

ABSTRACT

Droughts and the floods of the rainy period are risk factors of meteorological and climatic phenomena, which characterize semi-arid environments, like north eastern Brazil. This article addresses the climatic risk of drought, associating climatic seasonality, human actions and environmental vulnerability to erosion and silting of the Teixeira Mountain Range springs, with the example of the historic case of Açude (weir) de Poços, in Teixeira Municipality, Paraíba State. This research work is based on assumptions related to semi-arid morphodynamics, observing factors peculiar to the Teixeira Mountain Range, such as irregular precipitation, climatic regime, steep relief, areas with degraded vegetation, soils prone to erosion and the effect of runoff on the slopes. From the analysis it is verified that both the climatic and the human factors are causes of environmental risk for the region, considering the alternation of dry and torrential rains, the expanse of rural areas and the mismanagement of natural resources.

**Keywords:** Seasonal climate, natural risk, environmental risk.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no III Congresso Internacional, I Simpósio Ibero-Americano e VIII Encontro Nacional de Riscos, tendo sido submetido em 30-06-2016, sujeito a revisão por pares a 15-09-2016 e aceite para publicação em 16-03-2017.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25 (I), 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

O semiárido brasileiro abrange porções de áreas de oito estados da região Nordeste (Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia), compreendendo, assim, a maior parte do polígono da seca no qual se incluem também o norte do estado de Minas Gerais, localizado na região Sudeste. São 1.135 municípios que fazem parte desse espaço geográfico, de extensão territorial em torno de 980.133,079 km<sup>2</sup>, onde reside uma população de aproximadamente 22.598,318 habitantes, equivalente a 11,85% da população brasileira (*Instituto Nacional do Semiárido [INSA], 2012*).

As principais características dessa região são irregularidade de precipitações pluviométricas, escassez de chuvas e ocorrência de vegetação de caatinga, geralmente com aspecto fisionômico diversificado. Esse aspecto se refere não apenas às variações climáticas regionais ou locais e à composição florística, mas também a outros fatores relacionados com topografia, tipos de solo e impactos de atividades humanas (Melo e Rodrigues, 2004, p. 49).

Deve-se ao naturalista alemão Carl Friederich Philip Von Martius (1840 citado por Melo e Rodrigues, 2004) a primeira definição científica da vegetação conhecida por caatinga (*Sylva aestu aphylla*). Ele destacou os principais traços da caatinga: “*vegetação arborecente, portanto lenhosa (sylva), com perda total das folhas (aphylla) durante a estação seca (aestu)*”. A interferência antrópica tem sido responsabilizada pelas modificações estruturais, florísticas e ecológicas, que, por vezes, dão origem a núcleos de degradação e desertificação (Melo e Rodrigues, 2004).

Conforme Sá, Cunha, Teixeira, Angelotti e Drumond (2010), as pesquisas realizadas em áreas do semiárido brasileiro demonstram uma realidade de processos negativos sobre a flora e a fauna silvestres, bem como uma estreita ligação desses processos com a atividade antrópica sobre o meio, principalmente sobre os solos, onde os processos erosivos se intensificam e constituem os indícios mais marcantes da desertificação. Acredita-se que as consequências de tais processos em um ambiente vulnerável à seca podem ser severas, tendo-se em conta os fatores de risco de fenômenos meteorológico e climático, uma vez que a região convive com dois tipos de períodos secos: o estacional, que corresponde à estação não chuvosa, com sete a nove meses de duração, denominada verão; e as secas periódicas (Mendes, 1985).

A escassez de água nos reservatórios por causa da seca que ocorre desde o ano de 2012 afetou o desempenho da açudagem, causando repercussão em muitos sistemas de abastecimento de água no semiárido. Em períodos de seca, somam-se os danos que podem ser causados à agricultura, à pecuária e a outros meios de sobrevivência

da população; além do problema com o abastecimento de água, destaca-se também a vulnerabilidade ambiental à erosão em períodos de retorno das chuvas.

Em se tratando da dinâmica erosiva do semiárido, discute-se, neste artigo, o risco climático da seca no município de Teixeira analisando-se a vulnerabilidade ambiental à erosão e ao assoreamento de mananciais. O Açude de Poços, um dos mais antigos da Serra do Teixeira (1879), é um exemplo entre os açudes que secam com a estiagem, desfavorecendo o abastecimento de água e as culturas irrigadas. As evidências dos depósitos sedimentares, nas margens e na área exposta do leito antes inundado, revelam o comprometimento do açude com a erosão e o assoreamento.

Considerando-se a abrangência do tema, tanto sob o ponto de vista geográfico como sob o ambiental, não se tem aqui a pretensão de esgotar o tema da problemática do risco climático da seca, mas a de contribuir para os estudos do semiárido, apontando algumas questões que podem ser relevantes para a contextualização do problema da degradação do solo e da desertificação.

## Materiais e Métodos

O estudo se fundamenta em pressupostos da morfodinâmica do semiárido, considerando alguns fatores peculiares à Serra do Teixeira, como a irregularidade das precipitações pluviométricas; o regime climático, com estação chuvosa curta; o relevo fortemente ondulado; as áreas com vegetação degradada; a susceptibilidade erosiva dos solos; e o efeito esporádico do escoamento nas encostas.

Para isso foi realizado o levantamento de documentos bibliográfico e cartográfico, além de atividades de campo no entorno da área do Açude de Poços e áreas adjacentes. A pesquisa em livros, artigos e em relatórios de órgãos oficiais e a carta topográfica de Patos (Folha SB -24 - Z - D - I, editada pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste [SUDENE], 1972, em escala 1: 100.000), permitiram a caracterização dos aspectos físicos e ambientais da região; os dados climáticos do município de Teixeira, as imagens disponibilizadas no *software Google Earth* e os dados de mapas temáticos, deram subsídio para a análise da área de estudo; as visitas ao campo e os registros fotográficos permitiram observar os fatos da real situação estacional do semiárido. Foram realizadas três visitas ao campo, em épocas da estação seca e da estação chuvosa, conforme regime climático da região com chuvas de verão e outono. A primeira visita ocorreu em setembro de 2012, por um período de três dias, a segunda em abril de 2013, por um período de cinco dias, e a terceira em dezembro de 2013 a janeiro de 2014, por um período de oito dias. No campo fez-se o reconhecimento e a localização dos pontos

de amostragem, sendo fotografados os aspectos da vegetação, do solo, as evidências de processos erosivos e de interferência antrópica.

### Situação Geográfica da Área

De acordo com a divisão regional proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a área de estudo pertence à mesorregião do Sertão Paraibano, que compreende a microrregião Serra do Teixeira, localizada na porção centro-oeste do estado da Paraíba. A Serra do Teixeira, uma superfície de forma alongada com aproximadamente 100 km de extensão e 10 km de largura (Sudema, 1994 citado por Agra, Barbosa e Stevens, 2004, p. 125), compreende onze municípios (Água Branca, Cacimbas, Desterro, Imaculada, Juru, Manaíra, Maturéia, Princesa Isabel, São José de Princesa, Tavares e Teixeira).

O município de Teixeira, localizado a leste da serra, na latitude  $7^{\circ} 11' 10''$  e  $7^{\circ} 21' 23''$  sul e longitude  $37^{\circ} 08' 22''$  e  $37^{\circ} 25' 33''$  a oeste de Greenwich, abrange uma área de aproximadamente 182,20 km<sup>2</sup>. Limita-se ao norte com os municípios de São José do Bonfim e Cacimba de Areia, a leste com os municípios de Desterro e Cacimbas, a oeste com Maturéia e Mãe d'Água, e ao Sul com os municípios do estado de Pernambuco Itapetim e Brejinho (fig. 1). A sede municipal de Teixeira, com altitude em torno de 768

metros, situa-se a uma distância de aproximadamente 298 km de João Pessoa, capital do estado da Paraíba (Serviço Geológico do Brasil [CPRM], 2005).

### Caracterização Geográfica e Ambiental

A Serra do Teixeira pertence ao sistema de relevo do Planalto da Borborema – uma porção do escudo pré-cambriano nordestino que, com sua altitude, exerce influência nos climas de seus diferentes compartimentos geográficos (Melo e Rodrigues, 2004). As rochas magmáticas (granito, migmatito, ultrabásicas) e as metamórficas (gnaises, anfibolitos, micaxistos, quartzitos) compõem o complexo do embasamento cristalino do Pré-Cambriano (Projeto RADAMBRA-SIL, 1981).

Na mencionada superfície, composta de maciços e blocos falhados com superfícies elevadas, que variam de 700 a 800 metros, destacam-se: elevações com mais de 1.000 metros, que coincidem com algumas cristas e serras com núcleos residuais (inselbergues), como o Pico do Jabre, o mais alto do estado da Paraíba com 1.097 metros de altitude; o nível de aplanamento intermediário da superfície de Teixeira, com resquícios de capeamento sedimentar, situados entre 700 e 800 metros; e o desnivelamento das escarpas oriental (300m-400m) e ocidental (500m-600m) com suas diferenças climáticas

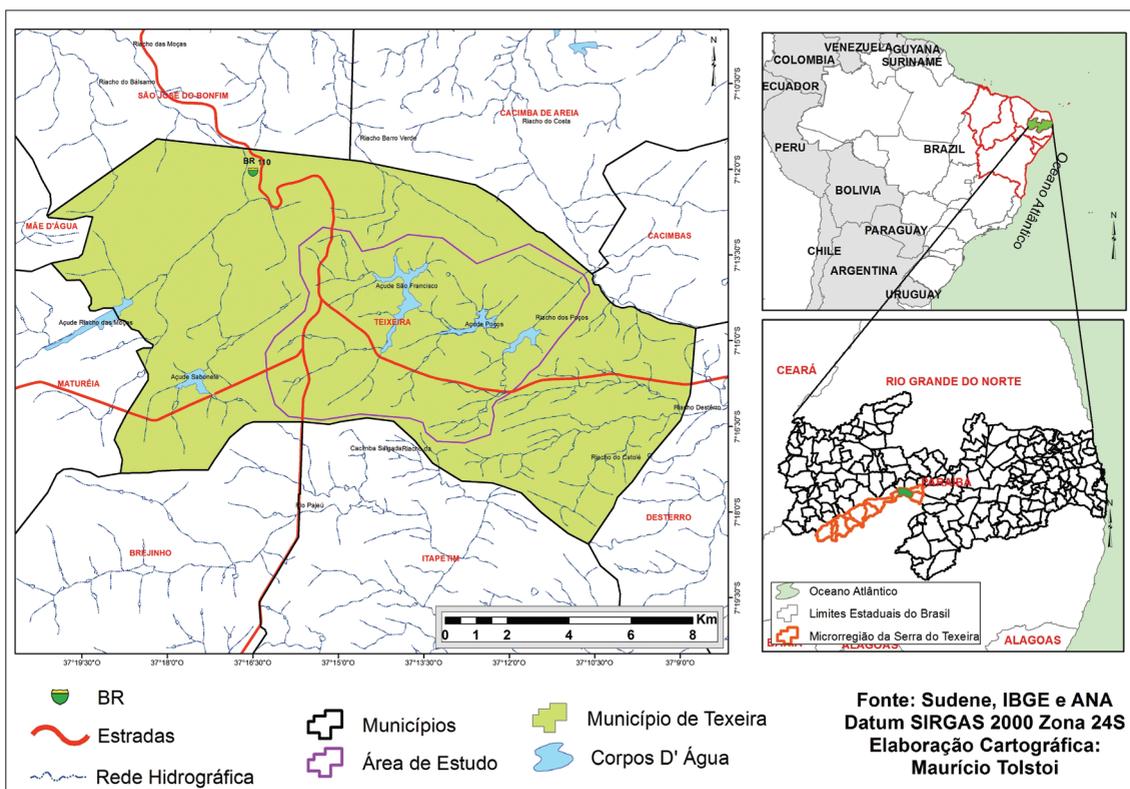


Fig. 1 - Localização do município de Teixeira (Fonte: SUDENE, IBGE e ANA).

Fig. 1 - Location of Teixeira Municipality (Source: SUDENE, IBGE, ANA).

marcadas pela posição geográfica a barlavento e a sotavento entre as respectivas depressões, a litorânea e a semiárida (Melo e Rodrigues, 2004). Espessos mantos de alteração recobrem as escarpas a leste, sendo notável no setor oeste “a distinção litológica dos modelados de dissecação diferencial, degraus de soerguimento tectónico e extensas paleossuperfícies regionais de gênese complexa” (Corrêa, Tavares, Monteiro, Cavalcanti e Lira, 2010, p. 37).

A litologia da Serra do Teixeira, conforme Sudema (1994 citado por Agra *et al.*, 2004, p. 125), é representada por biotita, granito e granodiorito, com aspecto típico de granitos e gnaisses. De acordo com Carvalho (1982 citado por Agra *et al.*, 2004, p. 125), o conjunto estrutural apresenta no sentido leste-oeste, uma linha de escarpa muito íngreme, com desníveis da ordem de até 500m na face voltada para o pediplano sertanejo. No nível da superfície de Teixeira, o lado leste da serra, conforme J. Santos e Menino (1989), está inserido em dois contextos geomorfológicos: um caracterizado como uma superfície de aspecto colinoso, do pré-cambriano, de relevo suavemente ondulado e escarpado, predominando o relevo fortemente ondulado e montanhoso, com altitude média em torno de 750m; o outro corresponde às formas do capeamento sedimentar do terciário (Formação Serra dos Martins), recobrimdo a superfície do embasamento cristalino, com ocorrência de relevo de topo plano e suavemente ondulado das chapadas, presente em algumas áreas da serra, com altitude em torno de 800 a 850metros. Em tal contexto, os fatores lito-estruturais e erosivos explicam os diferentes níveis altimétricos e o sistema de drenagem da região, representado por alguns riachos, com predominância de padrão dendrítico, como o riacho das Moças, o dos Poços, o do Costa, o do Catolé, entre outros, com fluxo apenas na época chuvosa (CPRM, 2005).

A superfície elevada e as declividades acentuadas, que se diferenciam entre os compartimentos da serra, favorecem a acumulação de água em fundo de vale e represas, como é o caso dos açudes da região: Riacho das Moças, Sabonete, São Francisco II, Poços, entre outros, que além de serem alimentados pelas águas pluviais, são também receptores dos sedimentos levados pelas enxurradas ocasionais do período chuvoso. Conforme Corrêa, J. Souza e Cavalcanti (2014), os barramentos ao longo das drenagens que criam açudes, visando ao armazenamento da água, acabam sendo colmatados, em poucas décadas, devido às altas taxas de produção de sedimentos, resultando no desenvolvimento de planícies antropogênicas, que são utilizadas para cultivo.

#### Condições Bioclimáticas

No que diz respeito às ações orográficas, a posição geográfica da serra do Teixeira justifica a variabilidade das precipitações anuais. O clima apresenta modificações

em relação a outras áreas do semiárido, devido à geomorfologia, que imprime disposição perpendicular às correntes aéreas dominantes (Lima e Heckendorff, 1985 citado por Agra *et al.*, 2004, p. 125). O fator topográfico, conforme alguns autores (Carvalho, 1982; Cavalcante, 2005; M. Souza e Oliveira, 2006), constitui-se em uma barreira natural aos ventos alísios provenientes do litoral. Os ventos alísios que sopram de sudeste são considerados a fonte de umidade que favorece o município de Teixeira, o qual também se beneficia com menores temperaturas. De acordo com a Classificação de Köppen, a serra do Teixeira enquadra-se no tipo de clima AW’ – quente e semiúmido –, com chuvas de verão até o outono (Lima e Heckendorff, 1985 citado por Agra *et al.*, 2004, p. 125). Na Classificação de Gaussen, utilizada por alguns autores (CPRM, 2005; J. Santos e Menino, 1989), o clima é do tipo 4ath – tropical quente, de seca acentuada.

De acordo com os estudos climáticos realizados por Matos, Medeiros, Silva, Francisco e D. Santos (2015) para o município de Teixeira, com base no balanço hídrico de Thornthwaite (1948) o clima se apresenta como úmido subúmido, mesotérmico, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica. A pluviometria média anual é de 753,4 mm (período 1930-2013), com maiores índices nos meses de janeiro a abril e valores mínimos de julho a novembro. A temperatura média anual é de 21°C, com mínima de 19,8 °C no mês de julho e máxima de 23,6°C em janeiro. A evapotranspiração potencial anual é de 1.051,8 mm, com maiores índices nos meses de novembro a março. A deficiência hídrica ocorre nos meses de setembro a dezembro, com total anual de 421,8mm e excedente anual de 123,3 mm, nos meses de março e abril (Matos *et al.*, 2015).

Conforme Sudema (1994 citado por Agra *et al.*, 2004, p. 125), a estação seca dura de cinco a sete meses, de maio a dezembro, atingindo a precipitação de 1% do total de agosto a outubro. As maiores precipitações ocorrem de janeiro a maio, período em que correspondem a quase 70% do total anual e a humidade relativa do ar média é de aproximadamente 65%. Nesse contexto, o ambiente geoecológico da serra, onde se insere o município de Teixeira, favorece melhores condições para a agricultura, em relação às outras áreas do semiárido. As regiões serranas, mesmo representando modesta parcela da extensão regional, têm grande importância, por funcionarem como concentradoras de população e como centro de produção agrícola (Andrade, 1998).

Segundo J. Santos e Menino (1989), os cambissolos, os latossolos, os regossolos e os solos litólicos (neossolos litólicos) são os principais tipos de solo encontrados no município de Teixeira. Os cambissolos, associados às áreas de relevo suavemente ondulado e fortemente ondulado, são os mais representativos, ocupando 32% da área. Suas principais limitações são a susceptibilidade erosiva,

os níveis muito baixos de matéria orgânica e a presença de afloramentos de rocha. Os latossolos ocupam 21% da superfície de relevo plano a suavemente ondulado, são profundos, apresentam baixa fertilidade e capacidade de armazenamento de água regular a alta. Os regossolos representam 19% da área de relevo suavemente ondulado, têm baixa capacidade de retenção de água, baixa fertilidade e alta susceptibilidade à erosão, e os solos litólicos (neossolos litólicos), ocupando 28% da área, são férteis, mas apresentam limitações para uso agrícola, têm pouca profundidade e alta pedregosidade. Com exceção dos litossolos (neossolos litólicos), os outros solos são, em sua maioria, de fertilidade natural baixa ou moderada, praticamente não apresentando limitações para o uso agrícola, salvo a deficiência de água do período de estiagem (J. Santos e Menino, 1989). As espécies de caatinga que recobrem esses solos são do tipo hipoxerófila, com porte e densidade diferentes da vegetação hiperxerófila, a mais seca das caatingas, que é encontrada em outras áreas do semiárido, fora da região serrana, no denominado sertão seco. Nas áreas de relevo mais acidentado, ocorre resquícios da floresta tropical subcaducifólia (fot. 1), como se evidencia no Pico do Jabre – “*um enclave de mata serrana no interior da caatinga, apresentando uma vegetação semidecídua, com elementos da mata úmida e da caatinga*” (Agra et al., 2004, p. 122). “*À medida que se vai descendo as encostas das serras, um pouco distante do divisor de águas, começa a caatinga hiperxerófila, caracterizada por uma fisionomia com predomínio de porte arbustivo,*



Fot. 1 - Tipo de cobertura vegetal na Serra do Teixeira - encosta do Pico do Jabre 1097m de altitude (Maria Ramalho, janeiro 2010).

Photo 1 - Type of vegetation in Serra do Teixeira - on the slope of Jabre Mountain (Maria Ramalho, January, 2010).

*com densidade variável e, na maioria das vezes, com substrato rico em cactáceas e bromeliáceas, formando um verdadeiro tapete*” (J. Santos e Menino, 1989, p.793).

A escassez de chuva muda os aspectos fisionômicos da vegetação e também causa dificuldades, sobretudo para os pequenos agricultores, principalmente quando a estiagem se prolonga e os recursos hídricos favorecidos pelos açudes, tanques, barreiros e poços escavados no leito dos rios ficam escassos ou esgotados. Com as práticas agrícolas próximo das fontes de água, cultiva-se cenoura, tomate, milho, feijão, mandioca e fruteiras, como cajueiro, umbuzeiro, goiabeira, pinheira, cajazeiro - destinados para subsistência e, em geral, para comercialização nas feiras livres.

Segundo Brasil (1991), com a intensificação econômica, que se agrava com a estrutura fundiária, os efeitos antrópicos se diversificam, a vegetação é substituída pela atividade agropastoril, o solo perde nutrientes e se degrada com o processo de erosão acelerada. Como enfatiza o autor (p. 102), as culturas irrigadas para a produção de monoculturas, como o tomate e o milho, passam a ser um elo entre os pequenos agricultores e as agroindústrias, inaugurando uma nova fase na agricultura do semiárido, mas confinada a pequenos enclaves.

#### O Risco Climático da Seca e o Risco Ambiental

Considerando-se o que é enfatizado por Bento-Gonçalves, Vieira, Costa, Lourenço, Ferreira-Leite e Marçal (2014) ao se referirem aos riscos climático-meteorológicos, cabe aqui mencionar o risco climático da seca no semiárido brasileiro na categoria dos riscos que têm origem na natureza. Segundo Zêzere, Pereira e Morgado (2006), a interação das atividades humanas com o funcionamento dos sistemas naturais conduziu à introdução do conceito de Risco Ambiental, onde se integram fenômenos como a desertificação, poluição e os incêndios florestais.

Nesse contexto, de acordo com Zêzere et al. (2006) o risco é entendido como a probabilidade de ocorrência de um efeito específico causador de danos grave à Humanidade e ao ambiente num determinado período e em circunstâncias determinadas. A natureza de processos e eventos de origem natural ou induzidos por atividades humanas é bastante diversa nas escalas temporal e espacial, por isso o risco natural pode apresentar-se com diferentes graus de perdas, em função da intensidade de abrangência espacial e do tempo de atividade dos processos considerados (Castro, Peixoto e Do Rio 2005). O domínio do risco, como enfatiza Lourenço (2004, p.20), “*pressupõe a gestão do risco, o que implica uma planificação global dos riscos que podem afectar uma determinada área, região ou país, para, com base nela se poder proceder a uma planificação integrada dos recursos em função dos riscos*”.

*A Seca: um fenômeno natural*

No semiárido brasileiro, a seca tem sido entendida como um fenômeno natural decorrente de condições meteorológicas e climáticas que afetam as fontes de água, o solo, a vegetação e a população. De acordo com Campos e Studart (2001), o conceito de seca se relaciona com o ponto de vista do observador. Embora a causa primária seja a insuficiência ou irregularidade das precipitações pluviais – seca climatológica –, a sequência de causas e efeitos afetam o sistema hidrológico (seca hidrológica), o sistema edáfico (seca edáfica), as atividades socioeconômicas (seca social), entre outros aspectos, que podem ser focados com o decréscimo das chuvas. Nesse sentido, convém aqui enfatizar o risco climático da seca como uma realidade perversa para quem avalia a devastação produzida pela estiagem e compreende seus efeitos na paisagem física e no meio socioeconômico e ambiental do sertão nordestino (fot. 2). Nessa região, não só a falta de chuva, mas também a chegada de rigoroso inverno têm seus reflexos principalmente nos campos desprovidos de proteção vegetal. O desflorestamento no entorno das nascentes e topos de serra, deixam descoberto o solo arenoso e pedregoso, sujeito à erosão no período da chuva (Ramalho, 2013).

O risco climático relaciona-se com a variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas que negativamente afeta o equilíbrio hidrológico. A interferência das estiagens na vegetação, um tanto agredida pela interferência antrópica, que desmata e queima, desnudando áreas, favorece o rigor dos processos erosivos, sobretudo quando as precipitações pluviais excedem os limites. “São contrastes climáticos extraordinários”, causados pelas prolongadas estiagens e pela superabundância de chuvas, que formam, algumas vezes, correntes devastadoras (Bhering, 1987, p.5),



Fot. 2 - Aspectos da paisagem em período de estiagem (2012 -2013) no município de Teixeira, Sítio Poços (Maria Ramalho, 2013).

Photo 2 - Views of the vegetation during the dry season (2012-2013) at Poços in Teixeira Municipality (Maria Ramalho, 2013).

as quais arrastam detritos pelas encostas, inundam campos de cultivo, destroem plantações e prejudicam pastagens, suprimindo os açudes de água junto com terra, que é conduzida com o escoamento. Assim, tanto os condicionantes climáticos como a interferência humana na cobertura vegetal e nos solos influenciam na vulnerabilidade ambiental à erosão.

De acordo com Ernesto Sobrinho (2014, pp. 57-58), o período normal de estiagem no semiárido do Nordeste brasileiro, “é de 6 a 8 ou 9 meses consecutivos sem chuva, entre o final de junho e o início de março do ano seguinte, podendo ou não ocorrer, nesse intervalo de tempo, chuvas passageiras de baixa a média intensidade e curta duração”. A calamidade de uma seca, conforme esse autor, ocorre com a ampliação desse período normal de estiagem para 18 ou mais meses praticamente sem chuva. A água armazenada na grande maioria dos barreiros e pequenos açudes dificilmente vai além do período de seis meses de estiagem normal anual. A provisão de alimento e de água para o consumo humano e dos animais só ocorre no período chuvoso normal anual. Fora desse período essa provisão fica restrita aos ambientes pontuais dos açudes e rios, quando esses não secam (Ernesto Sobrinho, 2014). Em alguns anos, as chuvas chegam no tempo esperado e, às vezes chove mais do que a média da área considerada (Ab’Saber, 2003). Tem-se aí um fator de risco de erosão, que tanto compromete os solos como os sistemas de abastecimento de água, por causa do assoreamento.

*O Ambiente de Impacto da Seca*

A presença de espécies espinhentas, como a jurema (*Mimosa stilius* Mart.), as cactáceas e as bromeliáceas, e a de plantas herbáceas anuais, caracterizam o aspecto fisionômico da vegetação de caatinga, que, em quase todas as espécies, perde as folhas como meio de resistir à estação seca (Melo e Rodrigues, 2004). No auge da estação seca, quando árvores e arbustos são desfolhados, há uma desoladora impressão de uma vegetação morta (Queiroz, 2006) e, com as condições de insolação, os solos ficam ressecados (esturricados) e mais expostos à ação do escoamento superficial, sobretudo os das encostas (fot. 3).

Na maioria das vezes, a degradação do solo acontece sobre alguma encosta, mas pode ocorrer também em áreas planas. No entanto, as áreas que apresentam alguma declividade são geralmente as mais afetadas (G. Araújo, Almeida e Guerra, 2005). Conforme vários autores (Gerrard, 1992; Selby, 1993; Thornes, 1990; Guerra, 2000 e 2005; Morgan 2005 e Evans, 2006 citado por Guerra, 2014, p. 56) “a erosão dos solos é um fenômeno natural e, dessa forma, todas as paisagens que possuem mais de 3º de declividade pode sofrer alguma forma de erosão”.



Fot. 3 - Aspecto da vulnerabilidade ambiental aos efeitos das enchurradas com o retorno das chuvas (Maria Ramalho em Teixeira, Sítio Poços, dezembro 2013).

Photo 3 - Views of environmental vulnerability to flash floods as the rains return (Maria Ramalho, in Teixeira, Sítio Poços, December 2013).

Do ponto de vista dos declives, há de se considerar que a maior parte do relevo suavemente ondulado do entorno dos reservatórios em Teixeira (fig.2) têm mais de 3% de declividade e nas vertentes do relevo ondulado a fortemente ondulado, os declives são acentuados, com valores acima de 45%, como sucede nos divisores de água do riacho dos Poços.

Por se tratar de fundo de vale, compreendendo a área de represamento das águas, é natural a chegada de detritos transportados pelo sistema de drenagem do referido riacho. Sem entrar em grandes considerações sobre os fatores que condicionam os processos erosivos, é importante observar, além da declividade, alguns aspectos relacionados ao comprimento e forma das encostas (convexa-retilínea) da bacia de drenagem. Na generalidade dos casos, as rupturas de declive entre os divisores de água e a superfície pedimentar, o estado

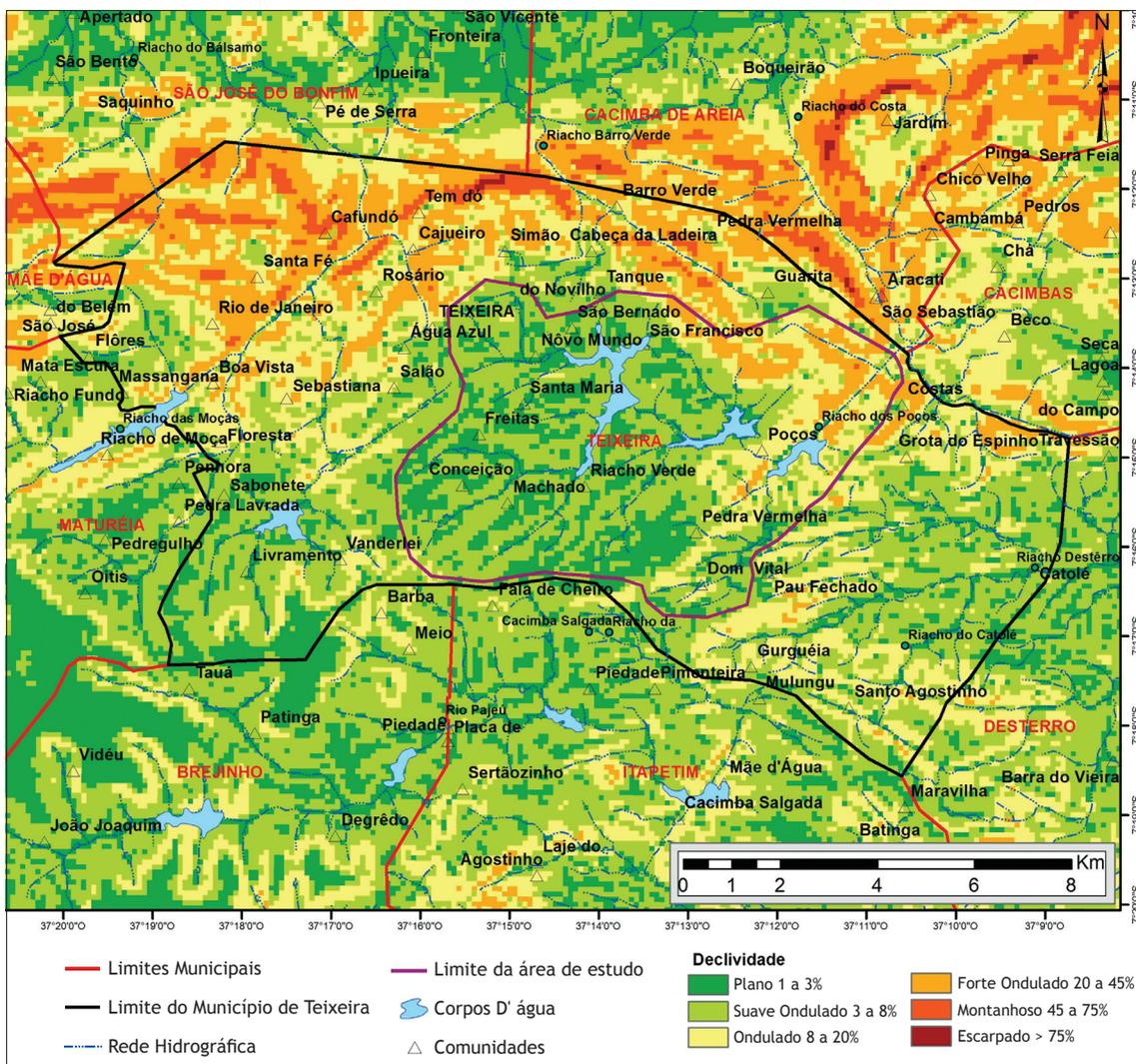


Fig. 2 - Mapa de declividade de ambientes da Serra do Teixeira (Fonte: IBGE, Sudene, CPRM, ANA (Agência Nacional de Água).  
Elaboração Cartográfica: Maurício Tolstói, 2015.

Fig. 2 - Slope map for areas of Serra do Teixeira by ANA (National Water Agency, IBGE, SUDENE)  
Cartographic elaboration: Maurício Tolstói, 2015.

da cobertura vegetal, as diferentes situações de uso e manejo da terra e o momento das chuvas concorrem para maior ou menor propensão à atuação erosiva. Nesse sentido, o relevo ondulado e fortemente ondulado (fot. 4) com declividades mais acentuadas (45%-75%), atuam como áreas dispersoras de fluxos superficiais, e a água que escoar, na superfície pedimentar pedregosa, pode favorecer condições erosivas restritas às diferentes declividades ao longo das encostas.

Conforme Melo Filho e A. Souza (2006, p. 55), “o risco de degradação física do solo pela erosão é muito elevado quando condições de erosividade e erodibilidade se associam ao relevo acidentado”. Nessas circunstâncias (fot. 4), os pontos de inflexão ou de afloramento de rocha separam os segmentos de rampa, que por vezes, se alternam desde os divisores de água até as proximidades dos canais. Dentre os processos superficiais, destaca-se a ação do escoamento superficial difuso não canalizado, *sheet-flow*, marcado por sua rapidez e forte energia geomórfica (Corrêa *et al.*, 2014). Parsons (1988 citado por Guerra, 2014, p. 27), destaca a importância dos efeitos produzidos pelo escoamento superficial (*wash*) na erosão dos solos, em que partículas e agregados vão sendo destacados e transportados encosta abaixo. Os efeitos *offsit* devem-se aos escoamentos de água e sedimentos, causando danos em áreas agrícolas afastadas ou contíguas àquelas onde a erosão ocorre. Esses danos são relacionados a enchentes, assoreamento de rios, de lagos, de reservatórios, e contaminação de corpos líquidos, entre outros (Guerra, 2014).

Com as pesquisas realizadas em parcelas experimentais de erosão no semiárido paraibano, nos municípios de Sumé e São João do Cariri, foi observada a influência da cobertura vegetal, da declividade, da humidade do solo e da prática de cultura sobre o escoamento. Santos *et al.* (2000 citado por J. Y. Santos *et al.* (2012, p. 13), realizando estudos em diferentes sistemas de manejo do solo, observaram a



Fot. 4 - Aspecto de uma encosta vulnerável à erosão. Município de Teixeira-PB (Maria Ramalho, 2012).

*Photo 4 - Aiews of vulnerability to erosion. Teixeira-PB municipality (Maria Ramalho, 2012).*

ineficiência da proteção do solo com o cultivo da palma plantada morro abaixo, constatando que a vegetação nativa é o melhor tipo de cobertura para proteger o solo, dentre os tipos por eles estudados.

Com estudos realizados com medição de escoamento superficial e de erosão, Srinivasan, C. Santos e Galvão (2003), constataram que, nas áreas cobertas pela caatinga, as precipitações de até 30mm não geravam escoamento superficial e que o significado da proteção podia também ser avaliado com a caatinga regenerada da área em pousio. Como descrevem esses autores (p. 60), “O retardamento do fluxo e o aumento da infiltração no solo, pela existência da vegetação, proporcionam um excelente mecanismo de proteção ao solo raso contra a erosão. Até os eventos de maiores precipitações não produziram erosão nas microbacias com caatinga”.

Analisando os tipos de cobertura de solo em relação às condições de humidade, J. Y. Santos *et al.* (2012) observaram que o aumento da cobertura vegetal no decorrer das chuvas simuladas foi significativa para a redução da produção de sedimentos na parcela com vegetação nativa. Comparando as perdas de solo em diferentes tipos de cobertura vegetal, eles constataram que a vegetação nativa se mostrou eficiente na proteção do solo em relação à parcela desmatada, tendo sido reduzido o escoamento superficial e a produção de sedimentos.

No município de Teixeira, percebe-se que a cobertura vegetal está mais degradada nos espaços agrícolas do entorno dos reservatórios de água e também no da área de interferência urbana (fig. 3). Conforme Leite, L. Araújo, Arriel, Chaves e Nóbrega (2015), a vegetação de caatinga ocupa uma área em torno de 11.760,1 hectares, o equivalente a 64,5% da área municipal. Nas áreas de relevo mais acidentado, a vegetação está mais preservada, sobretudo nos locais de difícil acesso e impróprios para agricultura. Com as primeiras chuvas torrenciais, destacando-se o estado da cobertura vegetal e a exposição dos solos, maior é a erosão que, progressivamente, tende a ser menor, enquanto a vegetação se regenera.

Quando chegam as primeiras chuvas, árvores e arbustos de folhas miúdas e múltiplos espinhos, tudo reverdece (Ab’Saber, 2003). O ambiente naturalmente se recompõe, mas a preocupação maior se volta para as áreas com vegetação degradada e com interferência antrópica, por causa da erosão acelerada, aumentando cada vez mais a perda de nutrientes do solo e o risco de assoreamento dos mananciais de água. Como enfatiza Ernesto Sobrinho (2014), não havendo degradação do solo pelo uso agrícola nem corte de mato para extração de madeira (lenha, estaca, vara para fazer cerca), a vegetação secundária pode chegar ao clímax, ou coisa semelhante de equilíbrio local num período de 30 anos ou mais.

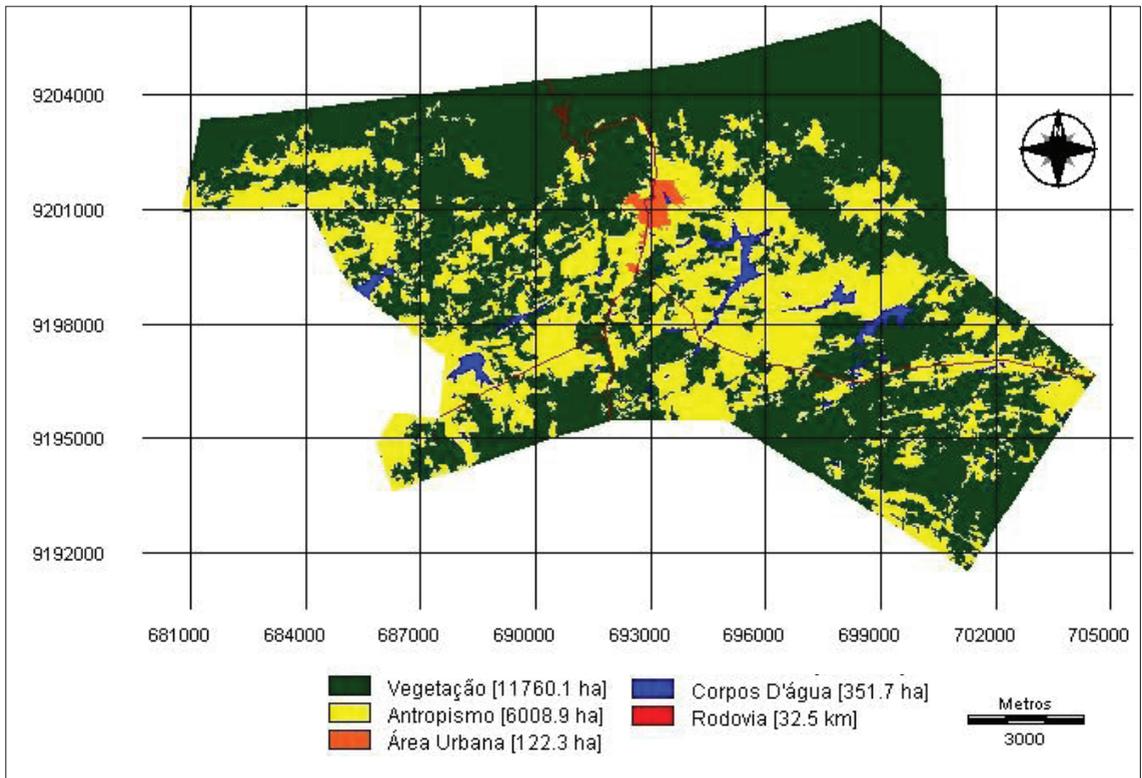


Fig. 3 - Mapeamento da distribuição espacial da cobertura vegetal do município de Teixeira, em novembro de 2008 (Fonte: Leite *et al.*, 2015).

Fig. 3 - Map of the spatial distribution of vegetation in Teixeira Municipality in November, 2008 (Source: Leite *et al.*, 2015).

Na visão ambiental, os ecossistemas estão sempre se modificando, embora, na maioria das vezes, de forma relativamente lenta, e toda área cujas condições ecológicas favorecem determinadas comunidades ou espécies também sofre alterações. Fatores climáticos, geológicos ou antrópicos podem causar a fragmentação das áreas fazendo surgir entre elas ambientes ecológicamente desfavoráveis à sobrevivência daquelas espécies (Pereira e Almeida, 2000).

Conforme Whittaker (1970 citado por Martins e Rebelo, 2010), os ecossistemas secos geralmente suavizam a pulsação pluviométrica que sobre eles incide. Se existe vegetação nativa, solos profundos, superfície rochosas entre os solos e os profundos vales fluviais, há tendência a se armazenar água, contribuindo para que esses ecossistemas, ao aproximarem-se do seu clímax, controlem cada vez melhor seu próprio microambiente. Mas a ocupação e uso do solo que não consideram a particularidade desses ecossistemas, pode “*desencadear um processo de crescente improdutividade dos solos que poderá culminar no processo de desertificação*” (Martins e Rebelo, 2010, p. 70). Enfatizam os autores que além do tipo de solo e da declividade das encostas, há as superfícies desnudas e a ação antrópica, que, por vezes, favorecem a erosão hídrica, e também a erosão

eólica, podendo assumir um papel muito importante na paisagem e também na dinâmica das vertentes.

No entorno dos mananciais, em Teixeira, apesar de as áreas com maior interferência apresentarem relevo menos acidentado (fig.4), a pouca profundidade do solo (Cambissolo) e a alta pedregosidade confere uma maior vulnerabilidade à superfície que se expõe pela degradação da cobertura vegetal e pelo cultivo da terra. De acordo com WRI *et al.* (1992, citado por G. Araujo *et al.*, 2005, p. 21), as terras cultivadas podem ser degradadas pela erosão e também por práticas agrícolas, como: a mecanização, que pode favorecer a compactação e selagem do solo; o cultivo sucessivo, que pode esgotar os nutrientes do solo; e a aplicação exagerada de produtos químicos agrícolas, que pode matar os organismos benéficos ao solo. A impermeabilização da superfície, assim como o tipo de solo, a declividade, a interferência do uso e o estado da cobertura vegetal são fatores observados que intervêm na dinâmica erosiva (fot. 5 e 6) e, conseqüentemente, no assoreamento dos mananciais de água.

Segundo G. Araújo *et al.* (2005), a degradação de uma unidade de terra pode ser proveniente de condições atmosféricas adversas ou da própria cobertura vegetal

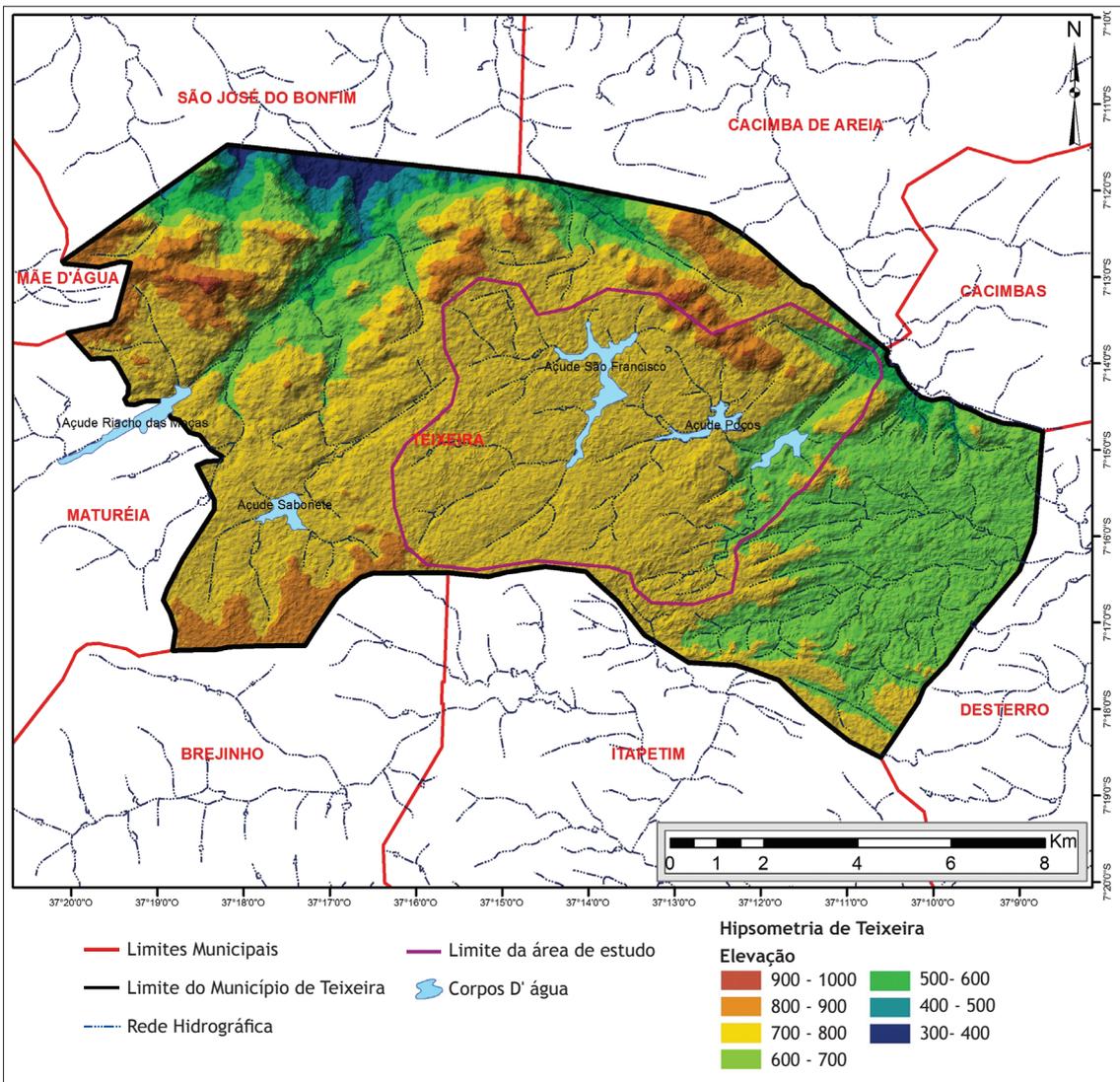


Fig. 4 - Mapa Hipsométrico do município de Teixeira/Pb (Fonte de dados: IBGE, SUDENE, ANA). Elaboração Cartográfica: Maurício Toistoi, 2014).

Fig. 4 - Hypsometric map of Teixeira, Pb (Data sources: IBGE, SUDENE and ANA). Cartographic elaboration: Maurício Toistoi, 2014.



Fot. 5 - Terra arada com trator para plantio (Maria Ramalho, em Teixeira (Sítio Poços), 2013).

Photo 5 - Soil tilled by tractor before planting (Maria Ramalho at Teixeira (Sítio Poços), 2013).



Fot. 6 - Aspectos da encosta com solo compactado e exposto a erosão hídrica (Maria Ramalho, em Teixeira (Sítio Poços), 2014).

Photo 6 - Views of the slope, with compacted soil exposed to water erosion (Maria Ramalho at Teixeira (Sítio Poços), 2014).

e da população animal (densidade e diversidade), por meio da ação humana, e pode ser agravada por períodos de seca, mais ou menos cíclica, como no Sahel, sudeste da África e no nordeste do Brasil. Segundo Blaikie e Brookfield (1987 citado por G. Araújo *et al.*, 2005, p. 31), a degradação da terra e também a seca têm parcialmente sido responsáveis pela severidade da fome em áreas agrícolas da Etiópia e do Sudão. No Egito, conforme Kishk (1986 citado por G. Araújo *et al.*, 2005, p. 40) *“a situação da degradação ambiental no Vale do Nilo piorou acentuadamente devido à pressão do crescimento populacional, combinado com a escassez de terras agricultáveis, levando os fazendeiros a exigirem da terra mais do que ela pode produzir”*.

### A Importância do Açude no Semiárido

No caso do semiárido brasileiro, a valorização dos espaços agrícolas no entorno dos reservatórios de água, geralmente, não observa a vulnerabilidade da área, de modo que não prioriza o planejamento ambiental nas condições de controle de uso e manejo do solo para fins de sustentabilidade. Conhecer os fatores que interferem na dinâmica ambiental é essencial para o ordenamento sustentável e a gestão do uso da água, que, com o crescimento das cidades e o desenvolvimento de culturas mecanizadas, tem sido alvo de uma acentuada pressão sobre os mananciais. Verifica-se que entre os mais proeminentes fatores de degradação da disponibilidade hídrica são o assoreamento e a poluição (J. Araújo, 2012).

J. Araújo (2012, pp. 34-35), avaliando o aporte de sedimentos a sete açudes semiáridos (450 toneladas por km<sup>2</sup> de bacia a cada ano), conclui que a taxa de decaimento volumétrico média é de 1,85% a cada década e que o impacto dessa redução volumétrica sobre a disponibilidade hídrica *“é considerável não só pela redução do volume mas por gerar reservatórios de geometria mais aberta, incrementando o já considerável processo de evaporação”*.

Apesar de outros casos de mananciais de água na Serra do Teixeira com risco de assoreamento, destaca-se o exemplo do Açude de Poços (fot. 7), por ser um dos mais antigos da região, mas de pouca funcionalidade para abastecimento de água nos dias atuais. O aumento do cultivo irrigado e a falta de fiscalização para conter o uso excessivo de água no período de estiagem incluem-se entre os fatores que, não apenas nesse Açude, comprometem o sistema de armazenamento de água. Além do mais, a qualidade da água para uso doméstico deixa a desejar, por causa da contaminação por agrotóxico e defensivo agrícola.

Na área de influência do Açude de Poços (fot. 8), construído com o objetivo de viabilizar o uso da

água e solo em condições de semiaridez, incluem-se também as características dos fatores naturais – como a declividade das encostas, as áreas com vegetação degradada, a existência de solos rasos e de afloramentos rochosos, além da compactação do solo –, os quais sob a interferência dos antrópicos, aumentam os rigores do risco ambiental da Seca. Tal risco, porém, só se efetiva por causa da presença humana.

Na área do substrato cristalino, não há condições de oferta de água subterrânea em quantidade e, às vezes, em qualidade. A oferta superficial feita pelos açudes e, dependendo do volume de água armazenado e das condições de construção dos reservatórios, alguns deles, mesmo sem restituição anual pelas chuvas, fornecem água durante dois ou três anos (Ernesto Sobrinho, 2014). Outros reservatórios, de menor porte, quando não são reabastecidos pelas chuvas, geralmente vão secando ou terminam por secar no período crítico de estiagem.



Fot. 7 - Visão parcial do Açude de Poços, antes da longa estiagem, com depósitos de sedimentos no entorno das suas margens (Maria Ramalho, em Teixeira (Sítio Poços), 2009).

*Photo 7 - Partial view of Poços Reservoir before the long drought, with sedimentation around its banks (Maria Ramalho at Teixeira (Sítio Poços), 2009).*



Fot. 8 - Visão parcial do Açude de Poços afetado pela estiagem (Maria Ramalho, em Teixeira (Sítio Poços), setembro 2013).

*Photo 8 - Partial view of the Poços Reservoir affected by the drought (M. Ramalho, at Teixeira (Sítio Poços), September, 2013).*

A construção de açudes foi provida no Nordeste em muitas décadas de trabalho do DNOCS (Desenvolvimento Nacional de Obras Contra a Seca). *“Estas ações tomadas inicialmente pelo Império e em seguida pelo Governo Federal, remontam ao ano de 1877, ano em que a região foi assolada por uma grande seca”* (Campos e Studart, 2001, p. 7).

Segundo Baptista (1933, pp. 179 e 180), na seca 1877-1879, deu-se o reconhecimento da grande represa de Poços, nos seguintes termos: *“O extenso açude no lugar denominado Poços na vila do Teixeira, que atravessa uma área de mais de 300 metros em quadro, prestes a concluir-se sob a direção do Rev. Vo. Bernardo de Carvalho Andrade, que tem se dedicado [...], é uma das obras de maior vulto da Província”, e “Obra importantíssima e considerada uma das principais represas d’água do Imperio, a qual muito contribuirá para atenuar, no alto sertão desta Província os efeitos de qualquer seca que sobrevenha evitando a reprodução dos males que tem sofrido aquela parte da Província por falta de chuva [...]”*.

A escassez de chuva e os processos naturais da evaporação, o consumo humano e o animal interferem nos sistemas hídricos de abastecimento, mas as atividades agropecuárias, principais recursos econômicos do nordeste semiárido e da Serra do Teixeira (IBGE, 2010), aumentam os riscos de degradação da terra, por causa da erosão, e também o de doenças infectocontagiosas, às vezes causadas pelo uso de águas não adequadas para consumo, tendo-se em vista a qualidade da água represada, que concentra o produto da erosão e dos defensivos agrícolas utilizados nos campos de cultivo.

Com o produto da erosão, que coloca em risco o aterramento do Açude de Poços, a perda de água esvaída pelo sangradouro, todavia, faz-se bem maior. O volume de terra submersa, ao ficar exposto, com o açude seco, revela o efeito das chuvas torrenciais, que favorecem a remoção dos solos para as áreas de baixada (fot. 8). Tal fenómeno, embora de importância para a agricultura nas margens do açude, mais úmidas e mais ricas em nutrientes, também apresenta o inconveniente da deposição de sedimentos, que tende a impossibilitar a disponibilidade do recurso hídrico no período crítico da estiagem.

Uma área com atividade agrícola, onde se encontra o Açude de Poços, o aumento das taxas erosivas põe em risco o desempenho da açudagem, por causa do assoreamento ao longo dos anos. Assim, tem-se diminuída a capacidade do Açude de armazenar um volume maior de águas pluviais e, com a escassez da chuva, a água represada torna-se insuficiente para atender à demanda hídrica do período da estiagem, à proporção que a evaporação e o cultivo irrigado se intensificam. O histórico Açude de Poços, outrora uma obra hídrica necessária para as imprevisões das grandes estiagens, principalmente

no sentido de manter as culturas, em torno da área, irrigadas, hoje está ameaçado de desaparecer, devido aos agravantes acima mencionados, que também põem em risco sua longa existência.

Com os açudes, como recurso de armazenamento de água, certamente a sazonalidade do semiárido pode ser menos agressiva. Durante a cessação da chuva, os campos arborizados ou cobertos de lavoura e relva aparecem como sem vida, mas a área descoberta dos açudes que secam mantém a umidade por mais tempo e a vegetação de vazante beneficia o gado solto pelos campos. No entanto, o assoreamento dos açudes por causa da erosão é também uma realidade das grandes represas de água, que terminam por diminuir seu tempo de utilidade.

### Considerações Finais

Os riscos associados à seca tornam-se críticos nas áreas semiáridas, considerando-se que a interferência antrópica e o déficit hídrico do período de estiagem, consorciados aos fatores naturais – do relevo, das condições climáticas, dos solos, da natureza da cobertura vegetal –, e à necessidade de sobrevivência dos habitantes são fatos reais que não podem ser mudados. Mas o risco ambiental talvez só possa ser reduzido com a mudança de mentalidades. Nesse aspecto, o fenómeno meteorológico é causado pela ordem natural dos sistemas atmosféricos, e o risco das secas se remete à história da ocupação da referida área. O uso predatório há mais de quatro séculos e os diferentes graus de agressão ao meio natural são questões levantadas por vários autores que analisam as causas ambientais do Nordeste semiárido, bem como as da desertificação. Mas, no atual estágio de desenvolvimento da região, é quase impossível mudar mentalidades senão pelo trabalho de sensibilização e de conscientização, principalmente com as práticas de Educação Ambiental.

Sob o ponto de vista climático e o geográfico da área de impacto da seca, toda e qualquer discussão sobre o assunto é ainda insustentável, carecendo-se de estudos mais aprofundados sobre a causa ambiental que envolvam pesquisas que priorizem uma investigação mais exaustiva sobre a erosão e a degradação dos solos na Serra do Teixeira e outras áreas com problemas idênticos. Nesse aspecto, a ocorrência de eventos de seca e de chuva mostra a necessidade de estudos geomorfológicos e climáticos para uma melhor compreensão dos processos morfogénéticos e para que a gestão pública estabeleça planos de acção, que priorizem o meio ambiente, em diferentes formas de utilização dos recursos naturais. Combater a degradação da vegetação causada pela interferência antrópica pode ser a forma mais eficaz de se amenizar o efeito da erosão acelerada e de vir-se a poder conservar por mais tempo a água nas fontes, além de se melhorar a qualidade da água dos mananciais, contaminada por agrotóxicos e fertilizantes químicos.

Do exposto, conclui-se que:

- Os efeitos da seca são severamente sentidos em sua magnitude, mas passado o risco hidrológico tudo tende a voltar à normalidade com o retorno das chuvas, e também com as mesmas práticas de manejo do solo;
- A vulnerabilidade da região aos eventos de seca configura risco natural, mas a degradação por causa de interferência humana aumenta o risco ambiental;
- O assoreamento dos açudes aumenta as dificuldades econômicas da população que convive com os riscos da seca;

Assim, numa visão preliminar dos fatos analisados neste trabalho, tanto o fator climático como o antrópico podem causar risco ambiental para a região, sendo o primeiro um processo natural e o segundo causado pela sequência de intervenções humanas sem controle de preservação e conservação dos recursos naturais.

#### Referências Bibliográficas

- Ab'Saber, A. N. (2003). *Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 159p.
- Agra, M. F. de, Barbosa, M. R. V. e Stevens, W. D. (2004). Levantamento Florístico Preliminar do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil. In: K. C. Pôrto, J. J. P. Cabral; M. Tabarelli (Orgs.). *Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba - História Natural, Ecologia e Conservação* (pp. 122-138). Brasília: MMA/UFPE.
- Andrade, M. C. de (1998). *A Terra e o Homem no Nordeste* (6a ed). Recife: Editora Universitária da UFPE, 305p.
- Araújo, G. H. S., Almeida, J. R. e Guerra, A. J. T. (2005). *Gestão ambiental de áreas degradadas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Araújo, J. C. de (2012). Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas. In: H. R. Gheyi, V. P. da S. Paz, S. de S. Medeiros e C. de O. Galvão (Orgs.), *Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas: Estudos e Aplicações*. Instituto Nacional do Semiárido (pp. 30-43). Campina Grande: Insa, UFRB. ISBN 978-85-64265-03-5. Disponível em: [http://www.insa.gov.br/wp-content/themes/insa\\_theme/acervo/recursos-hidricos-ii.pdf](http://www.insa.gov.br/wp-content/themes/insa_theme/acervo/recursos-hidricos-ii.pdf)
- Baptista, P. (1933). *O Cônego Bernardo*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 211 p.
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Costa, F., Lourenço, L., Ferreira-Leite, F. e Marçal, V. (2014). *Manifestação de Riscos no NW de Portugal*. Riscos, Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. Livro Guia da Viagem de Estudo, III Congresso Internacional, I Simpósio Ibero-Americano, VIII Encontro Nacional de Risco, Guimarães-PT.
- Bhering, F. (1987). O problema do Norte. In: V. Rosado e A. Rosado (Orgs.), *Décimo sexto livro das secas* (Coleção Mossoroense, vol. CCCLXXVIII, p. 5-41). São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo.
- BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA (1991). *O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. Relatório do Brasil para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Brasília, CIMA, 204 p.
- Campos, J. N. e Studart, T. M. C. (2001). *Secas no Nordeste do Brasil: Origens, Causas e Soluções*. Disponível em: [http://www.deha.ufc.br/ticiania/Arquivos/Publicacoes/Congressos/2001/Secas\\_no\\_Nordeste\\_do\\_Brasil\\_08\\_de\\_junho\\_def.pdf](http://www.deha.ufc.br/ticiania/Arquivos/Publicacoes/Congressos/2001/Secas_no_Nordeste_do_Brasil_08_de_junho_def.pdf). Acesso em: 08/05/2016.
- Carvalho, M. G. R. F. (1982). *Estado da Paraíba: classificação geomorfológica*. João Pessoa: Ed. Universitária/UFPB.
- Castro, C. M. de, Peixoto, M. N. de Oliveira e Do Rio, A. P. (2005). Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e escalas. *Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ*, 28 (2), 11-30. ISSN0101-9759.
- Cavalcante, A. (2005). Jardins suspensos no Sertão. *Scientific American Brasil*, 32. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/MCTI/jardins-suspensos>
- Corrêa, A. C. B., Souza, J. O. P. de e Cavalcanti, L. C. de S. (2014). Solos do Ambiente Semiárido Brasileiro: erosão, degradação a partir de uma perspectiva geomorfológica. In: A. J. T. Guerra e M. C. O. Jorge (Orgs.), *Degradação dos solos no Brasil* (p. 127-169). Rio de Janeiro: Bertand Brasil.
- Corrêa, A. C. B., Tavares, B. A. C., Monteiro, K. de A., Cavalcanti, L. C. de S. e Lira, D. R. de (2010). Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, 31 (1/2), 35-52.
- Ernesto Sobrinho, F. (2014). *Ecosystema Agrícola no Semiárido na Trilha da Memória*. Mossoró: Fundação Vingt um Rosado, 408p.
- Guerra, A. J. T. (2014). Degradação dos Solos. Conceitos e Temas. In: A. J. T. Guerra e M. C. O. Jorge (Orgs.). *Degradação dos solos no Brasil* (pp. 15-50). Rio de Janeiro: Bertand Brasil.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010). *Paraíba. Teixeira*. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=251670>
- INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. (2012). *Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro*. Campina Grande. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/censosab/index.php?>

- Leite, J. A. N., Araújo, L. V. C. de, Arriel, E. F., Chaves, L. F. C. e Nóbrega, A. M. F. da (2015). Análise quantitativa da vegetação lenhosa da caatinga em Teixeira, PB. *Brazilian Journal of Forestry Research*, 35 (2). Disponível em: <http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/584>. Doi: <http://dx.doi.org/10.4336/2015.pfb.35.82.584>
- Lourenço, L. (2004). *Riscos Naturais e Proteção do Ambiente*. Coimbra: Gabinete de Publicações da FLUC, Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, 178 p.
- Martins, B. e Rebelo, F. (2010). Erosão e paisagem em São Vicente e Santo Antão (Cabo Verde): O risco de desertificação. *Territorium*, Portugal, 16, 69-78.
- Matos, R. M. de, Medeiros, R. M. de, Silva, P. F. da, Francisco, P. R. M. e Santos, D. (2015). Caracterização Agroclimática e Aptidão Climática de Culturas para Teixeira. *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia -CONTEC*. Centro de Eventos do Ceará-Fortaleza-CE.
- Melo, A. S. T. e Rodrigues, J. L. (2004). *Paraíba: desenvolvimento econômico e a questão ambiental*. João Pessoa: Editora Grafset, 164p.
- Melo Filho, J. F. e Souza, A. L. V. (2006). O manejo e a conservação do solo no semi-árido baiano: desafios para a sustentabilidade. *Bahia Agric.*, 7 (3), 50-60.
- Mendes, Benedito V. (1985). *Alternativas tecnológicas para a agropecuária do semiárido* (Projeto Nordeste, Coleção Mossoroense). Rio de Janeiro, Rede Globo.
- Pereira, J. B. S. e Almeida, J. R. de (2000). Biogeografia e Geomorfologia. In: A. J. T. Guerra e S. B. Cunha (Orgs.), *Geomorfologia e Meio Ambiente* (pp. 195-247). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- PROJETO RADAMBRASIL (1981). Levantamento de Recursos Naturais. *Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal* (23), Rio de Janeiro, 740p.
- Queiroz, L. P. (2006). Angiosperma do Semi-árido Brasileiro. In: L. P. Queiroz, A. Rapini e A. M. Giuliatti (Eds.), *Resumo ao amplo conhecimento da biodiversidade do semi-árido brasileiro* (Cap. 6, p. 47-52). Brasília-Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia.
- Ramalho, M. F. J. L. (2013). *Risco em ambiente semiárido: uma revisão da recorrência da seca no nordeste dos Brasil*. Disponível em: [http://www.uc.pt/fluc/depgeo/publicacoes/livro\\_homenagem\\_FREbello/339-350](http://www.uc.pt/fluc/depgeo/publicacoes/livro_homenagem_FREbello/339-350)
- Sá, I. B., Cunha, T. J. F., Teixeira, A. H. C. T., Angelotti, F. & Drumond, M. A. (2010). Desertificação no Semiárido brasileiro. Fortaleza. *ICID+18, 2a Conferência Internacional: Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas*, 16 - 20 de Agosto de 2010, Fortaleza - Ceará, Brasil.
- Santos, J. B. e Menino, I. B. (1989). *Avaliação dos recursos naturais do município de Teixeira na Paraíba*. Disponível: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte@80/2008/08.19.44/dos/791-796.pdf>. Acesso em: 08/05/2016.
- Santos, J. Y. G. dos, Santos, C. A. G., Silva, R. M. da, Lima, V. C. de, Silva, L. P. e Arruda, P. M. (2012). Análise das Perdas de Água e Solo no Semiárido Paraibano utilizando Simulador de Chuva. *XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Maceió. Disponível em: <http://www.abrh.org.br>. doi:10.21168/rbrh.v17n4.p217-228
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (2005). *Diagnóstico do Município de Teixeira, estado da Paraíba*. Recife, CPRM/PRODEEM, Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. 10 p.
- Souza, M. J. N. e Oliveira, V. P. V. (2006). Os enclaves úmidos e subúmidos do semiárido do Nordeste brasileiro. *Mercator- Revista de Geografia da UFC*, 5 (9) 85-102.
- Srinivasan, V. S., Santos, C. A. G. e Galvão, C. O. (2003). Erosão Hídrica do Solo no Semi-árido Brasileiro: A Experiência na Bacia Experimental de Sumé. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8 (2), 57-73.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (1972). Carta Topográfica à escala 1:100.000. Cruzeiro do Sul, Rio de Janeiro. *Folha Patos SB.24-Z-D-I*.
- Zêzere, J. L., Pereira, A. R. e Morgado, P. (2006). Perigos Naturais e Tecnológicos no Território de Portugal Continental. In: *Apontamentos de Geografia*. Lisboa, série: Investigação, Centro de Estudos Geográficos.



RISCOS



ANTECEDENTES SOBRE LOS IMPACTOS ECOLOGICOS DE LOS FUEGOS Y DE OTROS FACTORES ANTROPICOS EN LOS BOSQUES DE *JUBAEA CHILENSIS* (MOLL) BAILLON. CASO DE ESTUDIO: MICROCUENCAS PERURBANAS DE LAS CIUDADES DE VALPARAÍSO Y VIÑA DEL MAR, CHILE\*

ECOLOGICAL IMPACT OF WILDFIRES AND ANTHROPOGENIC ACTIVITY ON THE *JUBAEA CHILENSIS* (MOL) BAILLON FOREST. CASE STUDY: PERI-URBAN MICRO-BASINS OF VALAPRAÍSO AND VIÑA DEL MAR CITIES, CHILE

Victor Quintanilla Pérez

Universidad de Santiago de Chile (Chile)  
[victor.quintanilla@usach.cl](mailto:victor.quintanilla@usach.cl)

Mauricio Morales Constanzo

Universidad de Santiago de Chile (Chile)  
[m.morales.constanzo@gmail.com](mailto:m.morales.constanzo@gmail.com)

RESUMEN

Los incendios forestales que se producen anualmente durante los veranos en Chile mediterráneo, han afectado también la biodiversidad de las formaciones vegetales. Actualmente se distingue un paisaje fragmentado, sobre todo por los cambios de uso del suelo y que han reducido bastante el hábitat de la palma nativa.

El clima mediterráneo de Chile se caracteriza en los valles y cordilleras costeras por un largo y seco verano, precipitaciones nulas y constantes vientos cálidos en el litoral. Esto favorece la recurrencia y extensión de los fuegos forestales. Se expone el estado actual de la situación con respecto al bosque de la palma endémica de Chile (*Jubaea chilensis* (Moll) Baillon que vive asociada al matorral esclerófilo mediterráneo en el litoral de Valparaíso (33°03' Sur- 71°3' Weste) y cuyo cortejo florístico, está muy alterado por los impactos de los recurrentes fuegos estivales y la acción antrópica en microcuencas costeras. Por otra parte la regeneración de los palmares es escasa debido a la explotación que realizan los lugareños de sus frutos ("coquitos") comestibles y también por la herbivoría de fauna y animales domésticos.

La especie está declarada en estado de vulnerable y el estado junto a algunas fundaciones privadas, llevan a cabo desde más o menos unos 15 años, planes de regeneración y recuperación de esta palma que es la más longeva y una de las más australes del mundo.

**Palabras clave:** Palmas, bosque esclerófilo, endémico, erosión de suelos.

ABSTRACT

The forest fires that occur every year in Mediterranean Chile have also affected the biodiversity of plant formations. At present a fragmented scenery is seen, mostly due to the changes in soil use, which have significantly reduced the habitat of the native palm trees.

Chile's Mediterranean climate is characterized in the coastal valleys and mountain ranges by a long and dry summer, zero precipitation, and constant warm winds on the coastline. This favours the recurrence and spread of forest fires. The current state of the situation is presented with respect to the forest of the endemic Chilean palm (*Jubaea chilensis* (Moll) Baillon, which lives in association with the Mediterranean sclerophyllous brush along the shores of Valparaíso (33°03' South-71°3' West), whose floristic entourage is highly altered by the recurring impact of the summer fires and by anthropic action in coastal microbasins. On the other hand, the regeneration of palm groves is poor due to the exploitation carried out by the local people of their edible fruits (tiny coconuts) as well as by the herbivorous fauna and domestic animals. The species has been declared in a vulnerable category, and for some 15 years the State, together with some private foundations, has been carrying out regeneration and recovery plans of this palm tree, which is the longest living and one of the southernmost in the world.

**Keywords:** Palms, sclerophyllous forest, endemic, soil erosion.

\* O texto deste artigo foi submetido em 22-11-2016, sujeito a revisão por pares a 20-04-2017 e aceite para publicação em 22-06-2017.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25 (I), 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introducción

*Jubaea chilensis* Mol (Baillon) endémica de Chile, es una de las palmas más longevas del globo, pudiendo superar los 700 años de vida (J. Grau, 2004). Según algunos registros palinológicos, la permanencia de esta especie en Chile data desde el Terciario, lo que puede hacer creer que la palma podría ser una especie relictica de formaciones vegetales de origen tropical (C. Villagrán y J. Armesto, 1980; A. Moreira, 2011). En la actualidad se distribuye en la zona mediterránea de Chile, en poblaciones fragmentadas aproximadamente desde los 31°15' hasta los 35°30' latitud sur.

La palma chilena es una de las especies de mayor valor científico de la flora de Chile, siendo el segundo representante más austral de la familia *Arecaceae* (*Palmaceae*), después de *Rhopalostylis sapida*, endémica de Nueva Zelanda; estas agrupaciones están consideradas entre los 68 sitios prioritarios de conservación en el país (I. Benoit, 1989).

Esta especie se caracteriza por su lento crecimiento, y por su morfología de tronco grueso más bien liso de un aspecto de estilo dórico, pues tiende a estrecharse en su base, siendo más notorio aún hacia el extremo superior, careciendo del capitel de ramas romas, que es típico en la mayoría de las palmas. El esfuerzo que la planta realiza para producir sus frutos es lo que marca el tan notorio estrechamiento del tronco, alcanzando hasta 30 metros de altura con un diámetro aproximado de 1 metro, y con ramas de más de 1 metro de longitud (Grau, 2004). Las palmas cuya corteza es de fibra, en términos estrictos no son árboles propiamente tales, sino más bien plantas de tipo herbáceas que evolucionaron a tamaños descomunales.

En un contexto histórico, la presencia de esta especie hace siglos atrás, se contaba por cientos de miles en territorio chileno. De acuerdo a ello y como antecedente, el jesuita Alonso Ovalle en el siglo XVII la describió extensamente, al igual que Darwin en 1834, cuando en su tercera visita a Chile ascendió al macizo de la Campana (región de Valparaíso), que aparte de sus observaciones científicas, demostró su admiración por los hermosos bosques de palmas y de agrupaciones esclerófilas en laderas del macizo. Sin embargo, también constató la explotación de la palma en el medio rural para la elaboración de miel, que se realiza a partir de la extracción de su savia. Cabe señalar que este tipo extracción se efectúa desde hace unos 200 años (L. González *et al.*, 2009).

En la actualidad se han mantenido diversos procesos de degradación en los bosques mediterráneos, que han significado un retroceso gradual de las agrupaciones de palma; impactos que están asociados fundamentalmente a incendios forestales y al crecimiento y expansión de las grandes ciudades. Esta

situación ha incrementado necesariamente la presión sobre los recursos naturales de la región mediterránea, que por lo demás es donde históricamente se ha concentrado la población en Chile.

En Chile se originan en promedio 6.700 incendios forestales al año (a excepción del año 2017 que se quemaron más de 364.000 hectáreas), los que han afectado una superficie promedio a de 78.500 hectáreas aproximadamente, de las cuales corresponderían en más de un 70% a formaciones boscosas nativas (I. Fernández *et al.*, 2010; M. Castillo *et al.*, 2013; CONAF, 2016). Sobre la distribución en el país de estos incendios, estarían concentrados principalmente en Chile central (zona mediterránea), representando sobre el 74% del total nacional de incendios, y otra parte importante, desde hace más de 15 años, en la zona templada del país (V. Quintanilla, 2002).

Entre las causas principales de los fuegos en Chile central, serían prácticamente en un 99% de origen antrópico, los cuales se suman a otros factores como la marcada estacionalidad propia de los climas mediterráneos, con veranos muy secos y cálidos, y de intensa circulación atmosférica, otorgando las condiciones necesarias para el inicio y propagación de los fuegos (V. Quintanilla y R. Castro, 1998).

La región de Valparaíso es precisamente una de las regiones administrativas con mayores registros de incendios a nivel nacional, eventos que se han constituido, desde mediados del siglo pasado, en un importante factor de degradación para las agrupaciones de palma chilena y de los ecosistemas boscosos en general; implicando una modificación de la estructura y composición de especies, dinámica sucesional, y perturbación de las interacciones ecológicas del sistema (I. Fernández *et al.*, 2010).

El objetivo de este estudio es presentar algunos antecedentes respecto de lo que ha sucedido con la palma nativa chilena (*Jubaea chilensis*) frente a la larga ocurrencia de incendios forestales acaecidos en las microcuencas costeras de la región de Valparaíso, además de su impacto en la conservación y protección de su cortejo florístico.

## Área de estudio

La región mediterránea en Chile se extiende aproximadamente entre los 32° y 36° de latitud sur. En su extremo septentrional (32°-33° latitud sur) se localiza la región política administrativa de Valparaíso, lugar donde está distribuida precisamente el área de estudio, correspondiente a las microcuencas o quebradas costeras de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar. Entre estas microcuencas periurbanas se encuentran: El Quiteño, Las Siete Hermanas, Alto Tranque, Rodelillo, Cabritería y Santos Ossa (fig. 1).

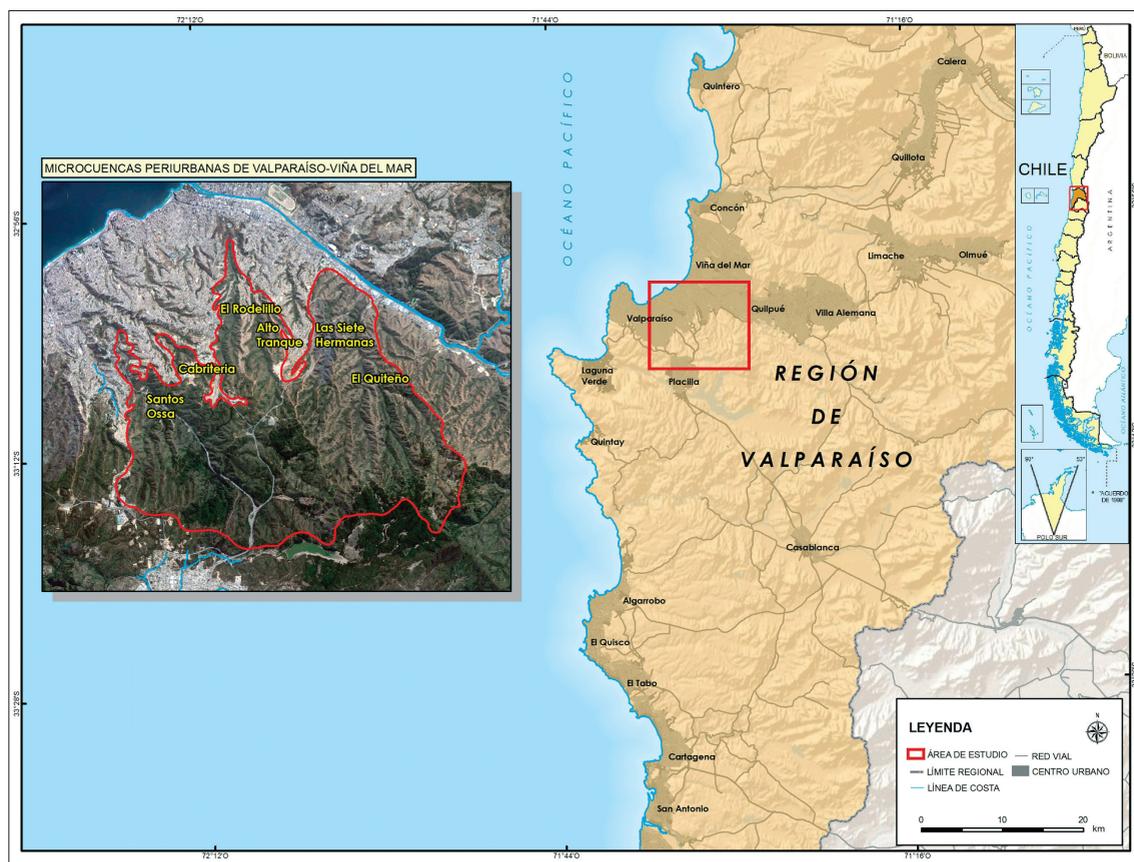


Fig. 1 - Microcuencas periurbanas de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar. Región de Valparaíso.

Fig. 1 - Peri-urban microbasins of Valparaíso and Viña del Mar cities. Region of Valparaíso.

#### *Antecedentes de las condiciones mesológicas de las microcuencas costeras*

Las microcuencas o quebradas El Quiteño y Las Siete Hermanas, forman parte del Santuario de la naturaleza Palmar de El Salto, ubicado en los 33° 03'S y 71° 32'W, en la comuna de Viña del Mar. Estas dos microcuencas presentan las mayores concentraciones costeras de palmas chilenas. Se orientan de sur a norte, con altitudes que oscilan entre los 90 y 250 m.s.n.m., siendo de morfología estrecha y de fuertes pendientes.

Con respecto a las características litológicas y de geomorfología del área de estudio, las microcuencas están situadas sobre terrazas de abrasión marina de edad pliocénica, las cuales presentan un relieve de aspecto colinar con lomajes convexos-cóncavos suavemente ondulados, y en parte, disectados por numerosos cursos de agua (quebradas) de orientación general sur-norte, que desembocan en un colector mayor correspondiente al arroyo Marga-Marga o Estero de Viña del Mar. Este curso hídrico posee una amplia variación de caudal estacional debido fundamentalmente al régimen pluviométrico propio del clima mediterráneo, con precipitaciones concentradas sobre todo en otoño e invierno (C. Caviedes, 1992; L. Flores-Toro y F. Aguirre-Saavedra, 2008).

Entre los factores asociados al régimen de incendios, el clima aquí desempeña un rol importante. Las condiciones atmosféricas de la región mediterránea chilena están caracterizadas principalmente por un prolongado, seco y caluroso verano, el cual frecuentemente se encuentra acompañado por vientos que alcanzan gran intensidad, lo cual tiene una gran incidencia en el surgimiento, expansión y duración de los incendios.

En el sector de nuestra área de estudio predomina un clima templado cálido con lluvias invernales y con estación seca de gran nubosidad. Este sector costero se caracteriza por una gran cantidad de nubosidad que se observa todo el año, con mayor intensidad en invierno, asociada a nieblas y lloviznas lo que produce bajas amplitudes térmicas. La diferencia de temperatura media entre el mes más cálido y el mes más frío es de solo 5° a 6° C y la diferencia entre las temperaturas máximas y las mínimas diarias varía entre 7°C en verano y sólo 5°C en invierno, lo que es entre 1° Y 2° inferior respectivamente comparado con la región semiárida situada unos 200 kms. más al norte. La humedad atmosférica es alta, con un valor medio de 82% (Moreira (2011).

Las corrientes atmosféricas provenientes del suroeste llegan en verano al litoral, regularmente con una alta

velocidad (sobre los 40 km/hr) favoreciendo la ignición de la vegetación. También contribuyen a los períodos de estrés hídricos en las plantas, con abundancia de días cálidos y secos durante el verano, en tanto que la evaporación puede alcanzar a los 453 mm en Enero y un mínimo en Junio de 191 mm. La temperatura máxima media en este mes más cálido alcanza los 22,4°C, en tanto que la pluviometría anual es de 389 mm, presentando una humedad atmosférica alta, con un valor medio de 82% (R. Novoa y S. Villaseca, 1989; Moreira, 2011).

En la fig. 2 se puede observar que las precipitaciones se concentran en la estación de invierno (Junio-Julio-Agosto), mientras que las máximas temperaturas se presentan en la temporada de verano (Diciembre, Enero y Febrero). La estación seca comienza en noviembre y termina en abril, de manera que se prolonga por casi 7 meses, que corresponde a su vez al período de alerta de incendios en Chile.

Con respecto a la caracterización de los suelos, y de acuerdo a lo señalado por W. Luzio (2010), en estos microrelieves costeros se destaca la formación de horizontes diagnósticos subsuperficiales y epidonesmólicos. Predominan las pendientes entre 15 a 20%, sin embargo, en los sectores de lomajes y colinas son frecuentes las pendientes de más de 30%. La profundidad de la parte superficial del suelo y el conjunto de horizontes (el solum) generalmente es mayor a un metro, y sólo en algunos casos es ligeramente profundo (menos de 50 cm). La clase textural del horizonte superficial

varía desde franca a franco-arcillosa, mientras que en los horizontes más profundos varía desde franco-arcillo-limosa hasta franco-arcilloso. Mientras que el pH del suelo sería ligeramente básico entre 7,19 a 7,35. Como consecuencia de las fuertes pendientes, la capa orgánica del suelo es muy baja, por lo que está muy expuesta a la erosión (V. Quintanilla y M. Morales, 2012).

### Metodología

Como primer antecedente, se efectuó una revisión bibliográfica de los distintos estudios referidos a los bosques costeros de Chile mediterráneo, y por sobre todo, a las agrupaciones de *Jubaea chilensis* (C. Villagrán y J. Armesto, 1980; L. González *et al.*, 2001; J. Grau, 2004; L. Flores-Toro y F. Aguirre-Saavedra, 2008; V. Quintanilla y M. Castillo, 2009, Castillo, 2016), analizando diferentes temáticas tanto ecológicas, como biogeográficas y de paisaje.

Con respecto a la degradación de los palmares, se identificaron algunos de los elementos territoriales, ya sean físico-naturales y/o culturales que, en cierto grado, han implicado una importante transformación y retroceso del bosque costero mediterráneo. La estimación de éstos se realizó mediante diversas fuentes y estudios acerca de las perturbaciones y degradación de los ecosistemas costeros en la región de Valparaíso, los cuales se han complementado con las investigaciones y trabajos de campo realizados por los autores desde el año 2011 hasta la actualidad, donde se han evaluado tanto los fenómenos de erosión, regeneración postfuego, como también el retroceso y degradación de las formaciones vegetales por la acción antrópica. Para la identificación de las agrupaciones vegetales y reconocimiento de su estado actual, se realizaron algunos muestreos fitosociológicos en las microcuencas o quebradas de El Quiteño y Las Siete Hermanas, además de transectas y perfiles fitogeográficos siguiendo el método de A.H. Gentry (1988) y Camara *et al.* (2013), el cual básicamente consiste en trazar una línea de 50 metros lo más recta posible, considerando únicamente las fanerófitas, cuyo DAP sea superior a 25 cm, que estén localizadas dentro de una franja de 1 metro definida a cada lado de la línea. Además, se considera la estructura vertical de las especies y se analiza en el campo parcelas con una superficie de no menos 0,6 has. y en el área de estudio se trabajó en 6 parcelas.

Con respecto a los incendios forestales, su análisis se basó en los registros proporcionados por la Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF), los cuales comprenden 19 años de temporadas consecutivas de incendios (período 1997-2015). Con estos datos, y mediante la aplicación de un modelo de datos raster, se elaboró una cartografía con las concentraciones históricas de los fuegos, estimando la frecuencia acumulada de incendios por unidad de superficie, definida en 25 hectáreas.

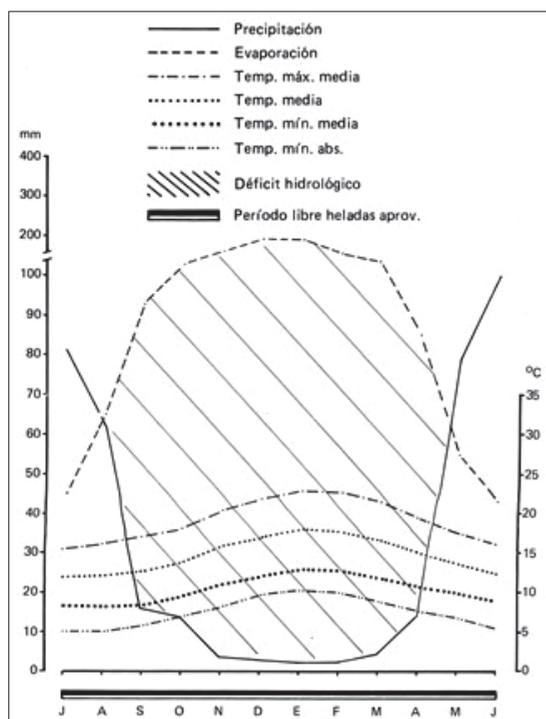


Fig. 2 - Climodiagrama de Valparaíso (Novoa-Villaseca, 1989).

Fig. 2 - Climate diagram of Valparaíso (Novoa-Villaseca, 1989).

En tanto el análisis de la erosión de suelos se efectuó a partir del estudio realizado por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN, 2010), donde se estimaron las áreas con erosión potencial y actual en la región de Valparaíso, a una escala de 1:50.000. La erosión potencial o fragilidad de los suelos se establece según las características topoclimáticas, biológicas e intrínsecas del suelo, que están relacionadas en dos componentes principales: erodabilidad y erosividad. En tanto la erosión actual se define según la erosión potencial y la desprotección vegetacional del suelo, que indicarían a su vez la potencialidad de los suelos de ser erosionados si las condiciones actuales de vegetación se mantienen. Este estudio además se complementó con las observaciones y muestreos realizados en los distintos trabajos de campo por los autores.

También se consideraron las diferentes entidades urbanas presentes en el área de estudio, definidas tanto por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2005), como por CIREN (2010) a través de la delimitación del uso de suelo de las áreas urbanas, a modo de poder caracterizar la influencia que poseen los centros poblados sobre las áreas naturales.

### Discusión

El factor antrópico sin duda ha desempeñado en las microcuencas un rol muy importante y perjudicial. En los últimos 20 años se han realizado en el área de estudio una serie de obras civiles de gran envergadura, que han alterado intensamente el paisaje natural. Por ejemplo, entre los años 1994 y 1997 se levantó una autopista que atraviesa las colinas y quebradas del sector, mientras que en el año 1999 se construyó la tubería de un gasoducto que cruza las laderas del palmar, cuya finalidad es abastecer de gas a la ciudad de Viña del Mar (fot. 1). Posteriormente se instalaron torres de alta tensión eléctrica y de celulares en los sectores más elevados de estas microcuencas, por lo que se habilitaron caminos para facilitar el acceso de



Fot. 1 - Autopista que atraviesa las colinas litorales de la ciudad de Viña del Mar.

Photo 1 - Highway that crosses the coastal hills of the city of Viña del Mar.

maquinarias y camiones, implicando que se abriera una verdadera red caminera que destruyó enormemente la cubierta vegetal, incluyendo la destrucción de un centenar de palmas chilenas, alterando la composición florística y dando paso a la erosión (L. Flores-Toro y F. Aguirre-Saavedra, 2008).

Por otra parte, el sostenido aumento de la población en las ciudades de Valparaíso y de Viña del Mar, hoy día conurbadas, generó una expansión urbana de asentamientos espontáneos e irregulares hacia este sector de colinas con matorral esclerófilo y palmeras, que ha ido generando fuertes impactos en el medio. Estos habitantes, que han ido colonizando de forma caótica e incontrolada estas laderas, han sido los responsables de varios incendios, dedicándose además a recolectar las semillas o coquitos de las palmas para comercializarlas para repostería y otros requerimientos.

Otro factor biótico que se debe destacar es la acción del ganado de vacunos y equinos, que como aquí se desplazan de manera dispersa, frenan con frecuencia la recuperación de la vegetación postfuego, sobre todo de hierbas y arbustos. Su contribución a activar procesos erosivos es también bastante alta.

También debe mencionarse el rol de herbívoros silvestres, que no son escasos en las microcuencas. Muy en particular es el ejemplo de un roedor nativo el "degú" (*Octodon degus*), un pequeño mamífero muy común en los bosques de palmas chilenas, el cual reduce la regeneración de la palma al comerse gran parte del fruto de ella (F. Aguirre *et al.* 2011).

### Las estadísticas sobre *Jubaea chilensis*

En la actualidad no existen mayores registros de censos de la palma chilena a nivel nacional ni sectorial, sólo aproximaciones o estimaciones de organizaciones privadas, o de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y de algunos investigadores.

Entre algunos antecedentes históricos y estimaciones realizadas sobre *Jubaea chilensis*, J. Grau (2004) señala que en el área más septentrional de su distribución (31°15'S - 71°35'W), entre las cuencas de los ríos Limarí y Quilimarí, y también en las cercanías de las localidades de Chincolco y Petorca, se censaron más de 500.000 palmas a comienzos del siglo XIX. Sin embargo, para el año 1877 existen referencias de la explotación de más de 1.000 individuos en un solo año en la región de Valparaíso, como consecuencia de la explotación de savia para miel.

De acuerdo con estimaciones efectuadas por L. González *et al.* (2009), en Chile existirían al año 2008, alrededor de 120.000 individuos, considerando 12 sectores de hábitat de la palma en Chile mediterráneo, incluyendo alguna

de las microcuencas en este estudio (Siete Hermanas, el Quiteño, El Rodelillo). Según J. Grau (2004) a fines de 1950 existían en estas quebradas boscosas, unas 60.000 palmas; mientras que la Corporación de la Flora y Fauna de la Región de Valparaíso (CODEF), contabilizaban en el año 2012 no más de 6.500 palmas maduras.

Los registros más precisos, considerando diversas variables, son hasta ahora los realizados por González *et al.* (2001). Este estudio poblacional se efectuó en una superficie de colinas costeras de 1.778 hectáreas, casi circundantes a poblaciones urbanas que hoy están muy próximas de los palmares. Apoyándose en fotointerpretación, trabajo de campo, y en criterios de la estructura de la población, definieron subunidades de 10 hectáreas cada una, en la cual efectuaron inventarios, considerando el número de individuos, la altura, el estado de desarrollo y el estado sanitario de la especie. La vegetación acompañante se censó por estratos, estableciendo finalmente tablas de frecuencia y gráficos de altura. En la TABLA I y fig. 3 se resume los principales resultados de este estudio censal de palmas:

TABLA I. Superficie y densidad de palmas.

TABLE I. Surface and density of palms.

Densidad	Palmas por hectárea	Superficie según Densidad
Baja	1 a 5 palmas	1,212,6 ha
Media	6 a 10 palmas	81,6 ha
Alta	Sobre 10 palmas	179,9 ha
Total superficie con palma chilena		1.474 ha

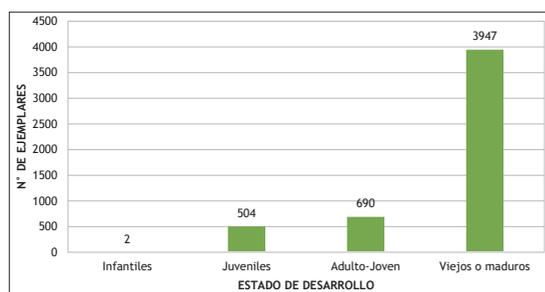


Fig. 3 - Estructura de la población de palma chilena (González *et al.*, 2001).

Fig. 3 - Structure of the Chilean palm population (González *et al.*, 2001).

A la fecha, casi 10 años posteriores a estos inventarios, se comprueba mediante la observación de imágenes de satélites Landsat 2015-2016 y recorridos de campo, que la cantidad de palmas ha disminuido aproximadamente alrededor de un 10%, y no exclusivamente a causa de los incendios, sino más también por la erosión y la

apertura de senderos y huellas realizados para introducir ganado dado que la mayoría de estos terrenos de las microcuencas pertenecen a propietarios privados.

#### Estructura florística del matorral esclerófilo asociado a *Jubaea chilensis*

En estas microcuencas se realizaron censos y transectas lineales para conocer la composición del sotobosque, en áreas que han sufrido numerosos incendios estivales a la fecha, complementado con en el análisis del estudio de L. Flores-Toro y F. Aguirre-Saavedra (2008). La flora vascular se compone de siete elementos identificados, al menos, al nivel de género: *Calandrinia*, *Ranunculus*, *Schizanthus*, *Viola*, *Alstroemeria*, *Crepis* y *Juncus*. Encontraron 234 especies, el 75,64% son autóctonas (nativas y endémicas) y sólo el 24,36% corresponde a especies introducidas (fig. 4). Aquí se encuentra casi el 10% de toda la flora de la región mediterránea de Chile central, la que por lo demás, y según Arroyo *et al.*, 1995, alberga un total de 2.400 especies de plantas vasculares.

En inventarios realizados en las microcuencas de El Quiteño se encontró que era relativamente constante la presencia en el estrato arbóreo, de casi la totalidad de los elementos leñosos representativos del bosque esclerófilo mediterráneo de Chile, inclusive aquellos de hábitat húmedos (*Quillaja saponaria*, *Litreaea caustica*, *Peumus boldus*, *Cryptocaria alba*, *Kageneckia oblonga*, *Maytenus boaria*, *Podanthus mitiqui*).

Por otra parte, existen endemismos notables como el arbusto *Adesmia balsámica* Bertero ex Hook et Arn. que es una especie endémica de la región de Valparaíso, hoy en día en peligro de extinción (L. Flores-Toro y F. Aguirre-Saavedra, 2008). También es importante

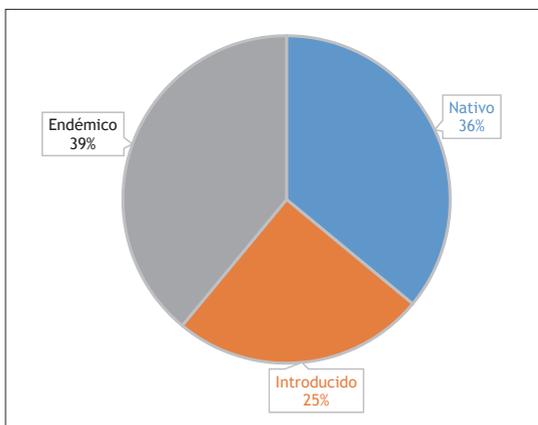


Fig. 4 - Origen fitogeográfico de la flora del Santuario de la Naturaleza Palmar El Salto, El Quiteño y 7 Hermanas. (L. Flores y F. Aguirre, 2008).

Fig. 4 - Phylogeographic origin of the flora of Santuario de la Naturaleza Palmar El Salto, El Quiteño and Siete Hermanas (L. Flores and F. Aguirre, 2008).

destacar la presencia de dos especies endémicas de la región mediterránea, cuyo límite norte es precisamente la región de Valparaíso, siendo estas: *Myrceugenia lanceolata* (Juss.ex J.St.-Hil) Kausel, preferentemente en el fondo de las microcuencas y *Adesmia loudonia* Hook .et Arn que prefiere la parte alta de las microcuencas.

También Flores *et al.* (2008), citan aquí muchas herbáceas típicas mediterráneas. En cuanto a las formas de vida, las más abundantes son las fanerófitas (38,46%) seguidas de las hemicroptofitas con 57 especies. Como en todo Chile mediterráneo, las plantas introducidas son bastante numerosas. Así en 25 familias están predominando las *Asteraceae* y *Poaceae* aunque no siempre con una cobertura importante. Entre las introducidas más frecuentes destacan: *Rubus ulmifolius* y *Teline monspessulana*, en tanto que entre las denominadas malezas debe señalarse como constantes a *Euphorbia peplus* y *Fumaria capreolata*. *Teline monspessulana*, posee hoy día un gran poder de regeneración en ambas laderas de las microcuencas favorecido por los fuegos.

En estado de amenazadas existirían 9 especies y las menos constantes son inclusive *Myrceugenia rufa* y *Adesmia balsámica*. Como vulnerables es dable considerar hoy día a *Jubaea chilensis* Mol. (Baillon), a *Blepharocalyx cruckschankii* (Hook er Arn). Por otra parte, la presencia de herbáceas endémicas en el área de estudio sería relevante lo que contribuye a que estas quebradas apoyen también la percepción que se tiene y que corresponde a la parte central de Chile, de considerarlas como una de las 34 regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad a escala mundial (Myers *et al.*, 2000, Mittermeir *et al.*, 2005, en Flores *et al.*, 2008).

En cuanto a especies amenazadas existirían 9 y la mayoría está en categoría de conservación vulnerable, particularmente *Myrceugenia rufa* (Colla) y *Adesmia balsámica*.

Ahora respecto al rol del fuego en estas comunidades no deja de ser importante. Precisamente las 4 especies que presentan los valores de mayor importancia en el Santuario, son aquellas que se caracterizan por colonizar áreas que han sido devastadas por los incendios o que poseen alguna cualidad que les permite resistir a este tipo de alteraciones (V. Quintanilla y C. Reyes 1999; R. Villaseñor y F. Saiz 1993). De este modo *Nasella chilensis*, *Chusquea cumingii* y *Retanilla trinervia* son especies autóctonas que actúan como pioneras al brotar tras un incendio.

En el estudio de L. Flores-Toro y F. Aguirre-Saavedra (2008) se destaca que tanto *Chusquea cumingii* como *Retanilla trinervia* forman agrupaciones casi puras en diversos sectores de las laderas de las microcuencas, sin distinción de la exposición o de altitud en la que se encuentren, ocupando gran parte del estrato arbustivo del palmar, mientras que *Nasella chilensis* cubre grandes áreas del estrato herbáceo.

Por otra parte, *Jubaea chilensis* ha sobrevivido a este régimen de incendios permanentes porque en estado adulto, no se ve afectada por el fuego (R. Villaseñor y F. Saiz 1993).

#### *Antecedentes de los Incendios forestales en las microcuencas*

De acuerdo con el análisis de los registros de incendios para el periodo 1997-2015, en la región de Valparaíso se pueden identificar algunas concentraciones de alta densidad de fuegos, que estarían presentes mayormente en las áreas periurbanas de las principales ciudades de la región, entre las cuales se destacan Valparaíso y Viña del Mar, que por lo demás son las urbes más importantes de la región, y de toda la franja litoral de Chile Mediterráneo, en términos de tamaño poblacional y de área urbana funcional (fig. 5).

El área de estudio está emplazada precisamente en estas áreas periurbanas y rurales que rodean Valparaíso y Viña del Mar, lugares de relieve donde se concentra cerca del 18% de los incendios registrados anualmente en la región, cuyos focos de los fuegos estarían relacionado principalmente a las áreas de conectividad vial y a los sectores dominados por profundas quebradas (Castillo *et al.*, 2009) (fig. 6).

Según los datos obtenidos para el periodo 1997-2015, en las microcuencas en estudio se han registrado en total 688 incendios, de diversa magnitud, destacando solo tres episodios de incendios que han afectado un área por sobre las 200 hectáreas (incendio de magnitud), correspondientes a los años 1997, 2004 y 2012, los cuales coincidirían con los máximos registros de superficie quemada. Sin embargo estos incendios de magnitud no necesariamente estarían relacionadas a las mayores frecuencias de los fuegos, con excepción de la temporada 1997, que si bien ocurrió un siniestro de magnitud, el tamaño medio de los incendios para aquel año fue más regular, al igual que la temporada 2014 (fig. 7).

La ocurrencia de los incendios en las microcuencas en los últimos 19 años ha sido en promedio de 36 incendios anuales, afectando una superficie estimada de 157 hectáreas al año, de las cuales en un 70% correspondería a vegetación nativa en sus distintos estratos fisionómicos, incluyendo las agrupaciones de palma; y el 30% restante representaría principalmente a las plantaciones de Pino y Eucalipto, cuya presencia en la región no es menor (fig. 8). De acuerdo a ello, cabe señalar en un contexto histórico, que, a comienzos de la década de 1960, en los sectores ribereños del Lago Peñuelas (sureste de la ciudad de Valparaíso), se iniciaron las plantaciones arbóreas exóticas de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

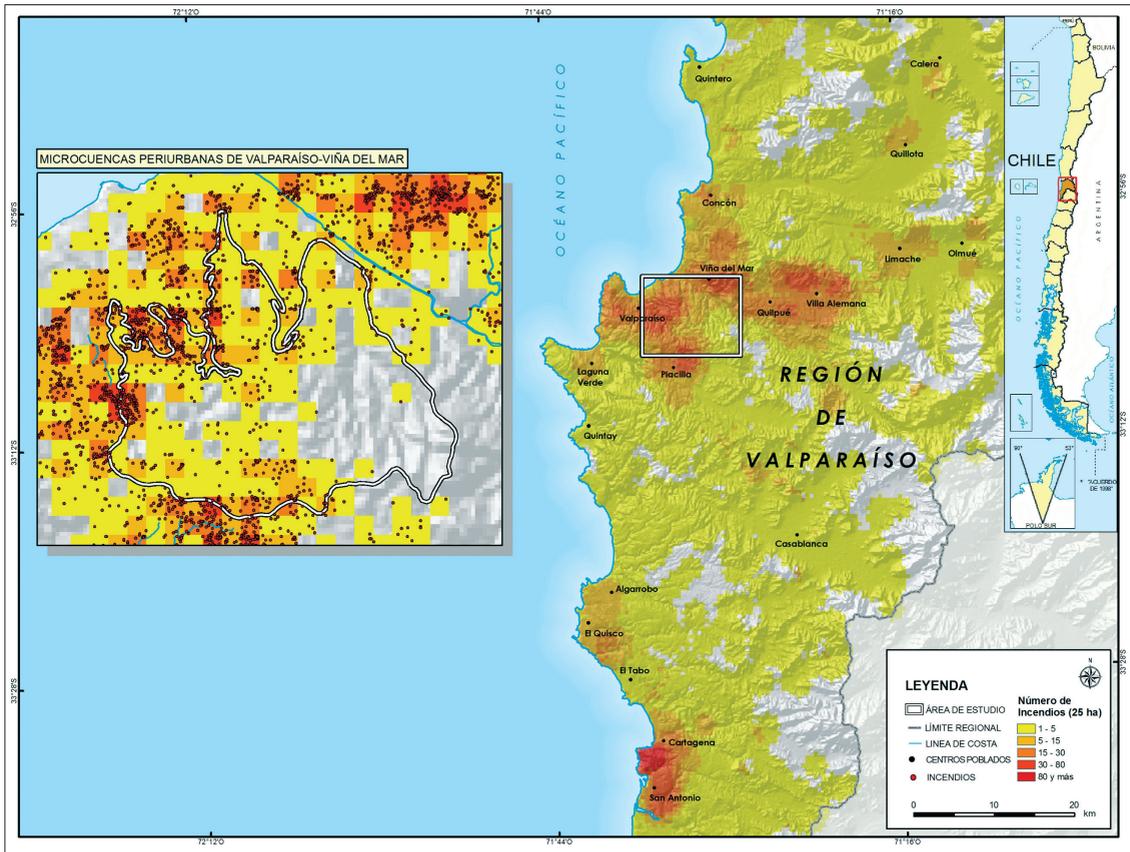


Fig. 5 - Áreas críticas de ocurrencia de incendios en la región de Valparaíso (1997-2015).

Fig. 5 - Critical areas of occurrence of fires in the Valparaíso region (1997-2015).

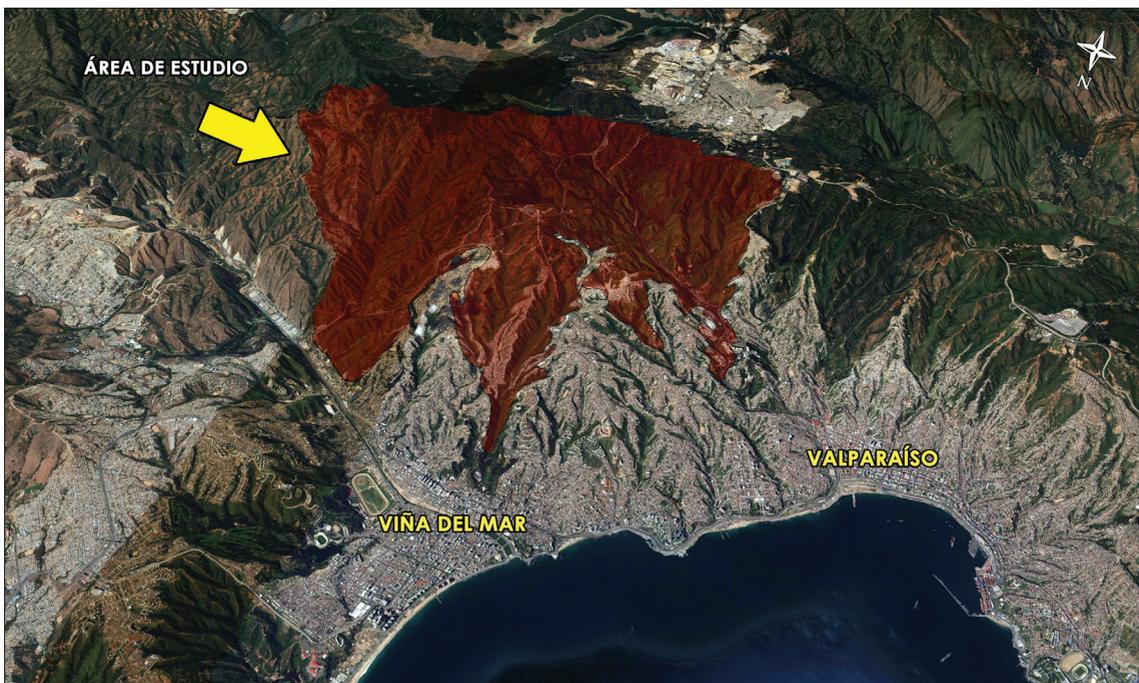


Fig. 6 - Áreas periurbanas y rurales de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar.

Fig. 6 - Peri-urban and rural areas in the cities of Valparaíso and Viña del Mar.

Estos bosques prácticamente ahogaron a las palmas chilenas que estaban próximas a esos sectores, convirtiéndose en elementos vegetales con alto riesgo de combustibilidad; y, en consecuencia, numerosos incendios estivales se han expandido hacia las microcuencas de El Salto y El Quiteño, afectando importantes agrupaciones de palmas chilenas (fot. 2).

De acuerdo a la distribución espacial y densidad de los fuegos en las microcuencas, se debe mencionar que las mayores concentraciones y frecuencia acumulada de los incendios por unidad de superficie, han estado vinculadas fundamentalmente a los sectores de mayor accesibilidad, que están bajo la presencia de algún eje vial, ya sea carretera, camino secundario, sendero, etc.,

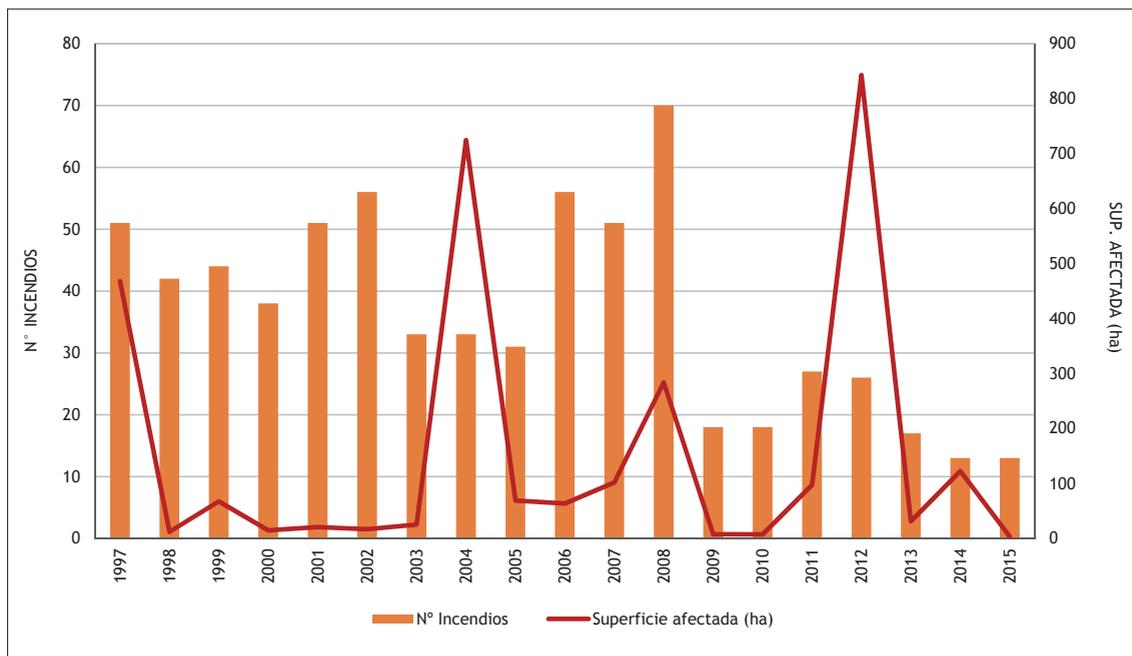


Fig. 7 - Ocurrencia histórica de los fuegos y superficie afectada (ha) en el periodo 1997-2015.

Fig. 7 - Historical occurrence of fires and affected area (ha) in the period 1997-2015.

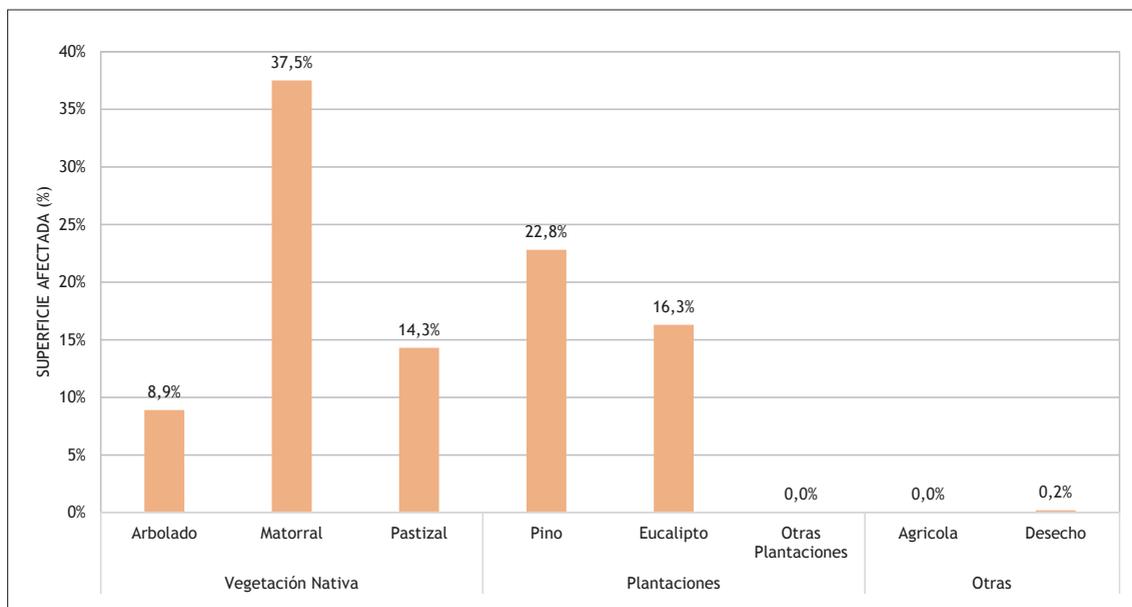


Fig. 8 - Tipo de superficie dañada por los incendios (%) en el periodo 1997-2015.

Fig. 8 - Type of area affected by fires (%) in the period 1997-2015.



Fot. 2 - Microcuenca El Quiteño afectada por un incendio del 14 de febrero del año 2015.

*Photo 2 - El Quiteño microbasin affected by a fire on February 14, 2015.*

siendo estos lugares los principales focos de incendios, que representan cerca del 70% del total de los fuegos registrados en al área.

Entre los sectores que presentarían una mayor densidad y ocurrencia de fuegos, se destacan las microcuencas de Santos Ossa, Cabritería y El Rodelillo, donde se han llegado a producir entre 30 y 80 incendios por cada 25 hectáreas. En tanto en los sectores de Alto Tranque, Las Siete Hermanas y El Quiteño, predominantemente la frecuencia acumulada de incendios ha sido menor, no sobrepasando los 15 incendios por cada 25 ha, por lo que se asume que las agrupaciones de palmas de estas microcuencas han tenido condiciones un tanto más favorables para la regeneración postfuego. No obstante, la dinámica de regeneración postfuego para los distintos sectores del área de estudio, pueden tener ciertas diferencias que están supeditadas a diversos factores como la magnitud y extensión de cada uno de los incendios; las condiciones ambientales (relieve, orientación, humedad); elementos florísticos que constituyen el paisaje vegetal, como así también la exposición a otros factores de degradación, ya sea la erosión y/o la influencia urbana o de actividades antrópicas.

El fuego ha implicado el retroceso, y en parte, la modificación del cortejo florístico asociado a estas palmas, exponiendo los suelos a los fenómenos de erosión, particularmente durante la época de lluvias (Quintanilla y Reyes, 1999; Quintanilla y Castillo, 2009). En la medida que se reduzca y se degrade el bosque esclerófilo, el cual ha proporcionado un hábitat adecuado y protector a la palma chilena, quedará más vulnerable en su conservación y recuperación.

Por otra parte, existen varias especies introducidas que adquieren el carácter de invasoras al desarrollarse después de los incendios, siendo evidente por ejemplo la presencia de un cardo invasor (*Cirsium vulgare*) en laderas

de solana, mientras que en los fondos de quebradas la bambúsea *Chusquea cumingii* ha experimentado una gran expansión. En tanto *Retanilla trinervia* (Gilles et Hook. (Hook), arbusto nativo, ha tenido un avance bastante notorio en la actualidad, inclusive en sectores de sotobosque, al igual que la gramínea nativa *Nasella chilensis* (Trin.) E. Desv.

#### *Erosión de suelos*

En el área de estudio se han detectado distintos fenómenos de erosión que han influido, de algún modo, en el estado actual de la vegetación, generando ciertas condiciones de fragilidad para los ecosistemas nativos. Entre los factores que directa e indirectamente han incidido en los procesos de erosión de las microcuencas, y de toda la franja litoral mediterránea, se destacan fundamentalmente: las condiciones climáticas; relieve o topografía; naturaleza y propiedades del suelo, herbivoría y principalmente el factor antrópico.

El clima mediterráneo, dominante en esta región, está caracterizado por grandes contrastes en la distribución anual de las precipitaciones, generando condiciones necesarias para favorecer la acción de las lluvias en los procesos erosivos. Durante los meses de verano la vegetación comienza a disminuir, dejando el terreno con cierta exposición frente a las primeras lluvias invernales, que suelen ser concentradas y torrenciales, produciendo la remoción de la capa superficial del suelo (erosión laminar) y posteriormente, la disección del terreno (Castro y Vicuña, 1990).

De acuerdo a los índices de intensidad y grado de concentración estacional de las lluvias, se hace evidente la agresividad como agente erosivo que adquieren las lluvias en gran parte de la costa mediterránea. Esta situación se puede observar en los sectores de mayores pendientes de las microcuencas, donde los procesos erosivos por agentes hídricos han ocasionado diversos grados de erosión, ya sea de tipo laminar o de erosión en surcos y cárcavas (fot. 3).

Por lo tanto, la topografía también ha tenido gran incidencia en la erosión, donde las microcuencas de estudio presentan por lo general relieves ondulados o con rupturas de pendiente, con valores promedio sobre el 25%, los cuales serían favorables para el desencadenamiento de los procesos de erosión.

De acuerdo a esto se reconoce la importancia del factor topográfico en la potencialidad de erosión, principalmente en aquellos sectores con escasa cobertura de vegetación o de estructura vegetal disminuida (matorral abierto), situadas generalmente en laderas de solana, o en áreas que han sido afectadas constantemente por los fuegos, donde se han alterado diversas agrupaciones de *Jubaea chilensis*.



Fot. 3 - Palmas quemadas en fuertes pendientes afectadas por erosión.

Photo 3 - Burned palms and current erosion risk over the micro-basins under study.

La naturaleza y propiedades del suelo también ha sido un factor a considerar en las microcuencas costeras, ya que los suelos están constituidos principalmente por maicillo, producto de la alteración de rocas cristalinas; suelos definidos por CIREN (1997) con clase textural superficial franco arenosa. Si bien estos suelos poseen un buen drenaje, existen varios sectores donde se supera la

capacidad de infiltración, teniendo como consecuencia la generación de escorrentía superficial, y en efecto, la generación de procesos erosivos.

Por otra parte, las actividades antrópicas también han incidido en el desencadenamiento de fenómenos de erosión, fundamentalmente por la intervención de las coberturas vegetales nativas a través de los incendios forestales, y en menor medida, por la explotación de bosques (leña, madera) y la acción del ganado (ramoneo y pisoteo).

El estudio de CIREN (2010) consideró precisamente los factores anteriormente señalados para la definición del riesgo de erosión potencial en la región de Valparaíso. De acuerdo a ello, las microcuencas presentarían un rango severo de erosión potencial (sobre el 80%), por lo que eventualmente cualquier intervención sobre las coberturas vegetacionales de estas quebradas, implicaría una exposición de los suelos a la erosión (fig. 9).

En tanto la estimación de la erosión actual demuestra en su generalidad que las microcuencas no se encontrarían en rangos críticos de erosión, sino más bien en un nivel ligero y moderado, éste último caracterizado por presentar suelos con pavimentos de erosión en al menos

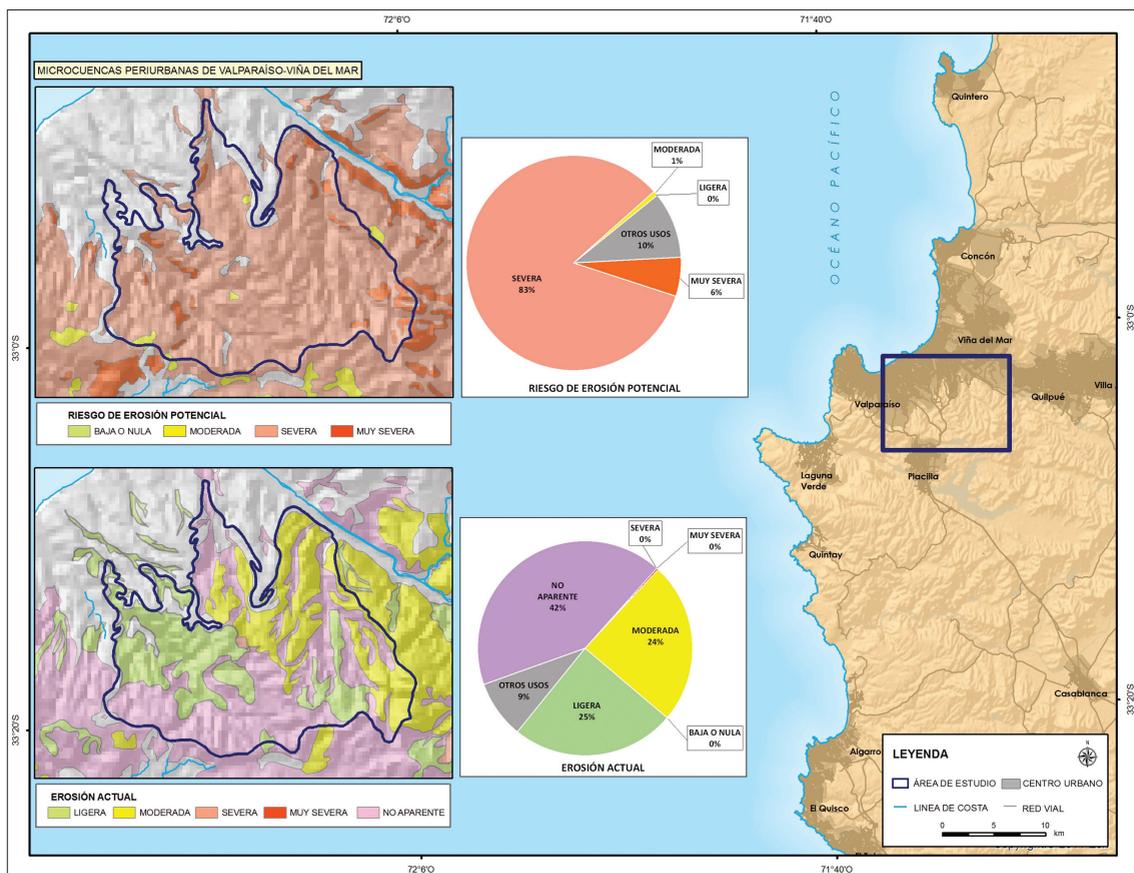


Fig. 9 - Riesgo de erosión potencial y erosión actual en las microcuencas en estudio.

Fig. 9 - Risk of potential erosion and actual erosion in the microbasins under study.

el 30% de su superficie, existiendo ocasionalmente surcos. Sin embargo, la presencia del nivel de erosión no aparente es de un 42%, puede dejar entrever la subestimación de algunos valores reales de erosión, sobre todo en algunas áreas más afectadas por los incendios, donde existe un dominio de especies arbustivas que han tenido una mayor capacidad de propagación y regeneración de espacios alterados, como ha sido el caso de *Retanilla trinervia*, *Chusquea cumingii*, *Rubus ulmifolius* y *Nasella chilensis*.

#### *Influencia de los centros poblados e infraestructura vial*

Las principales entidades pobladas de la región de Valparaíso corresponden a las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, las cuales se destacan tanto por su población como su superficie, estando situadas en sus proximidades de las microcuencas en estudio. En el caso de los urbanos de Valparaíso y Viña del Mar, su población se encuentra sobre los 300.000 habitantes. (INE 2006).

La importancia de identificar la proximidad de los distintos centros poblados como también de la red de carreteras y caminos con respecto a los palmares, tiene relación con la alta incidencia que poseen éstos como focos de incendios, que son ocasionados principalmente por la intencionalidad y el tránsito de las personas, por lo que estas áreas de interfaz urbano-rural representarían un alto riesgo de fuegos.

También la expansión de las entidades urbanas hacia los sectores periféricos de las microcuencas ha generado necesariamente intervención y retrocesos en los bosques esclerófilos e higrófitos en las últimas décadas. Por ejemplo, a comienzos del año de 1980 se inicia en las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar un importante crecimiento de la población, que significó intensificar la ocupación de laderas y cimas de colinas, y al mismo tiempo la apertura de nuevos caminos, alterando de este modo la vegetación nativa.

La dinámica de expansión de estas ciudades ha conllevado que en las áreas periféricas se esté construyendo prácticamente en cada lugar donde es posible levantar una vivienda, en su mayoría precarias, logrando socavar la tierra y colmatando las quebradas o microcuencas (V. Quintanilla, 1999).

Este crecimiento urbano ha sido por lo demás perjudicial para el desarrollo y conservación de los palmares, y del bosque esclerófilo en general, por un lado influyendo en el riesgo de incendios (transito e intencionalidad) y también por el deterioro ambiental y de salud que involucra la ocupación espontánea sin planificación de las viviendas, que rebasan en muchos casos las colinas, generando toneladas de basura, escombros y tierra de desecho en el fondo de las quebradas, invadiendo los sectores del palmeral y bosques esclerófilo.

Como se ha señalado antes, junto con el daño asociado a la expansión de los centros urbanos, se encuentra además la construcción de infraestructura vial (autopista y carreteras) e instalaciones de servicios públicos (gaseoductos-electricidad-comunicaciones), que han arrasado en diversos sectores de las microcuencas con cientos de hectáreas de vegetación nativa, incluyendo la destrucción de agrupaciones de *Jubaea chilensis* (J. Grau, 2004) (fot. 4).



Fot. 4 - Colinas con agrupaciones de palmas disectadas por la construcción de carreteras.

*Photo 4 - Hills with palms groups dissected by highway construction.*

La fuerte fragmentación que ha experimentado *Jubaea chilensis* no ha sido únicamente por la expansión y daños directos e indirectos (incendios) de la red vial y de diversa infraestructura, sino también como resultado de 250 años de presión antrópica por sus distintos usos y valor, como la explotación de su savia para elaborar la miel, la colecta de sus “coquitos” o semillas para repostería, y además del uso de sus ramas que tuvieron hasta fines del siglo pasado, una gran utilidad en faenas agrícolas y construcción de “chozas” o modestas casas rurales en las fincas de Chile central. También para ritos religiosos se utilizaron frecuentemente sus ramas u hojas.

#### **Conclusiones**

En la región mediterránea costera de Valparaíso- Viña del Mar se desarrollan poblaciones de la palma chilena (*Jubaea chilensis* (Mol) Baillon, asociada al bosque esclerófilo del país. Los incendios en estas comunidades se presentan consecutivamente por lo menos desde hace 20 años durante el largo y seco verano, afectando notoriamente al cortejo florístico de la palma.

Así la frecuencia de fuegos ha ido alterando el estrato del sotobosque tanto de la palma como de las comunidades forestales al punto que existe cerca de un 30% de hierbas y arbustos introducidos que se desarrollan rápidamente a continuación de los incendios. *Teline monspessulana*, arbusto europeo, con posterioridad

a los fuegos desarrolla una gran cobertura durante la primavera reemplazando a algunos arbustos nativos. La palma hasta ahora, no obstante, se observa poco dañada por los incendios, pero si la regeneración de individuos infantiles es intensamente afectada por los siniestros.

Además, la expansión de una gran conurbación urbana próxima a las microcuencas o quebradas, ha ido produciendo impactos cada vez más regulares en estos bosques que actúan como refugio de importantes especies endémicas de Chile mediterráneo.

#### Agradecimientos.

Se agradece al Proyecto n° 091612QP del DICYT de la Universidad de Santiago de Chile por su apoyo a esta investigación. Igualmente, a las ayudantes de investigación Rebeca Pérez Lavín y Valentina Cárdenas Venegoni.

#### Bibliografía

Aguirre, Francisco; Ibañez, Gonzalo; Bogdanic, Susana y Ray, Cristian (2011). *Ecological parameters related to the regeneration of chilean palm forest (Jubaea chilensis (Moll) Baillon*. The Ruffor smale Grants Foundation. 20 p.

Arroyo, Mary Kalin.; Cavieres, Lohengrin; Marticorena, Clodomiro y Muñoz-Schick, Melica (1995). Convergence in the Mediterranean floras in Central Chile and California: Insights from comparative Biogeography. In: Arroyo, M. T.R, P.H. Zedler y M.D. Fox (Eds.) *Ecology and Biogeography of Mediterranean Ecosystems in Chile, California and Australia*. Springer Verlag, *Ecological Studies*. 108:43-88.

Benoit, Iván (1989). *Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile*. Primera parte. CONAF, Chile. 157 p.

Camara Rafael y Díaz del Olmo F. (2013). Muestreo en transectas de formaciones vegetales de fanerofitas y caméfitas (I). *Fundamentos metodológicos*. Estudios Geográficos Vol. LXXIV: 67-88

Castillo, Miguel; Julio, Guillermo; Garfias, Roberto y Correa, Luis (2013). Incendios forestales en Chile. Análisis general de riesgos. En: *Riscos Naturais, Antrópicos e Mistos. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo*. Departamento de Geografía, Faculdade de Letras, Universidad de Coimbra. p. 667-678.

Castillo, Miguel (2016) Instituciones de Chile para la defensa contra incendios de interfaz urbano-forestal. *Territorium* 23:215-221

Castro, Consuelo y Vicuña, Patricia (1990). Caracterización de la erosión lineal en planicies costeras de Chile Central. *Revista de Geografía Norte Grande* N° 17: 37-45.

Caviedes, Cesar (1992). Geomorfología del Cuaternario del Valle del Aconcagua, Chile central. Eds. Friburger *Geographische Hefte* n° 11. 153 p.

CIREN - CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (1997). Descripciones de suelos y materiales y símbolos. Estudio agrológico de la V Región. *Publicación CIREN* N° 116. 371 p.

CIREN - CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (2010). *Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. Región de Valparaíso*. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 51 p.

CONAF - CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL DE CHILE (2016), *Manual con Medidas para la Prevención de Incendios Forestales*. Santiago, 89p.

Donoso, Claudio (1982). Reseña Ecológica de los Bosques Mediterráneos de Chile. *Bosque*. N° 4 (2): 117-142

Echeverría, Cristian; Schiappacasse, Ignacio; Urrutia, Rocío; Cárcamo, Miguel; Becerra, Pablo; Smith-Ramírez, Cecilia y Holmgren, Milena (2010). *Restauración de ecosistemas degradados para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo rural en la zona semiárida de Chile central*. Proyectos REFORLAN - CONICYT RUE 33. Valdivia. Chile. 24 p.

Fernández, Ignacio; Morales, Narkis; Olivares, Luis; Salvatierra, Javier; Gómez, Miguel y Montenegro, Gloria (2010). *Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales*. PUC. Santiago de Chile. 161 p.

Flores-Toro, Lorena y Aguirre-Saavedra, Francisco (2008). Riqueza florística del Santuario de la Naturaleza Palmar El Salto, Viña del Mar, Región de Valparaíso, Chile. *Gayana, Botánica*. V.65 N° 1: 33-45.

González, Luis; Toral, Manuel y Garfias, Roberto (2001). Estudio de poblaciones de palma chilena. Avanzado estado de deterioro. *Chile Forestal* 284: 53-59.

González, Luis; Bustamante, Ramiro; Navarro, Rafael; Herrera, Miguel Ángel y Toral, Manuel (2009). Ecology and management of the chilean Palm (*Jubaea chilensis* (Mol) Baillon): Current situation and Perspectives. *Palms* vol. 53 (2)

Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Anal. of the Missouri Botanical Garden*. 75: 1-34

Grau, Juan (2004). *Palmeras de Chile*. Ediciones Oikos Ltda. 203 p.

INE - INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (2005). Chile: Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos. Instituto Nacional de Estadísticas. Subdirección Técnica. Santiago. Chile. 300 p.

- INE - INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (2006). CHILE: Proyecciones y estimaciones de población Total. País 1950-2050.
- Luzio, Walter (2010). *Suelos de Chile*. Ed. Universitaria, 364 p.
- Moreira, Andrés. 2011. *Geopography plants of Chile*. Verlag eds. 320 p.
- Novoa, Rafael y Villaseca, Sergio (1984). *Mapa agroclimático de Chile*, Instituto Investigaciones Agropecuarias, Santiago 221 p.
- Quintanilla, Víctor y Castro, Roberto (1998). Seguimiento de las cubiertas vegetales postincendios en la zona mediterránea costera de Chile. *Serie Geográfica*. Vol 7. Universidad de Alcalá Henares. p. 147-154.
- Quintanilla, Víctor (1999). Los incendios de vegetación en el cordón costero de Chile Central. El apoyo de la cartografía para su gestión en la prevención y análisis. Caso de estudio. *Contribuciones Cient. y Tec.Santiago*. nº 120, p. 1-28.
- Quintanilla, Víctor y Reyes, Carla (1999). Modificaciones por efecto del fuego en el bosque esclerófilo de quebradas húmedas de Chile central y su incidencia en la palma chilena. *Revista Geográfica Terra Australis* nº 44. I.G.M. p:38- 49.
- Quintanilla, Víctor (2002). *The influence of fire on forest in temperate Chile*. En: *Fire Biological Processes*. Edited by L. Trabaud and R. Prodon. Backhuys Publishers. p.339-346.
- Quintanilla, Víctor y Castillo, Miguel (2009). Degradación de la palma más austral del mundo acelerada por fuegos estivales en cordones litorales de Valparaíso y Viña del Mar (32°50'-33°02'S) un caso sostenido de perturbación del paisaje. *Investigaciones Geográficas* N° 41. p. 41-59.
- Quintanilla, Víctor y Morales, Mauricio (2012). Degradación de microcuencas de gran valor geobotánico en la zona costera mediterránea de Chile. Antecedentes para restauración ecológica. *Geographicalia*, 61, p. 67-69
- Redón, Jorge (2003). Flora y vegetación de la cuenca del Estero de Viña del Mar, Quinta Región. Chile. *Cuadernos de Investigación* n°2 Universidad de Viña del Mar. 60 p.
- Sabino, A., Poseiro, P., Rodrigues, A., Reis, M. T., Reis, C. J., Reis, R. and Araújo, J. (2017). Coastal Risk Forecast System, *Journal of Geographical Systems* (aceite para publicação).
- Villagrán, Carolina y Armesto, Juan (1980). Relaciones florísticas entre las comunidades relictuales del Norte Chico y la zona Central con el bosque del Sur de Chile. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural de Chile*. 37: 87-101
- Villaseñor, Rodrigo y Saiz, Francisco (1993). Incendios forestales en el Parque Nacional La Campana Sector Ocoa, Va Región, Chile Efectos sobre el estrato arbustivo-arbóreo. *Anales Museo Historia Natural de Valparaíso*, Chile. 21, p: 15-26



RISCOS



VULNERABILIDADE À EROSÃO COSTEIRA E RISCOS ASSOCIADOS À OCUPAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE ARACAJU/SERGIPE, BRASIL\*

89

VULNERABILITY TO COASTAL EROSION AND RISK RELATED TO OCCUPATION: A CASE STUDY - ARACAJU CITY, STATE OF SERGIPE, BRAZIL

Luana Santos Oliveira Mota

Universidade Federal de Sergipe (Brasil)  
[oliveiras.lua@gmail.com](mailto:oliveiras.lua@gmail.com)

Rosemeri Melo e Souza

Universidade Federal de Sergipe (Brasil)  
[rome@ufs.br](mailto:rome@ufs.br)

RESUMO

O presente trabalho tem por escopo a mensuração do risco associado à ocupação da frente litorânea do município de Aracaju/SE. Os procedimentos metodológicos adotados foram: a avaliação do comportamento da linha de costa em médio prazo, a análise dos geoindicadores de modificação da linha de costa em curto prazo, identificação do nível de ocupação e o mapeamento das áreas de risco. Os resultados indicaram que grande parte da área estudada está inserida nos graus médio e alto de risco, em razão da proximidade da ocupação da linha de costa associada ao comportamento do ambiente praiar. A única área classificada como risco baixo encontra-se às margens da desembocadura do rio Vaza-Barris, que mesmo apresentando elevada variabilidade morfodinâmica, apresenta índices muito baixos de ocupação. A partir dos diferentes graus de risco delimitou-se as áreas de manejo especial, a fim de propor medidas de prevenção e mitigação de prejuízos econômicos associados à erosão costeira, tal como auxiliar no planejamento e ordenamento da ocupação.

**Palavras-chave:** Dinâmica costeira, linha de costa, geoindicadores, expansão urbana, áreas de manejo especial.

ABSTRACT

The goal of this case study is to measure the risk associated to the occupation of the coastal front of the Aracaju city, state of Sergipe. The following methodological procedures were adopted: the evaluation of coastline behaviour in the mid-term; analysis of shoreline modification geo-indicators in the short term; identification of the level of occupation and mapping of risk areas. The results indicated that a great part of the studied area is inside the medium and high degrees of risk. The reason is that occupation is close to the shoreline associated to beach environment behaviour. The only area classified as low risk was found in the mouth of the Vaza-Barris river banks. Although this area has high morphodynamic variability, it has very low occupancy rates. Based on the risk degree the areas of special management were delimited in order to propose measures for the prevention and mitigation of economic losses associated with coastal erosion and to assist in land occupation planning.

**Keywords:** Coastal dynamics, shoreline, geo-indicators, urban sprawl, special management areas.

\* O texto deste artigo foi submetido em 19-07-2016, sujeito a revisão por pares a 02-09-2016 e aceite para publicação em 21-10-2016.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25 (I), 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

O ambiente costeiro constitui uma das paisagens que apresenta maior complexidade diante da relação estabelecida entre os elementos físicos (continente, atmosfera e oceano) e antrópicos. Dentre os elementos físicos que modelam a paisagem costeira, destacam-se a ação das ondas, das correntes e dos ventos, cujas ações podem resultar na movimentação natural do posicionamento da linha de costa (R. Davis, D. Fitzgerald, 2004, M. Stive *et al.*, 2002).

Não obstante a elevada fragilidade ambiental das zonas costeiras, são crescentes as taxas de ocupação da faixa litorânea, em função da uma grande valorização e exploração imobiliária da orla marítima. De acordo com E. Bird (2008, p. 01) “*mais da metade da população mundial vive em regiões costeiras*”. Já no Brasil cerca de mais da metade da população vive a menos de 200 km do litoral (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002).

Com o modelo imediatista adotado pelo crescimento urbano associado à especulação imobiliária, principalmente nos ambientes costeiros, o planejamento para ocupação é realizado em curto prazo. Tal conjuntura não coincide com a escala temporal na qual ocorrem as mudanças promovidas pelos agentes naturais, especialmente na zona costeira. Assim, as diferentes formas de ocupação no referido ambiente, por vezes se contrapõem a dinâmica natural deste, fato que pode resultar tanto em prejuízos socioeconômicos como em impactos ao ambiente natural.

Partindo do princípio que o ambiente praias é extremamente dinâmico, regido por uma gama de agentes naturais, e em constante transformação, ganha ênfase no estudo da zona costeira, o processo de erosão. Tido como um fenômeno natural, a erosão costeira está intrínseca ao processo de movimentação natural da linha de costa, sendo considerado um perigo, quando da sua ocorrência em ambientes que possuam algum tipo de ocupação (R. Morton, *et al.*, 1983).

De tal modo, a junção de um ambiente vulnerável a diversos eventos de ordem natural, a exemplo da erosão costeira, associado ao crescente processo de intervenção antrópica pode ocasionar o aparecimento de riscos, no caso de confluência entre elevada vulnerabilidade e altas taxas de ocupação. Dentro desse contexto, destaca-se o município de Aracaju/SE, que nas últimas décadas vem apresentando uma intensificação no processo de ocupação da sua frente litorânea. Além da destruição das unidades naturais, destaca-se a ocorrência de processos erosivos na linha de costa em alguns setores do município, que culminaram na destruição de estruturas antrópicas nas proximidades das desembocaduras do rio Sergipe e rio Vaza-Barris.

Ante o exposto, a presente pesquisa tem por objetivo classificar a frente litorânea de Aracaju/SE de acordo com os diferentes graus de vulnerabilidade à erosão costeira, associado à identificação dos diferentes níveis de ocupação, a fim de delimitar as áreas que apresentam riscos. Com base em tais dados e a partir dos preceitos do gerenciamento costeiro, propõe-se a delimitação da costa em áreas de manejo especial. Destarte, os resultados desta pesquisa poderão subsidiar o planejamento urbano e ambiental no que concerne à estruturação da ocupação na área estudada, evitando ou minimizando danos ambientais e prejuízos socioeconômicos.

## Área de Estudo

A área investigada compreende a frente litorânea do município de Aracaju, localizada no litoral central do estado de Sergipe, delimitada ao Norte pela desembocadura do rio Sergipe e ao Sul pela desembocadura do rio Vaza-Barris (fig. 1). A referida área abarca as praias dos Artistas, da Atalaia Velha, da Aruana, do Robalo, do Refúgio, dos Náufragos e do Mosqueiro.

O clima do município de Aracaju é do tipo tropical úmido, com temperatura média anual de 28°C e precipitação pluviométrica média anual de 1.200mm. Segundo dados do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, colhidos para os de 2006 a 2015, o período de maior concentração

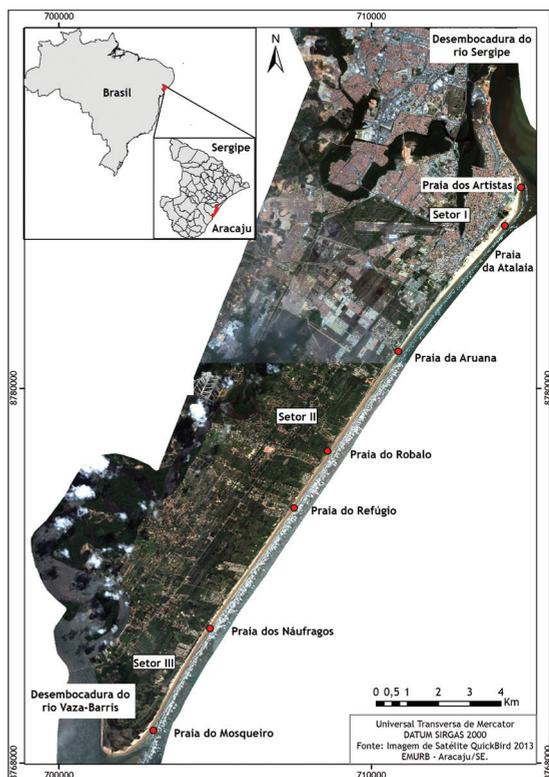


Fig. 1 - Localização da área de estudo.

Fig. 1 - Location of the study area.

pluviométrica para o município ocorre entre os meses de Março e Agosto, sendo Maio o mês mais chuvoso.

O regime de marés da região é do tipo meso-maré de caráter semi-diurno, com amplitude máxima de 2,0m e mínima de -0,1m. As maiores amplitudes ocorrem nas marés de sizígia, principalmente nos meses de março, abril, agosto, setembro e outubro (DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO, 2015).

De acordo com o modelo de ondas elaborado por C. Pianca *et al.* (2010) e por M. Oliveira (2003), para o setor que compreende esta porção do litoral de Sergipe, detectou-se que as ondas incidentes são geradas pela ação dos ventos alísios, possuindo a predominância de E e secundariamente de SE. As ondas são reforçadas durante o inverno por ondas de S e SSE, associadas ao avanço das frentes polares, com o aumento na altura das ondas, que podem chegar a 3m ou 4m de altura (C. Pianca *et al.*, 2010).

No que se refere à deriva litorânea, como a orientação da linha de costa de Sergipe é de NE-SW, e a direção que predomina na incidência de ondas é de E, a corrente de deriva litorânea, e conseqüentemente, o sentido do transporte de sedimentos é predominantemente de NE-SW (M. Oliveira, 2003).

#### Procedimentos Metodológicos

Para a operacionalização dos objetivos apontados, o presente trabalho foi conduzido em cinco etapas descritas nos itens a seguir.

#### *Avaliação do comportamento da linha de costa em médio prazo*

O posicionamento da linha de costa para médio prazo foi obtido a partir do mapeamento multitemporal para os anos de 1965, 1971, 1978, 1986, 2003, 2008, 2010 e 2014. Para tal, foi utilizado como indicador a linha de preamar máxima, a qual é identificada nas imagens aéreas como o limite entre a areia seca e areia molhada (S. Esteves, 2003). Ressalta-se que, a despeito das ressalvas existentes quanto ao referido indicador, este foi adotado tendo em vista os seguintes fatores: a morfodinâmica da praia, que apresenta características dissipativas; e o uso de uma série multitemporal de imagens que, de acordo com D. Muehe, L. Klumb-Oliveira (2014), reduz notadamente possíveis erros de interpretação.

Os mapas foram confeccionados sobre uma base cartográfica composta por fotografias aéreas de 1965, 1971, 1978, 1986 e 2004, ortofotos de 2004 e, imagens de satélite QuickBird de 2003, 2008, 2010 e 2014. As fotografias aéreas foram georeferenciadas com auxílio do programa GLOBAL MAPPER 15, tomando por base as ortofotos de 2004. Foi utilizado o sistema

de projeção UTM e o datum SIRGAS BRASIL 2000 para o georreferenciamento e confecção dos mapas. Esta base cartográfica e os programas de geoprocessamento também foram utilizados na construção dos mapas associados às etapas metodológicas seguintes.

#### *Análise dos geoindicadores de modificação da linha de costa e do nível de ocupação*

Com o intuito de identificar os geoindicadores de modificação da linha de costa e analisar o nível de ocupação nas suas proximidades foram realizadas visitas a campo.

As principais características da praia e da linha de costa foram identificadas com base na metodologia exposta pelos autores D. Bush *et al.* (1999) e C. Souza e K. Suguio (2003). Estas consistem na identificação dos indícios de erosão, estabilidade e progradação da linha de costa e do nível de ocupação nas suas proximidades. Para a análise do comportamento da linha de costa foram considerados os seguintes geoindicadores (E. Bird, 2008, D. Bush *et al.*, 1999, C. Souza, K. Suguio, 2003):

- Erosão - ausência de vegetação; estruturas artificiais na linha de costa e na praia; ausência de dunas, com frequência de sobrelavagem (*overwash*); dunas escarpadas; vegetação efêmera ou escassa ao longo da linha da escarpa;
- Estabilidade - escarpas inativas, desenvolvimento recente de vegetação, início da formação de feições deposicionais;
- Progradação - presença de feições deposicionais como bermas e terraços de praia, desenvolvimento de dunas frontais e pós-praia vegetada.

Para a área de estudo foram demarcados 25 pontos, com auxílio do GPS (*global positioning system*), com o propósito de observar o estado da praia. A distância entre os pontos foi de aproximadamente 1 km, ocorrendo marcações entre estes quando ocorriam mudanças nas condições morfológicas da praia.

No que se refere ao nível de ocupação foram considerados as estruturas erguidas sobre a pós-praia e nas proximidades da linha de costa (1km em direção ao interior do continente). Para a diferenciação entre os níveis de ocupação foi analisada a posição e a distância em relação à linha de costa (perpendicularmente), juntamente a densidade da ocupação (paralelamente). A posição da ocupação foi identificada como muito próxima, próxima e distante; já para a densidade considera-se os níveis de ocupação: baixo (0-35%), médio (36-70%) e alto (>70%). Vale ressaltar que os parâmetros seguidos para determinação dos valores baixo, médio e alto foram estabelecidos com base na comparação dos níveis de ocupação da própria área de estudo.

### *Classificação da frente litorânea de acordo com os indicadores de vulnerabilidade à erosão costeira*

A vulnerabilidade depende do grau de exposição de um ambiente ao impacto de determinado perigo e de como este pode absorver os impactos e se recuperar. Neste sentido, a vulnerabilidade natural da zona costeira decorre de dois fatores: exposição da linha de costa e dos ecossistemas costeiros aos perigos relacionados à dinâmica física do litoral, e da capacidade da linha de costa e dos ecossistemas costeiros de resistir, se recuperar (grau de resiliência) ou se adaptar. Com bases nesses preceitos foi mensurada a vulnerabilidade física à erosão costeira, embasado na metodologia exposta pelos autores F. Lins-de-Barros (2005) e I. Silva *et al.* (2007). Os seguintes indicadores foram analisados conjuntamente:

- Geoindicadores de modificação da linha de costa em curto prazo - análise dos setores a partir de indicadores de erosão, estabilidade ou progradação;
- Grau de exposição da praia - análise do quanto à praia está sujeita a ação efetiva das ondas, em função da presença de ilhas ou promontórios;
- Grau de resistência/resiliência da praia - identificado a partir da análise da cobertura vegetal no topo do perfil, associado à presença/ausência de dunas frontais e granulometria das praias.
- Tendência em médio prazo das variações da linha de costa - análise dos setores a partir das tendências verificadas para os últimos 50 anos.

Para fins de mensuração do grau de vulnerabilidade na TABELA I é apontado a discriminação dos valores utilizados no cálculo final.

Ressalta-se alguns pontos dentro da mensuração:

- O grau de exposição foi retirado do cálculo, apesar de compor um importante indicador, uma vez que toda a costa estudada apresenta grau de exposição elevado.
- Não foi considerado a granulometria, em função de os sedimentos nessas áreas serem de granulometria de fina a muito fina, não havendo grandes variações ao longo da costa.
- O grau de vulnerabilidade muito alta foi atribuído as áreas contíguas às desembocaduras fluviais, em função da elevada dinamicidade destes setores. Assim, independente do valor final atribuído, tais áreas sempre estarão contidas nesta classificação.

### *Identificação das áreas de riscos*

As áreas de risco foram delimitadas com base nos índices de vulnerabilidade física à erosão costeira, associado ao nível e à distribuição da ocupação em relação à linha de costa (TABELA II). Não obstante, a existência do risco está atrelada

primordialmente à ação humana, para fins de mensuração atribuiu-se o mesmo peso as duas variáveis, tendo em vista que as características biofísicas do ambiente costeiro contribuirão sobremaneira para potencialização dos riscos.

### *Delimitação das áreas de manejo especial*

A partir dos geoindicadores da modificação da linha de costa e da configuração atual da ocupação, foram analisadas as áreas próximas à linha de costa que necessitam de políticas de manejo específicas, com base na classificação realizada por S. Esteves (2003, p. 66):

- Áreas críticas - São áreas que requerem medidas de gerenciamento costeiro corretivo. Apresentam alto índice e/ou crescente ocupação, tendência à erosão e/ou destruição de estruturas costeiras durante eventos de alta energia, deslocamento da linha de costa, dunas primárias ausentes ou muito alteradas.
- Áreas de ação prioritária - São áreas sob pressão crescente, em que urge a aplicação de medidas de gerenciamento preventivo. Apresentam nível de ocupação moderado ou baixo, altas taxas de crescimento populacional, recente intensificação do uso (turismo, valorização imobiliária, conflitos de interesses), tendência à estabilidade ou erosão a curto ou longo-prazo.
- Áreas latentes - São áreas que atualmente não se encontram sob grande pressão de uso, mas que num futuro próximo podem se tornar áreas de ação prioritária, portanto é aconselhável a implementação de medidas reguladoras de ocupação e uso. Apresentam sistema praia/duna preservado ou pouco alterado, nível de ocupação moderado a baixo, e tendência à erosão ou estabilidade/acresção. Em geral, ocorrem nas proximidades de áreas críticas ou prioritárias, ou são áreas não urbanizadas que recentemente tiveram vias de acesso ampliadas ou criadas.
- Áreas naturais - São as áreas que têm suas características naturais preservadas, não são urbanizadas, apresentam pouca pressão de uso e sem indícios de que essas condições serão alteradas em um futuro próximo. Podem apresentar tendência à erosão, estabilidade ou acresção.

Destaca-se que tais classificações foram adaptadas às características encontradas na área de estudo.

## **Resultados e Discussões**

### *Evolução da linha de costa em médio prazo da frente litorânea de Aracaju*

As linhas de costa obtidas para os diferentes anos foram sobrepostas, em que foi possível visualizar as modificações do seu posicionamento para os últimos 50 anos (fig. 2). Em função das diferentes tendências

TABELA I - Mensuração da vulnerabilidade física à erosão costeira.  
 TABLE I - Measurement of physical vulnerability to coastal erosion.

Grau de resistência (A)	Tendência da linha de costa em médio prazo (B)	Tendência da linha de costa em curto prazo (C)	Vulnerabilidade física à erosão costeira
Cobertura vegetal / Dunas Frontais			
(1) Elevado (2) Médio (3) Baixo	(1) Progradação (2) Estabilidade (3) Erosão	(1) Progradação (2) Estabilidade (3) Erosão	1 - 1,4: Vulnerabilidade Baixa 1,5 - 1,9: Vulnerabilidade Média 2,0 - 2,4: Vulnerabilidade Alta 2,5 - 3: Vulnerabilidade Muito Alta*  *Também atribuída às áreas contíguas às desembocaduras fluviais, independente dos valores obtidos.
$V_{\text{erosão costeira}} = (A + B + C)/3$			

TABELA II - Mensuração do risco associado à ocupação nas proximidades da linha de costa.  
 TABLE II - Risk measurement associated to the occupation nearby the shoreline.

Vulnerabilidade física à erosão costeira (A)	Nível e distribuição da ocupação (B)	Risco
1 - 1,4: Vulnerabilidade Baixa 1,5 - 1,9: Vulnerabilidade Média 2,0 - 2,4: Vulnerabilidade Alta 2,5 - 3: Vulnerabilidade Muito Alta*  *Também atribuída às áreas contíguas às desembocaduras, independente dos valores obtidos.	0 - Ocupação inexistente 0,1 - 1: Baixo índice de ocupação 1,1 - 2: Médio índice de ocupação 2,1 - 3: Alto índice de ocupação	0 - 1: Risco baixo 1,1 - 2: Risco médio 2,1 - 3: Risco alto
$R = (A + B)/2$		

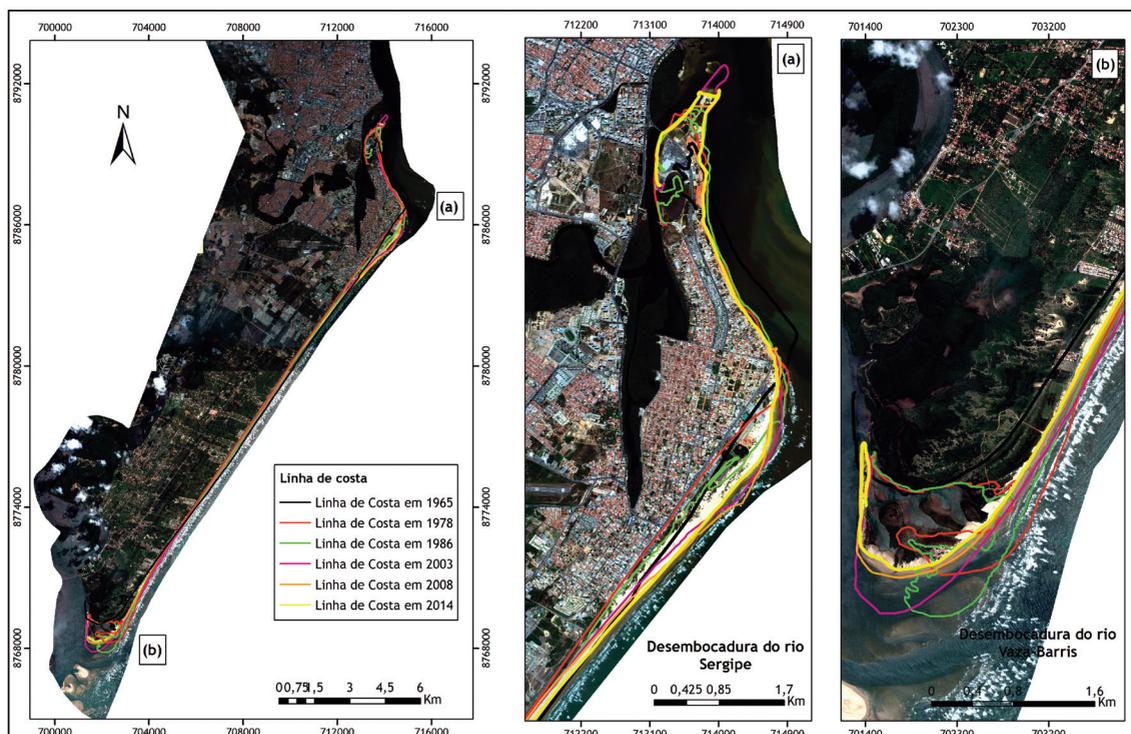


Fig. 2 - Variações no posicionamento da linha de costa entre 1965 e 2014.  
 Fig. 2 - Variation of the coastline positioning between 1965 and 2014.

observadas, a área foi dividida em três setores: Setor I - localizada nas adjacências da margem direita da desembocadura do rio Sergipe; Setor II - compreende a porção central da área estudada e; Setor III - compreende as adjacências da margem esquerda da desembocadura do rio Vaza-Barris (vide fig. 1).

No setor 1, na porção localizada mais ao norte da área investigada, na praia dos Artistas e na praia da Atalaia, identificou-se comportamento de elevada variabilidade, com ciclos de erosão e sedimentação, e comportamentos diferenciados entre as referidas praias. A praia dos Artistas, nas vizinhanças da desembocadura, em médio prazo apresentou tendência à erosão, fato que resultou na construção de estruturas de contenção a fim de estabilizar a linha de costa. Já a praia de Atalaia evidenciou-se tendência geral à progradação, com episódios de erosão em curto prazo.

No setor II da área de estudo, observou-se a ocorrência de pequenas variações sazonais no posicionamento da linha de costa, com alternância entre períodos de erosão e progradação, o que caracteriza a estabilidade em médio prazo deste setor.

Já no setor III, localizado nas vizinhanças da margem esquerda do rio Vaza-Barris, na praia do Mosqueiro, foram identificadas grandes variações no posicionamento da linha de costa, tal como verificado no setor I. Houve progradação da linha de costa entre 1965 e 1986, e subsequente inversão de comportamento, com erosão da linha de costa entre 1986 e 2014. Vale ressaltar que, mesmo com a tendência à erosão verificada para os últimos 20 anos, a linha de costa atual, 2014, ainda encontra-se progradada em relação à de 1965.

Os dados obtidos das análises da variação do posicionamento da linha de costa revelam que as áreas que mais estiveram sujeitas a eventos de erosão e sedimentação foram os setores adjacentes às desembocaduras. As áreas que intermedeiam os dois estuários mantiveram-se relativamente estáveis com episódios erosivos e de acresção em menores proporções. Tal característica corrobora os estudos de autores como R. Angulo (1993), A. Bittencourt *et al.* (2001), J. Cooper (2002), S. Esteves (2003), L. Wright (1977) e D. FitzGerald (1982) os quais definiram que as áreas que sofrem influência da dinâmica fluvial, tendem a ser altamente instáveis e apresentar elevada variabilidade devido à ação conjunta entre dinâmica fluvial e marinha.

Diante do estudo da vulnerabilidade física à erosão costeira, levando em consideração a elevada variabilidade morfodinâmica em médio prazo, considerou-se as áreas próximas as desembocaduras dos rios Sergipe e Vaza-Barris, com elevada vulnerabilidade física. Tal comprovação tem por pressuposto uma análise histórica que revela que ambas as áreas já estiveram submetidas a eventos erosivos de grandes proporções.

#### *Análise da linha de costa em curto prazo*

A frente litorânea de Aracaju foi analisada segundo os geoindicadores de modificação da linha de costa, que representam as características atuais e permitem a classificação da praia com base nas tendências à progradação, à estabilidade e à erosão. Para tanto, a linha de costa da área investigada, que compreende cerca de 24km, foi subdivida em 25 pontos de análise. Tais pontos apresentaram equidistâncias de aproximadamente 1km. Nestes setores foram analisados os geoindicadores, nível de ocupação, processos atuantes, entre outras características.

O setor I, que compreende os bairros da Coroa do Meio e Atalaia apresentou duas tendências diferenciadas. Verificou-se processo de progradação contínuo em quase toda sua extensão, onde foi visualizada vegetação bem desenvolvida, a presença de algumas dunas frontais, pós-praia larga e vegetada com mais de 100m de comprimento em alguns pontos e presença de bermas. A exceção deste setor refere-se às adjacências da desembocadura do rio Sergipe, que se apresenta com características de praias em erosão (escarpas ativas, estruturas artificiais de contenção e faixa de praia ausente durante a maré alta).

Ainda dentro do Setor I, vale destacar processo erosivo severo ocorrido entre os anos de 2007 e 2008, o qual culminou na destruição parcial de uma praça de eventos, além de bares e restaurantes. Observou-se a modificação da tendência da linha de costa, que se encontrava em processo de recuo, passando a figurar como estável com o cessar do processo erosivo, e, atualmente, apresentando tendência à estabilidade (fig. 3).

No setor II, que compreende as Praias da Aruana, Robalo, Refúgio e Naufragos verificou-se tendência à estabilidade em todos os setores. Identificaram-se também evidências de processos erosivos pretéritos que resultaram no retrabalhamento de feições deposicionais, eólicas e marinhas, que deram origem a escarpas de praia, encontradas na maioria dos pontos analisados. Atualmente estas escarpas estão inativas, caracterizando a estabilidade da praia. Soma-se a este indício de estabilidade, a presença de vegetação esparsa sobre algumas escarpas e sobre a própria praia.

No setor III, nas adjacências da desembocadura do rio Vaza-Barris, que compreende a praia do Mosqueiro, foi identificado tendência preponderante à erosão, com poucos setores com indícios de estabilidade.

Com base nos dados expostos, notou-se que em curto prazo comportamentos diferenciados foram notados entre os setores (fig. 4), que em muito se assemelharam ao comportamento da linha de costa em médio prazo.

No que concerne ao grau de exposição da frente litorânea de Aracaju, constatou-se que ao longo de toda a costa as praias são expostas a ação das ondas, em função da

não existência de promontórios e ilhas. A única exceção está nas proximidades da margem esquerda do rio Vaza-Barris, onde em determinados períodos bancos arenosos aparecem e protegem a costa da ação direta das ondas, tornado este setor menos exposto.

Já os graus de resistência e resiliência das praias são definidos, respectivamente, em razão da capacidade do ambiente praial tem de conter processos erosivos e, no caso de ocorrência do referido fenômeno, a capacidade do ambiente de recuperar-se. Praias que possuem pós-praia larga e com vegetação bem desenvolvida, feições deposicionais como dunas frontais e bermas, juntamente a presença de cobertura vegetal no topo do perfil, tendem a possuir maior grau de resistência e resiliência.

Atenção especial neste caso dá-se ao papel das dunas frontais. Em grande parte da extensão analisada são encontradas dunas frontais vegetadas de diferentes portes. As referidas feições auxiliam na manutenção do equilíbrio do sistema praial, uma vez que servem de reserva de sedimentos para a praia (N. Psuty, 2004, E. Bird, 2008), constituindo-se como um dos principais indicadores para o estudo da vulnerabilidade à erosão costeira.

A partir do momento que estas feições são destruídas ou interrompidas por estruturas artificiais, pode haver comprometimento na troca bidirecional de sedimentos. Este fato implica diretamente na dinâmica praial, uma vez que a praia perde uma de suas principais fontes de alimentação, fato que pode acarretar na ocorrência de processos erosivos (N. Psuty, 2004).

Para o caso da área de estudo, no setor II e III, as dunas frontais foram interrompidas pela construção da rodovia José Sarney (fig. 5-a). Já no setor I, algumas dunas foram suprimidas, em função da construção de aparatos turísticos, não obstante grande parte delas ainda esteja presente (fig. 5-b).

Observou-se também que nas áreas onde as dunas frontais são mais presentes, os processos erosivos ocorrem, no entanto, a praia tem maior capacidade de se recuperar destes eventos devido ao fornecimento de sedimentos pelas dunas (fig. 6-b). Estas feições ainda constituem uma barreira natural no que se refere às ocupações que ficam na retaguarda destas. Nas áreas em que as dunas foram destruídas ou tiveram a dimensão reduzida, o

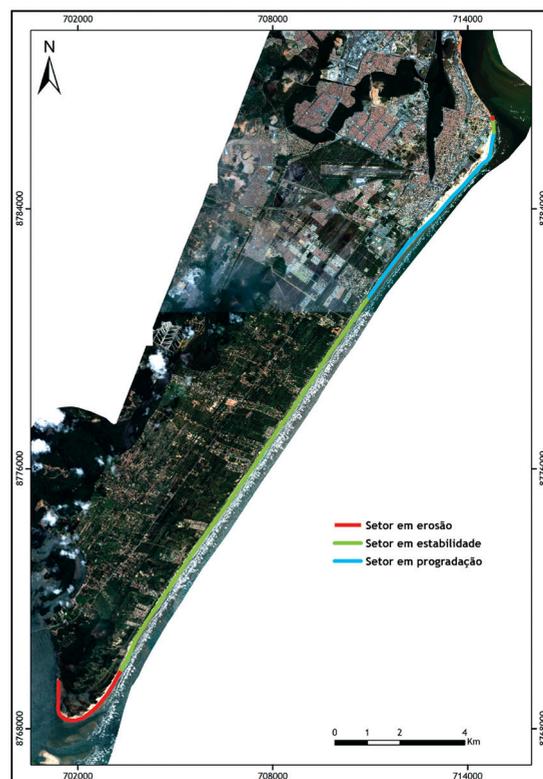


Fig. 4 - Tendências observadas para linha de Aracaju em curto prazo a partir dos geoindicadores.

Fig. 4 - Trends of Aracaju's shoreline observed in the short-term from geo-indicators.



Fig. 3 - Modificação na tendência da linha de costa na praia de Atalaia entre 2007 e 2016 (Fonte: Luana Santos Oliveira Mota, (a) agosto de 2007; (b) setembro de 2016).

Fig. 3 - Variation of the coast line tendency in Atalaia beach between 2007 and 2016 (Source: Luana Santos Oliveira Mota, (a) August 2007; (b) September 2016).

processo de recuperação da praia pode ser mais lento e, ainda que a praia encontre-se em estabilidade, fenômenos erosivos futuros podem atingir as estruturas fixas (fig. 6-a) (N. Psuty, 2004).

*Vulnerabilidade física à erosão costeira da frente litorânea de Aracaju/SE.*

Como já foi estabelecido anteriormente, o estudo da vulnerabilidade física à erosão costeira envolve a junção de diversos indicadores que pressupõe o estado da praia. Como grande parte dos dados analisados pelos autores utilizados como referencial teórico-metodológico perfazem a escala temporal de curto prazo, optou-se por incluir dados de médio prazo, referentes às variações da linha de costa, no processo de mensuração da vulnerabilidade física. Isto porque parte-se do pressuposto que o ambiente costeiro está sujeito a grandes modificações e apresenta elevada dinamicidade em função dos diversos agentes atuantes. Por conseguinte, entende-se que estudos presos a análises de curto prazo podem não dar suporte adequado ao planejamento para estas áreas, em função do alto grau de transformações que podem ocorrer em um curto espaço de tempo. De tal modo, diante dos indicadores já apontados, a TABELA III reúne todas as características analisadas por setor e a mensuração do grau de vulnerabilidade correspondente. Com base na interpolação dos dados colhidos e analisados delimitou-se as áreas que apresentam baixa, média, alta e muito alta vulnerabilidade física à erosão costeira, conforme exposto na fig. 7.

A análise conjunta dos indicadores indica que a frente litorânea de Aracaju possui as quatro classes de vulnerabilidade: muito alta, alta, média e baixa.

Os setores que apresentam vulnerabilidade muito alta perfazem as áreas contíguas às desembocaduras fluviais contidas na área estudo - praia do Mosqueiro na margem esquerda da desembocadura do rio Vaza-Barris e, praia dos Artistas na margem direita da desembocadura do rio Sergipe. Estas são assim classificadas, por comporem praias

que estão sujeitas diretamente à dinâmica fluviomarinha, o que as tornam extremamente mais vulneráveis, mesmo que estas viessem a apresentar características de estabilidades e/ou indicadores que apontem para alta resistência. Isto é, em casos específicos de desembocaduras é desprezada a análise dos geoindicadores, e considerado apenas a localidade e influência fluviomarinha.

As áreas incluídas na classificação de vulnerabilidade alta estão localizadas majoritariamente nos setores II e III, mais especificamente nas praias dos Naufragos, e em pequenas porções das praias do Refúgio e do Robalo. Nestas localidades foram identificadas pós-praias mais estreitas com vegetação esparsa, e dunas frontais variando entre pequeno e médio porte. Outro indício que fortaleceu essa classificação foi o fato de que estas praias, apesar de atualmente estáveis, já passaram por processos erosivos, e, em função dos indicadores vistos em alguns pontos, a exemplo da transposição do cordão (*overwash*), que pode indicar tendência futura a ocorrência de erosão.

Neste ponto da discussão merece destaque o fato de que, não obstante a mensuração da vulnerabilidade física à erosão costeira ser realizada com base exclusivamente nas características naturais do ambiente praias, há de se considerar a alteração do referido ambiente pela ação humana que pode o tornar mais vulnerável. Na área em estudo, por exemplo, alguns dos setores que possuem vulnerabilidade alta, assim o são pela baixa resistência que a praia oferece, muito em função da supressão da vegetação e das dunas frontais, seja pela construção dos bares na pós-praia, seja pela presença da rodovia que interrompeu o campo de dunas.

Apenas uma pequena porção do setor II foi inserido no grau de vulnerabilidade médio. Já inserido no grau baixo de vulnerabilidade, encontra-se quase todo o setor I (praia da Aruana e parte da praia da Atalaia). Estas áreas são as que apresentaram maior resistência à erosão costeira, em função da presença de pós-praias largas

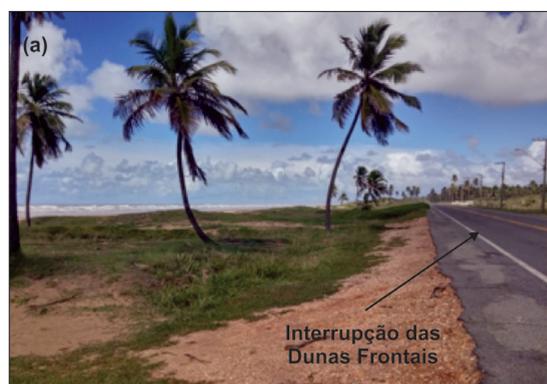


Fig. 5 - Presença das dunas frontais na área de estudo. Em (a): praia do Robalo; Em (b) praia da Atalaia (Fonte: Luana Santos Oliveira Mota, Maio de 2016).

Fig. 5 - Frontal dunes found in the study area. In (a): Robalo Beach; In (b) Atalaia Beach (Source: Luana Santos Oliveira Mota, May 2016).

e vegetadas, com presença de dunas frontais de médio porte. Em adendo, acrescenta-se o fato de que a análise em curto e médio prazo da variação da linha de costa indica tendência à progradação nestes setores, em que não foram identificados evidências de erosão pretérita.

A mensuração realizada não indicou a presença do grau de vulnerabilidade baixa. Justifica-se este fato pela razão de não ter havido coincidência entre as áreas que apresentaram tendência a progradação em médio e curto prazo com áreas que possuíssem elevado grau de resistência.



Fig. 6 - Relação entre dunas frontais e erosão costeira. Em (a): menor resistência da praia a processos erosivos - praia do Robalo; Em (b): maior resistência da praia a processos erosivos - praia dos naufragos (Fonte: Luana Santos Oliveira Mota, Maio de 2016).

Fig. 6 - Relationship between frontal dunes and coastal erosion. In (a): beach less resistant to erosion - Robalo beach; In (b): beach more resistant to erosion - Naufragos beach (Source: Luana Santos Oliveira Mota, May 2016).

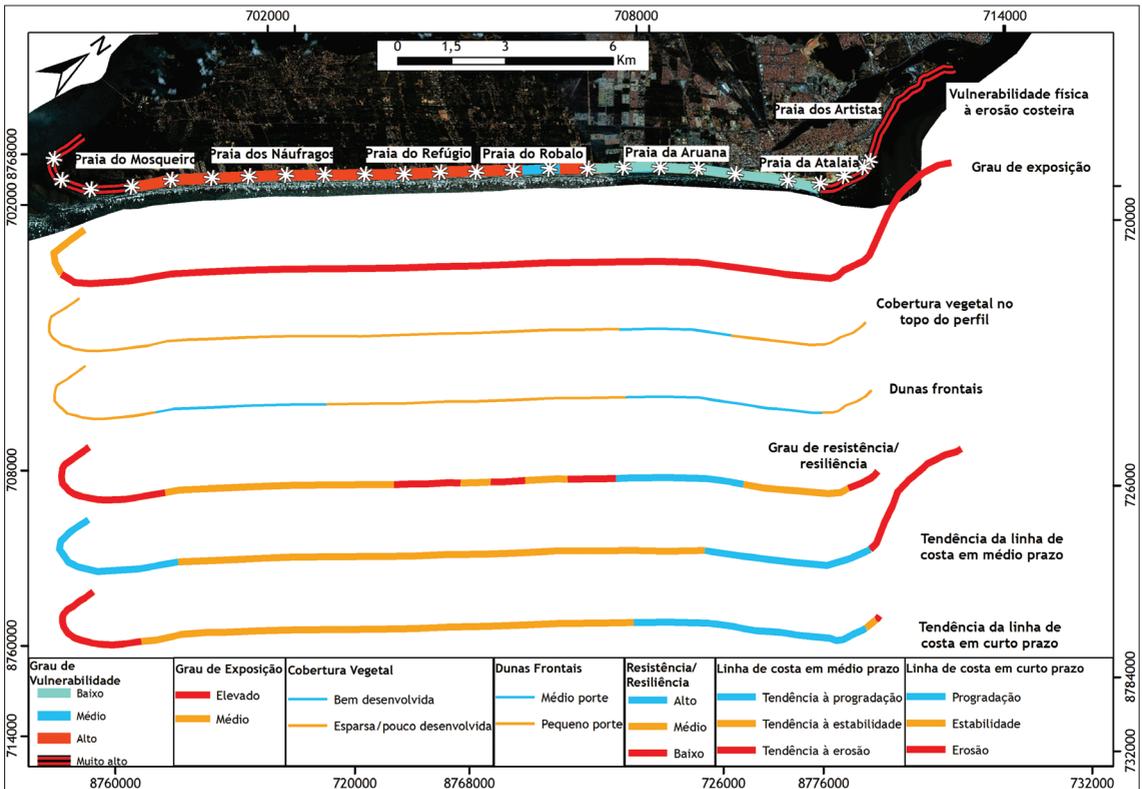


Fig. 7 - Vulnerabilidade física à erosão costeira da frente litorânea de Aracaju/SE.

Fig. 7 - Coastal front of Aracaju, physical vulnerability to coastal erosion.

TABELA III - Indicadores da vulnerabilidade física à erosão costeira.

TABLE III - Indicators of physical vulnerability to coastal erosion.

Pontos	Grau de exposição	Grau de resistência/resiliência			Tendência da linha de costa em médio prazo	Índice	Tendência da linha de costa em curto prazo	Índice	Índice total	Vulnerabilidade física à erosão costeira
		Cobertura vegetal no topo do perfil	Dunas frontais	Índice						
1	Médio	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de pequeno porte vegetadas	3	Progradação (grandes variações de posicionamento nos últimos 50 anos)	1	Erosão	3	2,3	Muito elevada (proximidade da desembocadura)
2	Médio	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de pequeno porte vegetadas	3	Progradação (grandes variações de posicionamento nos últimos 50 anos)	1	Erosão	3	2,3	Muito elevada (proximidade da desembocadura)
3	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de pequeno porte vegetadas	3	Progradação (grandes variações de posicionamento nos últimos 50 anos)	1	Erosão	3	2,3	Muito elevada (proximidade da desembocadura)
4	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de pequeno porte vegetadas	3	Progradação (grandes variações de posicionamento nos últimos 50 anos)	1	Erosão	3	2,3	Muito elevada (proximidade da desembocadura)
5	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	2	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade (com tendência à erosão)	2	2	Alta
6	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	2	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade (com tendência à erosão)	2,5	2,2	Alta
7	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	2	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade (com tendência à erosão)	2,5	2,2	Alta
8	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	2	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade (com tendência à erosão)	2,5	2,2	Alta
9	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de pequeno porte vegetadas	2	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade (com tendência à erosão)	2,5	2,2	Alta
10	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de pequeno porte vegetadas	2	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade (com tendência à erosão)	2,5	2,2	Alta
11	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Ausentes/ Dunas frontais de pequeno porte vegetadas	2,5	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade	2	2,2	Alta
12	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Ausentes/Dunas frontais de pequeno porte	3	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade	2	2	Alta
13	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de pequeno porte	2	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade	2	2	Alta
14	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Ausentes/Dunas frontais de pequeno porte	3	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade	2	2,3	Alta
15	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de baixo porte vegetadas	2	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade (com tendência à progradação)	1,5	1,8	Média
16	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Ausentes/Dunas frontais de pequeno porte	2,5	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Estabilidade	2	2,2	Alta
17	Elevado	Vegetação bem desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	1	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Progradação	1	1,3	Baixa
18	Elevado	Vegetação bem desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	1	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Progradação	1	1,3	Baixa
19	Elevado	Vegetação bem desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	1	Estabilidade (pequenas variações ao longo dos últimos 50 anos)	2	Progradação	1	1,3	Baixa
20	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	2	Progradação	1	Progradação	1	1,3	Baixa
21	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	2	Progradação	1	Progradação	1	1,3	Baixa
22	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de médio porte vegetadas	2	Progradação	1	Progradação	1	1,3	Muito elevada (proximidade da desembocadura)
23	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Dunas frontais de pequeno porte vegetadas	2	Progradação	1	Progradação	1	1,3	Muito elevada (proximidade da desembocadura)
24	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Ausentes/Dunas frontais de pequeno porte vegetadas	2,5	Erosão	3	Estabilidade	2	2,5	Muito elevada (proximidade da desembocadura)
25	Elevado	Esparsa e pouco desenvolvida	Ausentes	3	Erosão	3	Erosão	3	3	Muito elevada (proximidade da desembocadura)

### Nível e distribuição da ocupação ao longo da frente litorânea de Aracaju/SE.

A ocupação nas proximidades da linha de costa na área estudada apresenta dois padrões diferenciados. No que concerne aos bairros Coroa do Meio e Atalaia, componentes do Setor I, a ocupação é densa e distribuída em toda a faixa litorânea. Caracterizada por apresentar aparatos turísticos, residências, condomínios, restaurantes e bares ao longo da pós-praia. Destaca-se também a presença de estruturas verticais de mais de 12 andares.

Já nos Setores II e III a ocupação é pontual e distribuída irregularmente ao longo da frente litorânea. Em geral, são observados condomínios de luxo, entremeados por espaços não ocupados e/ou loteados, dispostos internamente à rodovia José Sarney. Dispostos externamente a esta rodovia, são encontrados muitos bares e restaurantes sobre a pós-praia. Dentro do Setor III está localizada a única área sem ocupação da frente litorânea do município, nas proximidades da desembocadura do rio Vaza-Barris, padrão completamente oposto às margens da desembocadura do rio Sergipe.

Para analisar o nível de ocupação em relação à linha de costa na área, foi considerada a distribuição da ocupação perpendicularmente (primeiro 1 km da costa) e paralelamente à linha de costa (densidade). Foram utilizados os seguintes parâmetros: de 0-35% a ocupação é considerada baixa, de 35%-70% o nível é considerado médio, e acima de 70% a ocupação é elevada.

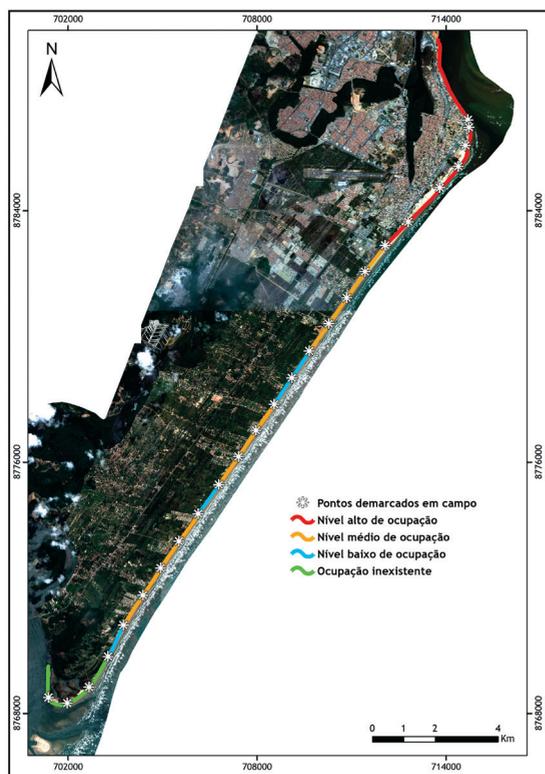


Fig. 8 - Nível de Ocupação da frente litorânea de Aracaju/SE.  
Fig. 8 - Occupancy level of the coastal front of Aracaju/SE.

Com base nessa distribuição do nível de ocupação e sua distância em relação à linha de costa, calculou-se os índices de ocupação para os diferentes setores (fig. 8).

### Avaliação dos riscos associados à ocupação nas proximidades da linha de costa

A partir dos valores indicados para a variável da vulnerabilidade física à erosão costeira e para a variável do nível e distribuição da ocupação calcularam-se os índices de riscos para os setores delimitados (TABELA IV).

Os resultados obtidos indicaram a preponderância dos níveis de risco variando entre médio e alto (fig. 9). Esta tendência é justificada pela conjunção de setores com medianos e elevados índices de ocupação a áreas de elevada vulnerabilidade física à erosão costeira.

Como o risco está diretamente atrelado a existência de ocupação, áreas em que esta é inexistente o risco também será, mesmo que os condicionantes naturais indiquem elevada vulnerabilidade natural. Para o caso da área de estudo, não obstante as áreas adjacentes à desembocadura do rio Vaza-Barris não apresentarem nenhum tipo de ocupação fixa, existe limitada infraestrutura urbana (rodovia e redes elétricas). Para além deste fato, há de se considerar que este setor da costa aracajuana constitui-se como de elevada especulação imobiliária, tendo em vista os atrativos naturais intrínsecos ao ambiente costeiro. Em razão

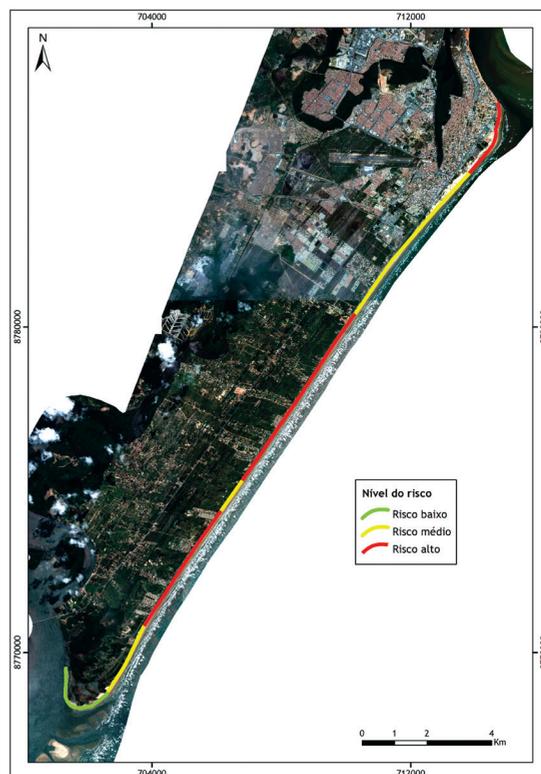


Fig. 9 - Avaliação do risco para a frente litorânea de Aracaju/SE.  
Fig. 9 - Evaluation risk for the coastal front of Aracaju/SE.

TABELA IV - Riscos associados à ocupação nas proximidades da linha de costa.

TABLE IV - Risks associated to occupation near the coastline.

Pontos	Índice da vulnerabilidade à erosão costeira	Índice do nível de ocupação	Nível do Risco	Pontos	Índice da vulnerabilidade à erosão costeira	Índice do nível de ocupação	Nível do Risco
1	2,3	0	1,1 (Baixo/Potencial)	14	2,3	1	1,6 (Médio)
2	2,3	0	1,1 (Baixo/Potencial)	15	1,8	1	1,4 (Médio)
3	2,3	0	1,1 (Baixo/Potencial)	16	2,2	2	2,1 (Alto)
4	2,3	1	1,6 (Médio)	17	1,3	2	1,7 (Médio)
5	2	1	1,5 (Médio)	18	1,3	2	1,7 (Médio)
6	2,2	2	2,1 (Alto)	19	1,3	2	1,7 (Médio)
7	2,2	2	2,1 (Alto)	20	1,3	3	2,1 (Alto)
8	2,2	2	2,1 (Alto)	21	1,3	3	2,1 (Alto)
9	2,2	2	2,1 (Alto)	22	1,3	3	2,1 (Alto)
10	2,2	1	1,6 (Médio)	23	1,3	3	2,1 (Alto)
11	2,2	2	2,1 (Alto)	24	2,5	3	2,8 (Alto)
12	2	2	2 (Médio)	25	3	3	3 (Alto)
13	2	2	2 (Médio)				

destes fatos, optou-se por classificar esta porção da costa como de baixo risco/risco em potencial.

A valorização do espaço costeiro configura-se como um dos grandes responsáveis pela potencialização dos riscos nestes ambientes. Esta valorização é tida por C. Vitte (2003) como o ato de atribuir um valor a um elemento da natureza, tornando-o um bem a ser consumido. Um exemplo claro desta circunstância é o apelo paisagístico atrelado às praias, os quais resultam em uma valorização elevada dos terrenos defronte ao mar, e, conseqüentemente, no aumento da pressão antropogênica nas áreas próximas à linha de costa. Para o caso do município de Aracaju, este apelo tem aumentado sobremaneira desde a década de 1980, atingindo o ápice na presente década, o que tem resultado no acréscimo exponencial de área ocupada nas adjacências da frente litorânea e consequente potencialização e aumento das áreas de risco.

#### *Políticas de manejo específicas para as áreas próximas à linha de costa.*

Com base na análise dos geoindicadores de modificação da linha de costa em curto prazo, da variação do posicionamento da linha de costa a médio prazo e do nível de ocupação nas proximidades da linha de costa na frente litorânea de Aracaju, foi possível determinar as áreas que necessitam de gerenciamento costeiro preventivo ou corretivo, com base na metodologia de S. Esteves (2003) e F. Lins-de-Barros (2005) no que se refere à determinação das áreas críticas, áreas de ação prioritária, áreas latentes e áreas naturais (fig. 10).

As áreas críticas são as que necessitam de gerenciamento costeiro corretivo, devido à destruição de estruturas fixas pela erosão costeira e ao alto nível de concentração populacional. Nesta classe, enquadra-se a porção atingida

por um processo erosivo severo pretérito que destruiu parte da rodovia José Sarney, na margem esquerda da desembocadura do rio Vaza-Barris (praia do Mosqueiro), assim como a margem direita da desembocadura do rio Sergipe (praia dos Artistas). Essas áreas foram assim classificadas por necessitarem de medidas corretivas, em função da destruição de estruturas fixas

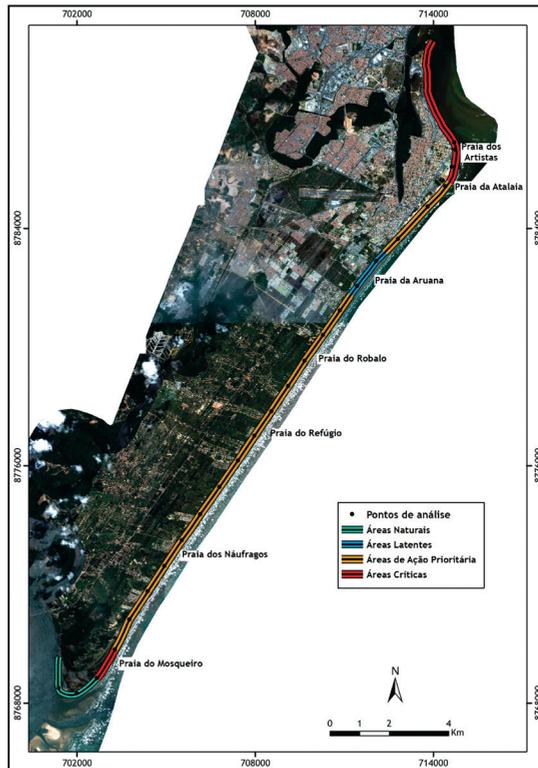


Fig. 10 - Áreas de manejo especial para frente litorânea de Aracaju/SE.

Fig. 10 - Special management areas for coastal front of Aracaju/SE.

pela erosão. Ressalta-se que, a margem esquerda da desembocadura do rio Vaza-Barris, não condiz com a descrição realizada para áreas críticas no que concerne ao nível de ocupação, mas por necessitar de ações corretivas urgentes, optou-se por incluí-la nesta classe. Já no que se refere à margem direita da desembocadura do rio Sergipe, há elevado nível de ocupação associado a eventos erosivos pretéritos e atuais. Destaca-se que neste setor já foram construídos molhes no intuito de conter o processo erosivo.

As áreas de ação prioritária são as áreas que estão sob pressão antrópica constante, com nível de ocupação baixo ou médio, tendendo ao aumento, apresentando tendência à erosão ou estabilidade da linha de costa. A maior parte da área foi classificada dentro dessa categoria, em que se incluem parte da praia de Atalaia, praia do Robalo, praia do Refúgio e praia dos Naufragos. Como já foi discutido anteriormente, estas praias possuem níveis de ocupação bem diferenciados, assim como tendências distintas da linha de costa. Apesar das referidas diferenças, elas pertencem a mesma classe em função da confluência de algumas características.

Parte da praia de Atalaia, por exemplo, possui tendência à progradação somado aos maiores índices de ocupação visualizados na frente litorânea de Aracaju. Esta não pode ser classificada como crítica, pois não possui estruturas fixas destruídas pela erosão, assim como, não pode ser considerada latente por possuir elevados índices de interferência antrópica. De tal modo, apesar de não estar sujeita a eventos erosivos, no que concerne ao planejamento, merece atenção especial, e deve ser uma área de ação prioritária.

Já para as praias do Robalo, Refúgio e Naufragos, os índices de ocupação variam entre baixo e médio, somado a tendência à estabilidade/erosão da linha de costa. Estes setores devem ser tratados com cautela, uma vez que se caracterizam pela intensa especulação imobiliária, que aponta para o aumento considerável da ocupação nos próximos anos.

As áreas latentes caracterizam-se pela baixa pressão antrópica, com preservação do sistema dunar e praias com tendências a progradação. O setor analisado que se inclui nesta classificação é parte da praia de Aruana, uma vez que a pressão antrópica nas proximidades da linha de costa é baixa e há tendência geral à progradação. Elucida-se, que não obstante pertencer a referida classe há necessidade de gerenciamento preventivo, em função do aumento populacional da frente litorânea.

Por fim, têm-se as áreas naturais, as quais se encontram sem ocupação, com as características naturais inteiramente preservadas. A porção mais ao sul, nas adjacências do rio Vaza-Barris, foi assim classificada, uma vez que a ocupação é inexistente.

Destarte, observa-se para a área de estudo a necessidade de medidas preventivas e corretivas no que tange ao gerenciamento costeiro. Identificou-se que a frente litorânea do município ainda não é inteiramente ocupada, em que se constata a possibilidade da aplicação de medidas preventivas, com base na adoção de políticas urbano-ambientais que levem em consideração a dinâmica costeira. A classificação mencionada pode ser utilizada como mecanismo a fim de evitar futuros prejuízos advindos da ocupação irregular deste ambiente, como já observados em dois setores da costa Aracaju.

### Conclusões

A delimitação das áreas de risco para frente litorânea do município de Aracaju/SE foi realizada tendo por base os indicadores de vulnerabilidade física à erosão costeira e o nível/densidade da ocupação.

A vulnerabilidade foi mensurada a partir da análise integrada de parâmetros de médio e curto prazo. Como indicador de médio prazo foi considerado a variação da linha de costa para os últimos 50 anos, o qual apontou para tendências distintas ao longo da costa aracajuana. Já os indicadores de análise em curto prazo, envolvem o grau de resistência e resiliência da praia (dunas frontais e cobertura vegetal no topo do perfil), grau de exposição e geoindicadores de modificação da linha de costa. A mensuração da vulnerabilidade foi obtida pelo cruzamento dos dados colhidos e analisados, em que se verificou a existência das quatro classes de vulnerabilidade física à erosão costeira: vulnerabilidade muito alta - atribuída às margens das desembocaduras fluviais; vulnerabilidade alta - detectada majoritariamente no setor II, na praia dos Naufragos, e em parte das praias do Robalo e do Refúgio e; vulnerabilidade média - pequeno setor da praia do Robalo; vulnerabilidade baixa - predominante no setor I, na praia da Aruana e parte da praia da Atalaia. Em adendo a análise da vulnerabilidade, realizou-se a caracterização da frente litorânea do município em relação ao nível e densidade da ocupação, em que se constatou a presença de níveis elevados de ocupação, perpassando por áreas de ocupação dispersa, chegando até setores sem nenhum tipo de ocupação fixa.

A análise síncrona entre os diferentes graus de vulnerabilidade obtidos e os distintos níveis de ocupação, permitiu a delimitação das áreas de risco, em que se observou a preponderância do grau de risco variando entre médio e alto. Somado a esta delimitação, a costa foi classificada em quatro áreas de manejo especiais: áreas naturais, presente apenas nas margens da desembocadura do rio Vaza-Barris; áreas latentes, circunscrita à praia de Aruana; áreas de ação prioritária que perfazem a maior parte da área de estudo e; áreas críticas localizadas nas adjacências das desembocaduras do rio Sergipe e Vaza-Barris. Tal classificação visa a auxiliar o planejamento ambiental partindo de ações

do gerenciamento costeiro, uma vez que é definido medidas corretivas, para áreas críticas, e medidas preventivas para as áreas naturais, latentes e de ação prioritária.

A análise prognóstica da frente litorânea de Aracaju indica uma tendência clara ao acréscimo da ocupação, em função da elevada especulação imobiliária para os terrenos que margeiam as praias. É diante deste cenário, de conjunção entre elevado uso e ocupação do solo e elevada variabilidade e dinâmica natural, que a avaliação do risco é fundamental, não obstante ter sido pouco considerada para o planejamento da ocupação da referida cidade. Por tal razão, reforça-se a necessidade de medidas preventivas, a exemplo do planejamento para quaisquer tipos de intervenção antrópica na frente litorânea, a fim de evitar possíveis prejuízos socioeconômicos, advindos de conflito entre dinâmica natural e mau uso do ambiente costeiro. Tais medidas podem ser tomadas tendo por respaldo a classificação das praias em função da avaliação do risco, uma vez que esta se destina à análise pormenorizada em curto e médio prazo, fornecendo dados que possibilitam o ordenamento da ocupação tendo em vista à dinâmica do natural da zona costeira.

#### Referências Bibliográficas

- Angulo, Rodolfo José (1993). A Ocupação Urbana do Litoral Paranaense e as Variações da Linha de Costa. *Boletim Paranaense de Geociências*. Curitiba, p.73-81.
- Bird, C. F. Eric (2008). *Coastal Geomorphology: an introduction*. Wiley. Austrália, 436 p.
- Bittencourt, C. S. P. Abílio, Lessa, C. Guilherme, Dominguez, M. L. José, Martin, Louis, Bôas, S. V. Geraldo, Farias, F. Félix (2001). High And Low Frequency Erosive and Constructive Cycles in Estuarine Beaches: An Example From Garcez point, Bahia/Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.* Rio de Janeiro, n.º 4, p.599-610.
- Bush, David, Neal, J. Willian, Young, S. Robert, Pilkey, H. Orrin (1999). Utilization of geoinicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. *Ocean & Coastal Management*, n.º 42. p.647-670.
- Cooper, J. Andrew. G (2002). The role of extreme floods in estuary-coastal behaviour: contrasts bewtween river-and tide dominated microtidal estuaries. *Sedimentary Geology*. p. 123-137, 2002.
- Davis, A. Richard e Fitzgerald, M. Duncan (2004). *Beach and Coasts*. Blackwell Science Ltd. Austrália, 432 p.
- DHN - DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO DO BRASIL (2016). *Tábuas de maré*. Marinha do Brasil. <http://www.dhn.br>
- Dolan, H. Anne, Walker, J. Ian (2004). Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. *Journal of Coastal Research*. n.º 39, p. 1317-1324.
- Esteves, S. L (2003). *Estado-da-arte dos métodos de mapeamento da linha de costa*. Instituto de Geociências. Porto Alegre, 55 p.
- Fitzgerald, M. Duncan (1982). Sediment Bypassing at Mixed Energy Tidal Inlets. *Coastal Engineering*. Boston, p. 1094-1118.
- Lins-de-Barros, M. Flávia (2005). Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos socioeconômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. n.º 2, p. 83-90.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2002). *Projeto Orla: fundamentos para gestão integrada*. Brasília, 36 p.
- Morton, A. Robert, Pilkey, H. Orrin Jr., Pilkey, H. Orrin Sr., Neal, J. William (1983). *Living with the Texas shore*. Duke University Press, Durham, North Carolina.
- Muehe, Dieter e Klum-Oliveira, L (2014). Deslocamento da linha de costa versus mobilidade praial. *Quaternary and Environmental Geosciences*. Curitiba, n.º 5, p. 121-124.
- Oliveira, B. Marta (2003). *Caracterização integrada da linha de costa do Estado de Sergipe - Brasil*, IGEO, Salvador, 150 p.
- Pianca, Cássia, Mazzine, L.F. Pierro, Siegle, Eduardo (2010). Brazilian Offshore Wave Climate Based On Nww3 Reanalysis. *Brazilian Journal of Oceanography*, São Paulo, n.º 58, p. 53-70.
- Psuty, P. Norbert (2004). The coastal foredune: a morphological basis for regional coastal dune development. In: Psuty, P. Norbert e Martínez, M. Luisa. *Coastal Dunes: Ecology and Coservation*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p.12-17.
- Silva, R. Iracema, Bittencourt, C.S.P. Abílio, Dominguez, L. José Maria, Mello e Silva, B. Sylvio (2007). Potencial de Danos Econômicos Face à Erosão Costeira, Relativo às Praias da Costa do Descobrimento - Litoral Sul do Estado da Bahia. *Revista Pesquisa em Geociências*. p. 35-44.
- Souza, G. Célia Regina e Suguio, Kenitiro (2003). The coastal erosion risk zoning and the São Paulo state plan for coastal management. *Journal of Costal Research*. Itajaí, n.º 35, p. 530-547.
- Stive, J. F. Marcel, Aarninkhof, G.J. Stefan, Hamm, Luc, Hanson, Hans., Larson, Magnus, Wijnberg, M. Kathelijne, Nicholls, J. Robert, Capobianco, Michele (2002). Variability of shore and shoreline evolution, *Coastal Engineering*, n.º 47, p. 211-235.
- Vitte, Antônio Carlos (2003). O litoral brasileiro: a valorização do espaço e os riscos socioambientais. *Territorium*. Coimbra, n.º 10, p. 61-67. Disponível em: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T10\\_artg/T10\\_artg04.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T10_artg/T10_artg04.pdf)
- Wright, L. D. (1977). Sediment transport and deposition at river mouths: A synthesis. *Society America Bulletin*. n.º 6, p.857-868.

RISCO DE FADIGA EM AMBIENTE TÉRMICO FRIO: CASO DE UMA INDÚSTRIA DE PEIXE CONGELADO\*

RISK OF FATIGUE IN COLD THERMAL ENVIRONMENT: THE CASE OF THE QUICK-FROZEN FISH INDUSTRY

Mário Talaia

Departamento de Física da Universidade de Aveiro (Portugal)  
[mart@ua.pt](mailto:mart@ua.pt)

Leonor Teixeira

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro (Portugal)  
[lteixeira@ua.pt](mailto:lteixeira@ua.pt)

Isabel Tavares

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro (Portugal)  
[isabel.tavares@ua.pt](mailto:isabel.tavares@ua.pt)

RESUMO

Em diferentes indústrias caracterizadas com ambientes quentes, confortáveis e/ou frios, os trabalhadores devem usar um vestuário em função da atividade desenvolvida. O ambiente térmico desempenha um papel muito importante no melhoramento das condições de trabalho, com impacto direto na produtividade do trabalhador. As características termohigrométricas de um ambiente térmico podem afetar o bem-estar, a fadiga e a produtividade do trabalhador. Neste trabalho é avaliada uma secção de embalagem de peixe demoldado ultracongelado, considerado um ambiente térmico frio. Foram registados valores da temperatura e humidade relativa do ar, e da sensação térmica real do trabalhador, numa escala de cores. Os resultados obtidos mostram que o padrão de sensação térmica depende do tipo de embalagem, que influencia a sensação térmica dos trabalhadores.

**Palavras-chave:** Ambiente térmico frio, sensação térmica, índice EsConTer, ITH, PPD.

ABSTRACT

In industries characterized with different environment conditions, as warm, comfortable and/or cool environments workers clothing should be appropriate for their specific activity. The thermal environment plays an important role in improving working conditions, with a direct impact on worker productivity. The thermohygro-metric characteristics of a thermal environment can affect the well-being, fatigue and productivity of workers. In this study the quick-frozen fish section, considered a cold thermal environment, is evaluated. The values of temperature and relative humidity, as well as the real thermal sensation of the worker were collected in a colour scale. The results show that the pattern of thermal sensation depends on the type of packaging which influences the thermal sensation of workers.

**Keywords:** Cold thermal environment, thermal sensation, EsConTer index, THI, PPD.

**Keywords:** Cold thermal environment, thermal sensation, EsConTer index, THI, PPD.

\* O texto deste artigo foi submetido em 13-06-2016, sujeito a revisão por pares a 15-09-2016 e aceite para publicação em 24-04-2017.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25 (I), 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

A ergonomia tem um vasto campo de atuação desde o conforto/desconforto físico passando pelos processos mentais até aos processos ambientais, sendo igualmente importante na definição de tarefas para que estas sejam eficazes e tenham em conta as necessidades humanas.

O ambiente térmico pode ser designado como o conjunto de variáveis térmicas que influenciam as trocas de calor entre o ser humano e o meio ambiente envolvente. Dentro do âmbito da arquitetura foi criada legislação de conforto térmico que considera o conforto térmico como *“a satisfação expressa quando um indivíduo é sujeito a um determinado ambiente térmico”* (ISO 7730, 2005).

O organismo humano utiliza vários mecanismos para promover o balanço térmico. Durante o ambiente térmico frio o organismo pode acelerar o metabolismo para produzir mais energia sob a forma de calor. Neste contexto ambiental o vestuário também ajuda a manter a temperatura corporal. De notar que a sensação térmica é subjetiva, isto é, depende de cada pessoa, sendo que um determinado ambiente pode ser termicamente confortável para uma pessoa e ser frio ou quente para outra.

Um ambiente térmico é considerado frio quando o organismo de uma pessoa tem necessidade de desencadear mecanismos de luta contra o frio. A hipotermia que constitui a patologia geral devida ao frio por falência da termoregulação traduz-se no início por um arrepiamento generalizado, uma temperatura interna que diminui e uma pressão arterial que aumenta. Os movimentos dos dedos e das mãos podem também sofrer uma deterioração apreciável, mesmo com níveis moderados de exposição. As frieiras, a diminuição da destreza manual e a redução da sensibilidade são elementos a valorizar. Uma temperatura registada nas mãos abaixo dos 8°C provoca uma diminuição da sensibilidade tátil e entre 12°C e 16°C uma diminuição para a destreza manual (Parsons, 1993). Stoops (2004) mostrou que o controlo individual de sistemas de climatização, dependendo da atividade desenvolvida, proporciona um aumento da produtividade.

### Ambiente térmico e conforto térmico

O ambiente térmico pode ser designado como o conjunto das variáveis térmicas que influenciam as trocas de calor entre o ser humano e o meio onde este se insere, desempenhando um papel importante na melhoria das condições de trabalho, bem como na qualidade de vida (Miguel, 2012). De acordo com a ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), o conforto térmico pode ser definido como *“o estado de espírito em que o indivíduo expressa satisfação em relação ao ambiente térmico”* (ISO 7730,

2005; ASHRAE, 2004). Mas esta definição implica um certo grau de subjetividade e pressupõe a análise de dois aspetos: aspetos físicos (ambiente térmico) e aspetos subjetivos (estado de espírito do indivíduo).

A satisfação de todos os indivíduos inseridos num ambiente térmico é uma tarefa “quase” impossível pois um ambiente termicamente confortável para uma pessoa pode ser desconfortável para outra. Logo, o ideal seria a criação de um ambiente térmico que satisfaça o maior número de pessoas. De acordo com a norma ISO 7730 (2005), o desconforto térmico pode ser causado por um ambiente térmico frio ou quente e por um desconforto térmico localizado numa parte específica do corpo. Este desconforto pode causar uma redução significativa do desempenho. O conforto térmico é obtido quando um indivíduo está numa condição de equilíbrio com o ambiente que o rodeia (temperatura do corpo humano aproximadamente constante, próxima de 37,0°C ± 0,8°C), o que significa que é possível a manutenção da temperatura dos tecidos constituintes do corpo, num domínio de variação estrito, sem que haja esforço adicional. Esta é a situação ideal que corresponde a um ambiente neutro ou confortável. Fora deste ambiente pode haver alterações fisiológicas no ser humano. É necessário assegurar que os trabalhadores não se deparam com situações de desconforto térmico uma vez que daqui resultam riscos desnecessários (Costa, Baptista, Diogo e Magalhães, 2011).

Ambientes térmicos frios podem desencadear reações físicas e psicológicas em qualquer ser humano. No entanto, ainda existem muitas contradições e falhas no que se refere a explicações concretas sobre as consequências do desconforto térmico na fadiga e produtividade (Tavares, 2015). Na verdade, o constante esforço por um ambiente de trabalho saudável e trabalhadores saudáveis é um pré-requisito para a inovação e produtividade numa economia baseada no conhecimento, ganhando cada vez mais espaço nas empresas (Dias, 2013).

Na TABELA I são apresentados efeitos fisiológicos e psicológicos para diferentes durações de exposição a *stress* térmico por frio.

O *stress* térmico por frio pode estar presente de muitas formas diferentes, afetando o equilíbrio térmico de todo o corpo, assim como o equilíbrio térmico das extremidades, a pele e os pulmões. O arrefecimento de todo o corpo ou de algumas partes do mesmo origina doenças, insensibilidade, função neuromuscular reduzida e em última instância lesões por frio. Na TABELA II podem ser verificados alguns efeitos esperados da exposição leve e intensa ao frio.

No presente estudo pretende-se analisar o padrão da sensação térmica de uma secção de embalagem de peixe demolido ultracongelado, conhecer a localização de postos de trabalho mais vulneráveis a *stress* térmico,

TABELA I - Stress por frio e reações associadas.

TABLE I - Stress from cold and associated reactions.

Duração	Efeitos fisiológicos	Efeitos psicológicos
Segundos	Respiração ofegante	Sensação cutânea, Desconforto
	Hiperventilação	
	Aumento da frequência cardíaca	
	Vasoconstrição periférica	
	Aumento da pressão arterial	
Minutos	Arrefecimento dos tecidos	Redução do rendimento Dor por arrefecimento local
	Arrefecimento das extremidades	
	Deterioração neuromuscular	
	Tremores	
	Arrefecimento por contacto e convecção	
Horas	Menor capacidade para o trabalho físico	Deterioração da função mental
	Hipotermia	
	Lesões por frio	
Dias/ Meses	Lesões por frio sem congelamento	Hábito
	Aclimatização	Pequenas irritações/doenças
Anos	Efeitos crónicos nos tecidos	

Fonte: Holmér, Granberg e Dahlstrom, 1999. Source: Holmér, Granberg e Dahlstrom, 1999.

TABELA II - Efeitos ao frio.

TABLE II - Effects of the cold.

Rendimento	Exposição leve ao frio	Exposição intensa ao frio
Rendimento manual	0 ±	±±
Rendimento muscular	0	±
Rendimento aeróbico	0	±
Tempo de reação simples	0	±
Tempo de reação consciente	±	±±
Observação, vigilância	0 ±	±
Tarefas cognitivas, mentais	0 ±	±±
0 → nenhum efeito; ± → deterioração; ±± → deterioração grave; 0 ± → observações contraditórias		

Fonte/Source: Holmér *et al.*, 1999.

conhecer a sensação térmica real dos trabalhadores, identificar as zonas do corpo com maior desconforto e, ainda, identificar medidas de intervenção para a melhoria da fadiga e bem-estar do trabalhador.

### Materiais e métodos

Existem três contextos que definem a performance de um ambiente térmico: o “clima” do espaço, a atividade desempenhada pelos trabalhadores e o próprio edifício que define o espaço. Considerando estes pressupostos, determinou-se o padrão de sensação térmica na secção de embalagem de peixe demolido ultracongelado de uma empresa de transformação de peixe. Esta secção é considerada de ambiente frio e tem formato retangular com uma área de cerca de 230 m<sup>2</sup>, que é mostrada na

fig. 1, com uma linha de cor verde onde estão localizados 19 dos 26 postos de observação e registo de variáveis termohigrométricas. Foram usados postos de observação fora da área de estudo e retangular com linha a cor verde, do P20 ao P26, com o objetivo de serem controlados os mapas de cores pela influência direta dos valores termohigrométricos registados junto à fronteira.

Neste estudo são usadas duas abordagens de recolha e tratamento de dados: (i), uma de carácter objetivo, com a recolha de dados termohigrométricos, sendo a identificação do padrão de sensação térmica feito através da aplicação de índices de conforto térmico; (ii) outra de carácter subjetivo, através da aplicação de uma escala de cores aos trabalhadores, com o objetivo de conhecer a sensação térmica real do trabalhador e onde estes indicavam as zonas do corpo com sensação de *stress* ao frio.

Identificados os pontos de observação em número de 26 definiu-se o trajeto de observação. Foram inicialmente testados dois circuitos, sendo o primeiro iniciado no posto de observação P22 e finalizado no posto P25 e o segundo iniciado no posto P25 e finalizado no posto P22 (fig. 1). A realização destes dois circuitos prende-se com a necessidade de perceber a variação do ambiente térmico da secção em estudo durante o período de tempo de registo de dados, o que se concluiu ser coerente e conduzir ao mesmo padrão. Em cada ponto de observação foram registados os valores da temperatura do ar e humidade relativa do ar, usando para o efeito o instrumento de medida “Center 317 - temperature humidity center”.

Os 17 trabalhadores da secção em estudo são todos do sexo feminino, com uma idade 37 ± 12anos, uma massa corporal de 64 ± 12kg e uma altura de 159 ± 9cm.

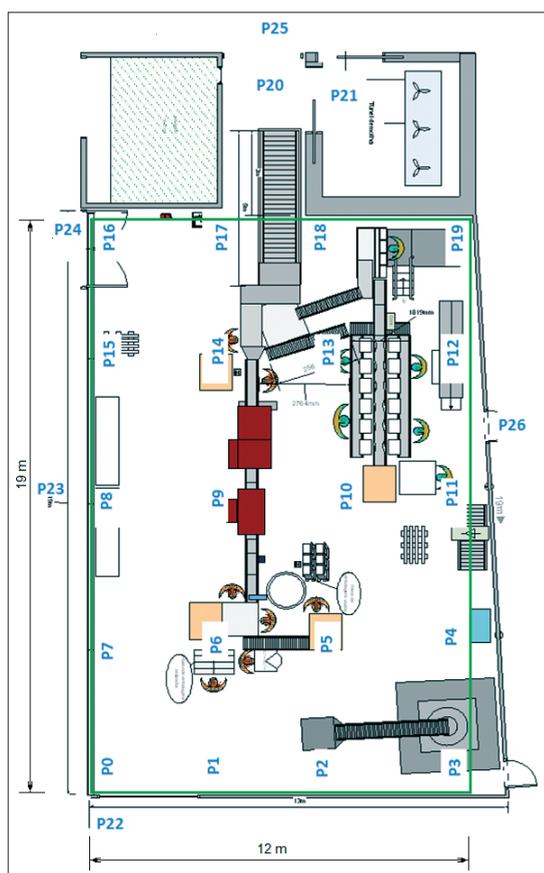


Fig. 1 - Layout da secção com identificação dos pontos de observação

Fig. 1 - Layout of section with identification of observation points.

A percepção dos trabalhadores foi avaliada através da aplicação de uma escala sétima de cores, no posto de trabalho e foram registadas informações acerca de zonas do corpo onde os trabalhadores sentiam maior desconforto. Os dados foram registados entre os meses de Janeiro e Março, e em diferentes tipos de embalagem:

- Embalamento A - Embalamento (caixas de 1kg) sem descarga de peixe;
- Embalamento B - Embalamento (caixas de 1kg) com descarga de peixe;
- Embalamento C - Embalamento (caixas de 6,5kg) de peixe posta longa;
- Embalamento D - Embalamento (caixas de 6,5kg) de peixe posta média.

Através de um algoritmo construído em MatLab, foram gerados mapas de cores de humidade relativa do ar, índice ITH, índice EsConTer e índice PPD, que teve como finalidade avaliar o conforto/desconforto térmico nos postos de trabalho operacionais, em cada tipo de embalagem.

O índice ITH (índice de temperatura e humidade), modificado por Nieuwolt (1977) usa a temperatura e a humidade relativa do ar e é calculado a partir da expressão:

$$ITH = 0.75 T + T (HR/500)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e HR a humidade relativa do ar (%).

Na TABELA III são indicados os valores de referência adaptados por Talaia, Meles e Teixeira (2013) para uma vasta gama de valores de ITH, com base nas estratégias descritas no diagrama da Organização Mundial de Meteorologia (WMO, 1987).

TABELA III - Valores para o ITH.

TABLE III - Typical values of the THI.

ITH (°C)	Sensação térmica
ITH < 8	Demasiado frio (100% dos indivíduos estão desconfortáveis)
8 ≤ ITH < 21	Necessidade de aquecimento (50% dos indivíduos estão desconfortáveis)
21 ≤ ITH < 24	Confortável (100% dos indivíduos estão confortáveis)
24 ≤ ITH < 26	Necessidade de ventilação (50% dos indivíduos estão confortáveis)
26 ≤ ITH	Demasiado quente (100% dos indivíduos estão desconfortáveis)

Fonte/Source: Talaia et al., 2013.

Foi também usado o índice EsConTer (Talaia e Simões, 2009; Morgado, Talaia e Teixeira, 2015) baseado numa escala de cores (Es), por considerar a sensação de conforto (Con) e por ser térmica (Ter) e é calculado aplicando a expressão,

$$EsConTer = -3,75 + 0,103 (T + T_w)$$

onde T representa a temperatura do ar (°C) e  $T_w$  a temperatura do termómetro húmido (°C).

O índice EsConTer na gama de valores -3 a +3 permite mostrar a sensação térmica de um ambiente de muito frio a muito quente. Numa escala de cores construída para o efeito (fig. 2), os trabalhadores são convidados a expressarem a sua sensação térmica (Talaia e Rodrigues, 2008), ou seja, estes devem marcar uma "cruz" na sensação térmica que estão a sentir no momento da observação. A grande vantagem deste índice é a facilidade de leitura e interpretação da escala usada de -3 a +3.

Foi ainda aplicado o índice PPD, cujo valor nunca inferior é a 5%, que estabelece a percentagem de pessoas termicamente insatisfeitas com o ambiente e é determinado a partir do conhecimento do índice PMV (ISO 7730, 2005). Como o índice EsConTer usa a gama de valores de -3 a +3 para mostrar a sensação térmica de um ambiente, de muito frio a muito quente, equivalente à escala sétima de sensação térmica da ASHRAE (ASHRAE, 2004), na expressão do PPD o índice PMV foi substituído pelo índice EsConTer,

$$PPD = 100 - 95 * \exp[-(0,03353 * EsConTer^4 + 0,2179 * EsConTer^2)]$$

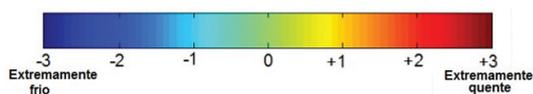


Fig. 2 - Escala térmica de cores.

Fig. 2 - Thermal sensation scale.

## Resultados e discussão

Foi usado um algoritmo em MatLab que permitiu traçar mapas de cores com o intuito de analisar o ambiente térmico da secção. Com os valores da temperatura do ar e da humidade relativa do ar, tendo em conta as diferentes situações de embalagem, foram traçados mapas de cores relativos à humidade relativa do ar e aos índices ITH, EsConTer e PPD.

Os eixos das ordenadas e das abcissas representam o comprimento e a largura da área de estudo ou seja da secção de embalagem. No lado direito de cada gráfico está indicada uma escala de cores que está associada aos valores da variável estudada. Para cada situação as escalas foram normalizadas de modo a facilitar a interpretação do padrão de cor e das linhas indicadas.

A fig. 3 mostra os padrões obtidos para os índices EsConTer, ITH, PPD e para a humidade relativa do ar numa situação de embalagem sem descarga de peixe (Embalamento A - embalagem de caixas de 1kg).

A observação da fig. 3 mostra, tendo por base os resultados obtidos do padrão para o índice EsConTer e ITH, que a sensação térmica prevista na secção é de ligeiramente fria a fria. Há postos de trabalho na zona de frio, nomeadamente o caso dos trabalhadores A, B e G. Estes postos de trabalho estão sujeitos a *stress* térmico frio e deverão usar roupa de proteção adequada. Os resultados mostram que se prevê através do índice PPD insatisfação de 55% a 70% dos trabalhadores localizados na zona mais vulnerável a *stress* térmico ao frio. A observação da figura mostra que os índices EsConTer e ITH identificam os mesmos postos de trabalho em termos de maior vulnerabilidade ao frio. O padrão da humidade relativa do ar mostra que a zona de maior vulnerabilidade regista valores entre cerca de 65 a 75%.

A fig. 4 mostra os padrões obtidos para os índices EsConTer, ITH, PPD e para a humidade relativa do ar numa situação de embalagem com descarga de peixe (Embalamento B - Embalamento de caixas de 1kg).

No embalamento B há descarga de peixe e este chega à máquina da linha de produção a uma temperatura muito negativa o que faz registar uma temperatura do ar entre 9,0°C e 10,6°C, para a área de estudo. A zona mais vulnerável a *stress* térmico inclui os trabalhadores A, B, C, D, E e G. A insatisfação atinge valores de cerca de

75% o que para o Departamento de Higiene e Segurança é um alerta de que os trabalhadores devem estar com vestuário adequado para não afetarem a destreza no manuseamento do peixe congelado.

A observação da fig. 4 mostra que a sensação térmica prevista na secção é de fria a muito fria. Nesta situação o índice EsConTer mostra que se prevê uma sensação térmica de -1,9 a -2,0 o que indica que para o trabalhador continuar a trabalhar sem fadiga e sem entrar em hipotermia deve estar devidamente protegido em termos de vestuário. Os valores previstos com a aplicação do índice EsConTer estão em concordância com os valores previstos por aplicação do índice ITH. Este índice mostra que para os valores obtidos há necessidade de aquecimento, ou seja cerca de 50% dos trabalhadores estão desconfortáveis no posto de trabalho. No limite inferior deste índice e com um valor de 8°C é previsto que 100% dos trabalhadores estejam insatisfeitos. A resolução de conforto térmico para este tipo de atividade, como é natural, não pode ser realizada através de aquecimento.

A solução deve passar por estratégias de diminuição da humidade relativa do ar, uso de vestuário adequado e por rotação do trabalhador (após ser determinado o tempo de segurança para se manter a destreza sem qualquer tipo de limitação).

A fig. 5 mostra os padrões obtidos para os índices EsConTer, ITH, PPD e para a humidade relativa do ar numa situação de embalagem de peixe posta longa (Embalamento C - Embalamento de caixas de 6,5kg).

A observação da fig. 5 revela que a sensação térmica prevista na secção é de ligeiramente fria. Neste caso, sendo um ambiente térmico ligeiramente frio, parece sugerir que o posto de trabalho M seja considerado o mais vulnerável, com um valor previsto de cerca de -1,3 para o índice EsConTer e uma previsão de insatisfação do trabalhador de cerca de 40%. Este embalamento regista uma temperatura do ar mais alta, entre 12,8°C a 13,7°C devido a existência de uma máquina que tem um forno o que pode influenciar o ambiente térmico e consequentemente a sensação térmica dos trabalhadores com os seus postos de trabalho aí localizados. Neste tipo de embalamento a humidade relativa do ar regista valores entre cerca de 70% a 78%.

A fig. 6 mostra os padrões obtidos para os índices EsConTer, ITH, PPD e para a humidade relativa do ar numa situação de embalagem de peixe posta média (Embalamento D - Embalamento de caixas de 6,5kg).

Na fig. 6 são mostrados os padrões para uma situação de embalamento D. Neste embalamento a temperatura do ar situa-se entre 10°C e 12°C. Os trabalhadores encontram-se numa sensação térmica de frio (cerca de -1,6 a -1,9) e o índice PPD prevê que cerca de 70% dos trabalhadores estarão insatisfeitos se não usarem vestuário adequado

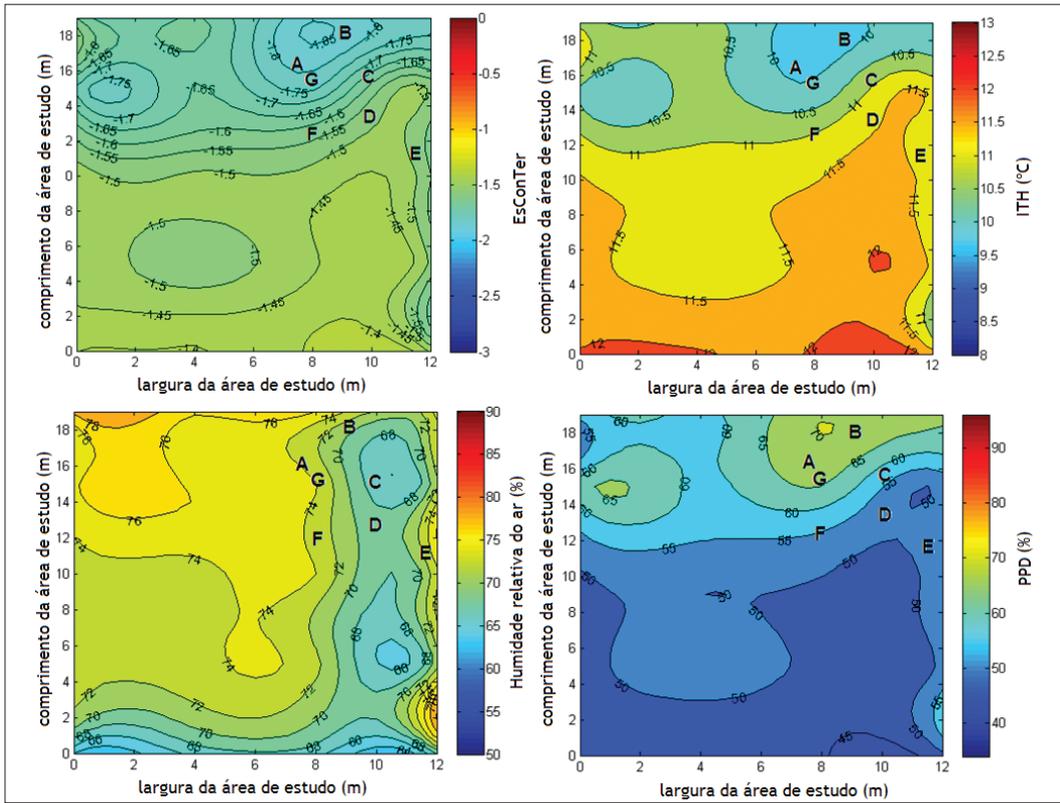


Fig. 3 - Embalamento A.

Fig. 3 - Packaging A.

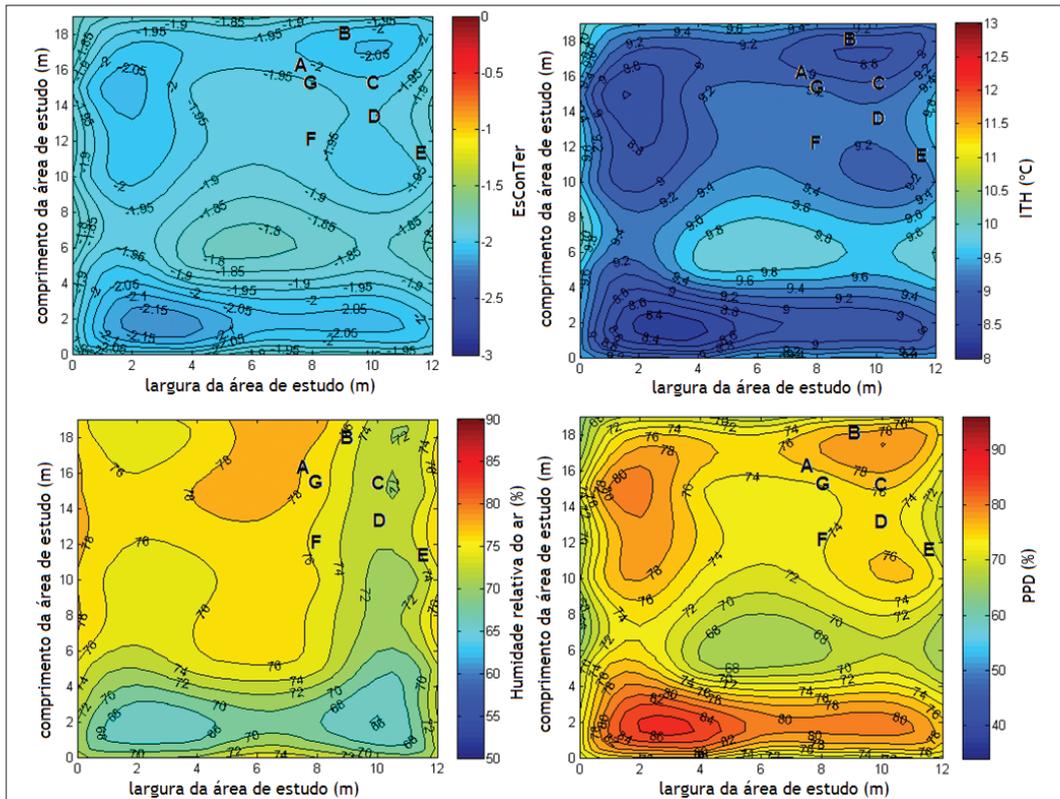


Fig. 4 - Embalamento B

Fig. 4 - Packaging B.

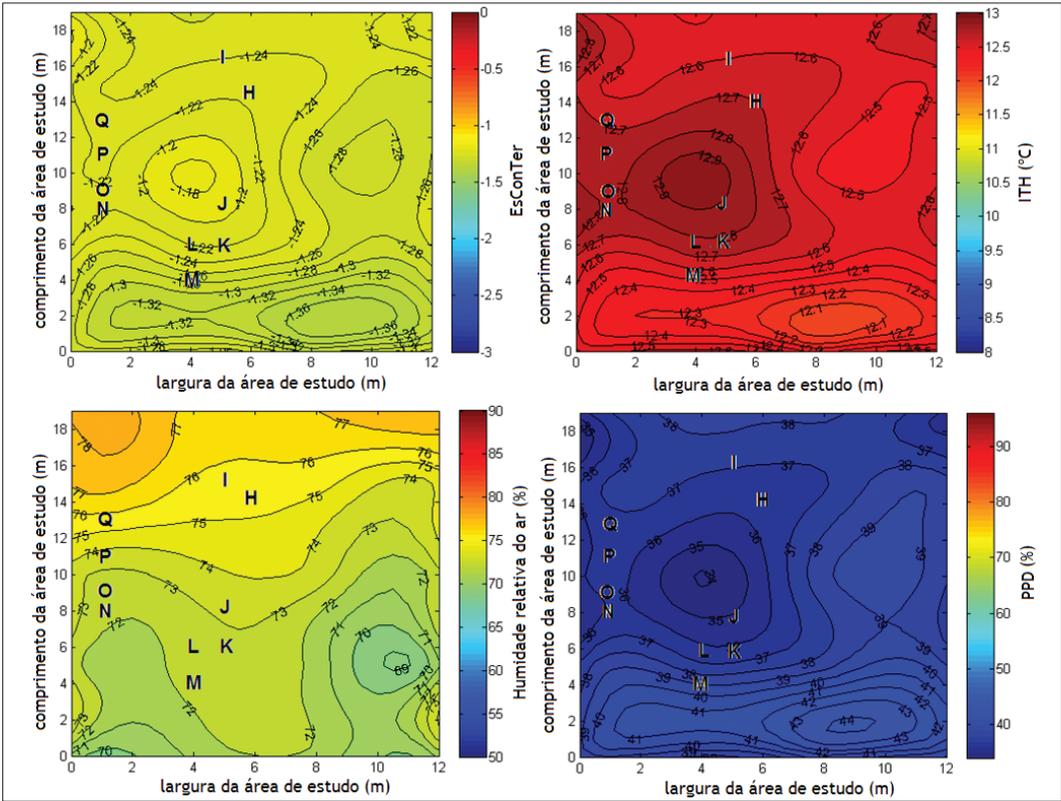


Fig. 5 - Embalamento C.

Fig. 5 - Packaging C.

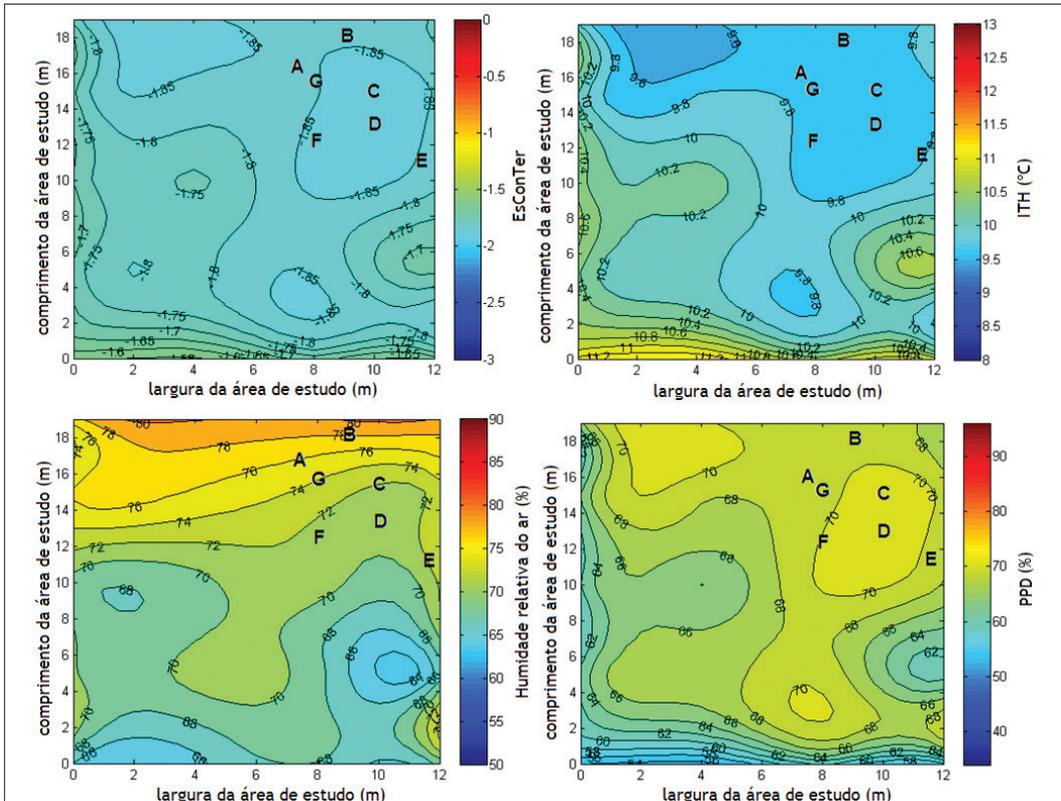


Fig. 6 - Embalamento D.

Fig. 6 - Packaging D.

de proteção. A observação do padrão do EsConTer e do ITH mostra, mais uma vez uma excelente correlação.

Pode-se concluir que abordando as diferentes situações de embalamento o índice EsConTer é um excelente preditor para se conhecer a sensação térmica de um espaço, com a vantagem face ao ITH por prescindir de consulta de tabelas.

Relativamente aos índices EsConTer e ITH, comprova-se a concordância das suas interpretações, sugerindo que mesmo em diferentes tipos de embalamento, estes índices comportam-se da mesma maneira, oferecendo as mesmas sugestões para aplicação de estratégias de intervenção. O índice EsConTer por considerar a escala da ASHRAE é de fácil e imediata interpretação e deve ser valorizado em contexto de ambiente frio (Morgado *et al.*, 2015).

No geral a secção estudada é de ambiente térmico frio, no entanto os postos de trabalho que foram considerados como vulneráveis, para cada tipo de embalamento, podem e devem exigir uma maior atenção por parte da Direção da Qualidade que é responsável também pela Higiene e Segurança.

Para além da avaliação do padrão da sensação térmica da secção através de índices térmicos, nos 17 postos de trabalho, foi também efetuada a avaliação da sensação térmica real do trabalhador, através da aplicação de uma escala sétima de cores (ver fig. 2). Através do preenchimento da escala de cores que foi aplicada aos trabalhadores, foi obtida a sensação térmica, ou seja, o que os trabalhadores diziam sentir quanto ao ambiente térmico em seu redor. O índice EsConTer que prevê a sensação térmica a partir das variáveis ambientais, temperatura do ar e humidade relativa, foi utilizado para

comparar a sensação térmica prevista com a sensação térmica real sentida pelos trabalhadores.

Na fig. 7 é apresentado o gráfico que mostra a relação entre a sensação térmica real indicada pelos trabalhadores e a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer.

Na fig. 7 os círculos a negrito representam os dados observados ou seja a sensação térmica do operador ou trabalhador face a sensação térmica prevista por aplicação do índice EsConTer. A linha a verde representa a tendência para valores previstos face aos dados observados e a linha a negrito os valores previstos face ao índice EsConTer.

A observação da fig. 7 mostra que a sensação térmica real dos trabalhadores segue a previsão da sensação térmica indicada pelo índice EsConTer. À medida que o valor da sensação térmica indicia um ambiente térmico muito frio há um desvio absoluto da sensação térmica real do trabalhador em face do previsto, como se pode verificar pela linha a cor verde que se desvia da linha teórica a negrito. Este desvio está ligado ao tipo de atividade desenvolvido pelo trabalhador e ao vestuário usado (ISO 7730, 2005).

As sensações térmicas relatadas pelos trabalhadores são quase todas explicadas pelo índice EsConTer o que indicia uma boa precisão. Há uma relação significativa entre as sensações térmicas previstas e as sensações térmicas reais, o que denota um bom ajuste do modelo EsConTer. Assim, o gráfico da fig. 7 mostra como o índice EsConTer é um bom preditor da sensação térmica indicada pelos trabalhadores.

Os trabalhadores para o tipo de embalamento A, B e D registaram uma sensação real de  $-1,35 \pm 0,08$  face a uma sensação prevista pelo índice EsConTer de  $-1,82 \pm$

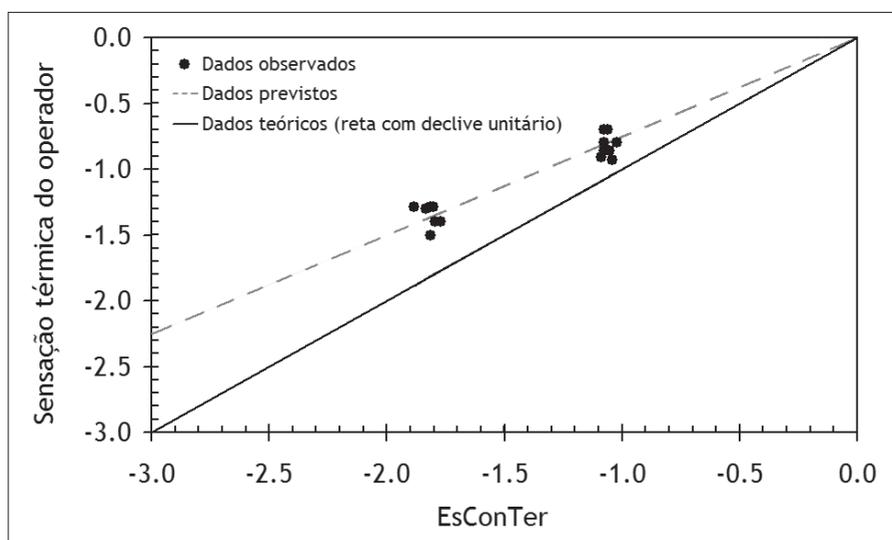


Fig. 7 - Sensação térmica real versus sensação térmica prevista.

Fig. 7 - Real thermal sensation versus estimated thermal sensation.

0,04. Os trabalhadores para o tipo de embalagem C registaram uma sensação real de  $-0,82 \pm 0,08$  face a uma sensação prevista pelo índice EsConTer de  $-1,06 \pm 0,02$ .

Para o tipo de embalagem A, B e D os trabalhadores apresentaram um isolamento térmico (clo) de  $2,03 \pm 0,25$  e para o tipo de embalagem C o valor  $1,72 \pm 0,27$ . No geral, as peças de vestuário usadas foram cueca, soutien, camisola interior de manga comprida, camisola polar ou camisola comprida de lã, meias, meia calça, calças, luvas e farda.

Na fig. 8 mostram-se dois gráficos de barras, o do lado esquerdo apresenta os resultados de sintomas que os trabalhadores sentem no posto de trabalho e o do lado direito apresenta os resultados obtidos para a zona corporal onde os trabalhadores sentem o maior desconforto.

A observação do gráfico do lado esquerdo da fig. 8 mostra que cerca de 35% dos trabalhadores apresentam dor de cabeça, cerca de 30% fadiga e cerca de 42% frieiras. Relativamente à zona corporal de desconforto a observação do gráfico do lado direito da fig. 8 mostra que cerca de 35% referem a cara, cerca de 25% os pés, cerca de 35% o tronco e cerca de 75% as mãos.

### Conclusões

Um ambiente térmico com características termohigrométricas adequadas é fundamental para que qualquer trabalhador se sinta bem no seu local de trabalho, uma vez que contribui para aumentar o seu bem-estar e a sua produtividade (diminuindo a fadiga, por falência de destreza motora). Neste estudo, a queixa de alguns sintomas que os trabalhadores sentem no posto de trabalho foram a dor de cabeça e as frieiras. Relativamente à zona corporal de desconforto os trabalhadores referem a cara, os pés, o tronco e as mãos.

As considerações retiradas das respostas dos trabalhadores sobre a zona corporal de desconforto permitiram ao Departamento de Qualidade estudar estratégias de intervenção nos postos de trabalho. Realça-se a importância de analisar a proteção das mãos, visto esta ser a zona corporal onde os trabalhadores sentem maior desconforto por gerar frieiras e falência de destreza motora. Como na secção de embalagem o ambiente não pode ser aquecido só uma estratégia de cálculo de um melhor isolamento através do vestuário parece ser a via para minimizar o arrefecimento da massa corporal.

Através da análise de dados obtidos foi possível observar-se que o ambiente em estudo apresenta condições de desconforto, pois o índice EsConTer apresenta valores muito abaixo do valor considerado termicamente aceitável para conforto, ou seja, inferior a  $-0,5$ , de acordo com a escala sétima térmica da ISO 7730 (2005). Os dados obtidos revelam que, para os diferentes tipos de embalagem, os valores variaram entre cerca de  $-1,2$  e  $-2,2$ , indicando sensação térmica de ligeiramente frio a frio, com tendência a muito frio.

Os resultados obtidos e interpretações realizadas pela aplicação dos índices térmicos usados (EsConTer, ITH e PPD) mostraram-se concordantes, podendo concluir-se que os índices traduziram de forma expectável o padrão do ambiente térmico nos diferentes tipos de embalagem, evidenciando com clareza os locais e postos de trabalho onde existe maior desconforto térmico e/ou *stress* térmico. Conclui-se que numa secção de embalagem de peixe ultracongelado o padrão da sensação térmica depende do tipo ou processo de embalagem.

O estudo mostrou que a perceção dos trabalhadores pode ser medida usando uma escala térmica de cores,

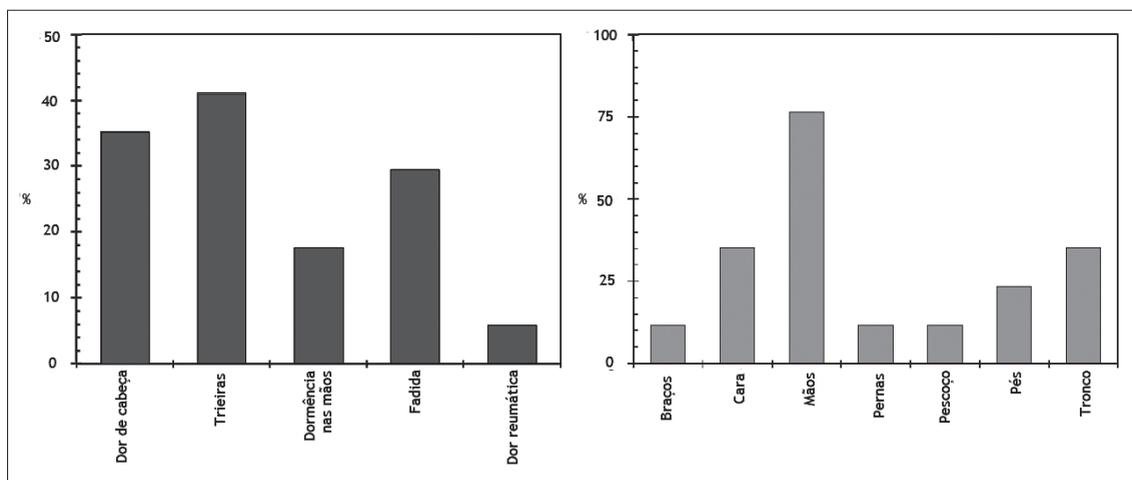


Fig. 8 - Sintomas e zona corporal de desconforto dos trabalhadores no posto de trabalho.

Fig. 8 - Human body part symptoms and discomfort of workers in the workplace.

numa escala sétima da ASHRAE. O índice EsConTer mostrou ser um bom preditor da sensação térmica que influencia um posto de trabalho e uma ferramenta a ser valorizada pois a sua gama de valores baseia-se na escala sétima de ASHRAE, sendo, portanto de fácil e imediata interpretação. A apresentação dos gráficos de cores permitiu visualizar o padrão do ambiente térmico de uma forma mais intuitiva, mostrando dentro de um espaço as áreas suscetíveis a um maior desconforto térmico. Uma vez que o índice EsConTer prevê uma sensação térmica muito próxima da real dos trabalhadores (usam a mesma escala), sugere-se a sua aplicação em estudos futuros.

A Direção da Qualidade valorizou os resultados obtidos e adotou algumas estratégias de intervenção que passam por reduzir a humidade relativa do ar e por estudar um “clo” para a vestimenta do trabalhador de modo a sentir-se mais confortável, o que diminuirá a fadiga e aumentará a produtividade, criando condições mais favoráveis ao trabalhador.

#### Referências bibliográficas

- ASHRAE (2004). Standard 55-2004, *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta.
- Costa, E. R. Q., Baptista, J. S., Diogo, M. T., e Magalhães, A. B. (2011). Hot thermal environment and its impact in productivity and accidents. Artigo apresentado em *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO 2011*.
- Dias, A. (2013). *Avaliação da percepção da influência do conforto térmico na produtividade* (Dissertação de Mestrado em Engenharia Humana). Univ. do Minho, Braga.
- Holmér, I., Granberg, P., e Dahlstrom, G. (1999). *Ambientes fríos y trabajo com frío. Enciclopedia de Seguridad y Salud en el trabajo*. OIT. Cap.42, 32-60.
- ISO 7730 (2005). *Ergonomics of the thermal environment- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. International Organization for Standardization.
- Miguel, A. S. (2012). *Manual de Higiene e segurança no trabalho*. Porto: Porto Editora.
- Morgado, M., Talaia, M., e L. Teixeira (2015). A new simplified model for evaluating thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*. doi:10.1016/j.ergon.2015.11.001
- Nieuwolt, S. (1977). *Tropical climatology*. Wiley.
- Parsons, K. C. (1993). *Human thermal environments*. London; Bristol, PA: Taylor e Francis.
- Stoops, J. L. (2004). *A possible connection between thermal comfort and health*. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Talaia, M., Meles, B., e Teixeira, L. (2013). Evaluation of the thermal comfort in workplaces - a study in the metalworking industry. *Occupational Safety and Hygiene* (pp. 473-477). London: Taylor e Francis Group.
- Talaia, M., e Simões, H. (2009). EsConTer: um índice de avaliação de ambiente térmico. In: *V Congresso Cubano de Meteorologia*. Somet-Cuba, Sociedade de Meteorologia de Cuba; 1612-1626.
- Talaia, M., e Rodrigues, F. (2008). Conforto e stress térmico: uma avaliação em ambiente laboral. In Gomes et al. Edição INEGI (Ed.), CLME'2008 II CEM. *8º Congresso Luso-Moçambicano de engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique*. Maputo. Artigo com 15 páginas.
- Tavares, I. (2014). *Avaliação de ambiente frio e sensação térmica de trabalhadores: estudo de caso numa empresa de bacalhau* (Dissertação de grau de mestre em Engenharia e Gestão Industrial). Publicada Universidade de Aveiro.
- WMO (1987). *World Climate Program Applications, Climate and Human Health*. World Meteorological Organization.

RISCO DE *BURNOUT* E TRAUMA EM PROFISSIONAIS DA FERROVIA COM E SEM EXPERIÊNCIA EM ACIDENTES\*

BURNOUT AND TRAUMA RISK AMONG RAILWAY WORKERS WITH AND WITHOUT ACCIDENT EXPERIENCE

Sérgio Fonseca

Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto (Portugal)  
[up201306558@fpce.up.pt](mailto:up201306558@fpce.up.pt)

Cristina Queirós

Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto (Portugal)  
[cqueiros@fpce.up.pt](mailto:cqueiros@fpce.up.pt)

Fabienne Guimarães

Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto (Portugal)  
[up201304095@fpce.up.pt](mailto:up201304095@fpce.up.pt)

Vitor Martins

Sindicato Ferroviário da Revisão Comercial Itinerante (Portugal)  
[sfrci@mail.telepac.pt](mailto:sfrci@mail.telepac.pt)

RESUMO

Os profissionais que trabalham na ferrovia enfrentam situações stressantes potenciadoras de stress pós-traumático e de stress crónico no trabalho. Pretende-se conhecer o nível de burnout e a existência de stress pós-traumático, comparando os resultados em função da vivência de acidentes no trabalho. Aplicaram-se a 293 profissionais da ferrovia questões sociodemográficas e profissionais, o *Maslach Burnout Inventory* e a *Impact of Event Scale - Revised*. Encontraram-se níveis moderados de *burnout*, nos quais se destacam 56% dos inquiridos com exaustão emocional elevada. O stress pós-traumático apresentou níveis moderados mas 32% da amostra tem já sintomas de trauma. Verificou-se que 60% da amostra tem experiência de acidentes, apresentando mais exaustão emocional e valores superiores em todas as dimensões do trauma. Quanto mais recente o acidente maior o evitamento psicológico e sintomas de trauma, alertando para a necessidade de prevenir, a longo prazo, o adoecer psicológico.

**Palavras-chave:** Circulação ferroviária, acidentes, trabalhadores, stress no trabalho, trauma.

ABSTRACT

During their professional tasks, railway workers face stressful situations that can elicit posttraumatic stress and chronic job stress. This study aims to identify burnout level and the existence of PTSD among railway workers, comparing participants with and without experience of accidents at work. Using a sample of 293 railway workers, we applied sociodemographic and professional questions, the *Maslach Burnout Inventory* and the *Impact of Event Scale - Revised*. We found moderate levels of burnout, with 56% of the participants presenting high emotional exhaustion. Post-traumatic stress disorder presented moderate levels, but 32% of the sample already revealed trauma symptoms. We found that 60% of the sample has experience of accidents, presenting more emotional exhaustion and high values for all trauma dimensions. The more recent the accident, the greater are psychological avoidance and trauma symptoms, warning of the need to prevent psychological illness in the long-term.

**Keywords:** Railway, accidents, workers, job stress, trauma.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no X Encontro Nacional de Riscos e II Jornadas Técnicas da Federação dos Bombeiros do Distrito de Viseu, tendo sido submetido em 30-06-2016, sujeito a revisão por pares a 02-09-2016 e aceite para publicação em 20-04-2017.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25 (I), 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

Tomando como ponto de partida a definição de risco de Lucien Faugères (1990, in L. Lourenço, 2015, p.8), este é um “*sistema complexo de processos cuja modificação de funcionamento é suscetível de acarretar prejuízos diretos ou indiretos (perda de recursos) a uma dada população*”. Considerando a tipologia de classificação dos riscos e das catástrofes em função da sua génese (L. Lourenço, 2015, p.29), esta remete-nos para as categorias de riscos naturais (fenómenos naturais que podem causar dano), riscos antrópicos (fenómenos que causam dano pela intervenção humana) e riscos mistos (resultam de condições naturais ou ações antrópicas), incluindo os riscos antrópicos a subcategoria dos riscos tecnológicos (resultantes do desrespeito das normas de segurança relativas a produção, transporte, armazenamento, manuseamento e produtos, bem como situações diversas relacionadas com o desenvolvimento industrial). Nos riscos tecnológicos, entre outros, surgem os riscos associados aos meios de transporte, fruto do “*incremento da mobilidade das pessoas, bem como das trocas comerciais, faz com que, cada vez mais, haja maior movimentação de tráfego aéreo, marítimo, fluvial, ferroviário e rodoviário, com riscos que decorrem quer do estado e das condições da via, quer da robustez e do estado de conservação do meio de transporte utilizado, quer, ainda, do estado de saúde do respetivo condutor. Deste modo, uma anormalidade em qualquer um destes três aspetos pode levar à manifestação do risco, e a crise subsequente será tanto mais grave quanto maior for o número de pessoas transportadas*” (L. Lourenço, 2015, p.33). Reconhecendo que o conceito de risco tem sofrido uma evolução diferente no âmbito das ciências naturais e sociais (K. Souza e L. Lourenço, 2015), numa outra perspetiva, a *European Agency for Safety and Health at Work* (EU-OSHA, 2007), demonstrou no seu “*European Risk Observatory Report*” uma preocupação com os riscos psicossociais emergentes no trabalho, nomeadamente o stress, o que desencadeou um interesse crescente sobre este tema em termos de investigação, de cultura de risco nas organizações e de gestão no contexto laboral (A. Amaro, 2005, 2013; EU-OSHA, 2010, 2014a, 2014b, 2014c, 2015; H. Neto, J. Areosa e P. Arezes, 2014). Aplicando estas diferentes abordagens ao transporte ferroviário de passageiros, constata-se que é um contexto profissional de risco, no qual, problemas de saúde psicológica ou física do maquinista ou outro profissional da ferrovia podem levar à manifestação do risco e desencadear uma crise que afetará as pessoas transportadas.

De facto, após valorização da prevenção dos riscos físicos e perante as atuais condições de trabalho, crises socioeconómicas, atualização de tecnologias, etc., em 2013 a *European Agency for Safety and Health at Work* iniciou a campanha “*Managing stress and psychosocial*

*risks at work*”, na qual pretendia para 2014/15 ter locais de trabalho saudáveis e onde o stress não faça adoecer o trabalhador nem diminuir a produtividade (EU-OSHA, 2014d). Em 2016 a campanha continuou, agora subordinada ao tema “*Healthy workplaces for all ages: promoting a sustainable working life*” (EU-OSHA, 2016), estipulando para 2016/17 locais de trabalho onde envelhecer possa ser possível com saúde, o que pressupõe boas condições de trabalho e satisfação do trabalhador para trabalhar até à idade de reforma e não se retirar mais cedo nem acarretar custos para a empresa por motivos de saúde física ou psicológica, nomeadamente stress, depressão, doenças cardiovasculares, musculares, gastrointestinais, etc. (EU-OSHA, 2014a). Desde Janeiro de 2014 a *European Agency for Safety and Health at Work* (EU-OSHA, 2014d) definiu como uma das prioridades para a segurança e saúde ocupacional relativa a 2013-2020, o stress relacionado com o trabalho, nomeadamente provocado por situações laborais crónicas. Já em 2017, apresentou novo relatório sobre os custos de acidentes e doenças relacionados com o trabalho, estimando que afete 7,4% dos trabalhadores. Também em França foi apresentado, em 2017, um relatório na Assembleia Nacional, alertando para o risco de *burnout* e do adoecer psicológico no trabalho (G. Seboun, 2017).

Do ponto de vista psicológico, inúmeros estudos têm demonstrado que a atividade laboral pode provocar elevados níveis de stress que, quando crónico, pode evoluir para o quadro mais grave de *burnout* ou, se relacionado com acidentes ou situações trágicas, convergir para um quadro de stress pós-traumático (C. Conrad, J. Parker e R. Lewis, 2011; M. Stoica e F. Buici, 2010), e entidades como o *International Labour Office* (2012), *European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions* (2007), *Institute of Work, Health and Organisations* (S. Leka, A. Griffiths e T. Cox, 2003) ou RICOT - Rede de Investigação sobre Condições de Trabalho (H. Neto *et al.*, 2014) realçaram o impacto negativo do stress na saúde física e psicológica dos trabalhadores e na produtividade das empresas, alertando para a necessidade da gestão e prevenção do stress laboral (S. Gonçalves, 2014; W. Lovallo, 1997; A. Parreira, 2006; C. Queirós, S. Gonçalves e A. Marques, 2014; A. Vaz Serra, 2002). Neste sentido, descreve-se seguidamente em que consiste o *burnout* para, em seguida, se abordar a sua relação com sintomas de trauma, nomeadamente nos profissionais da ferrovia, vulneráveis ao risco de adoecer psicológico por motivos laborais.

O *burnout* caracteriza-se pelo esgotar dos recursos emocionais do trabalhador, atitudes cínicas e mau relacionamento com colegas, supervisores ou clientes, e por diminuição da eficácia, realização profissional, motivação e compromisso com o trabalho (A. Bakker, E. Demerouti e A. Sanz-Vergel, 2014; C. Maslach, 2011; C. Maslach e M. Leiter, 1997, 2008, 2016; W. Schaufeli e B. Buunk, 2003). Há também profissões que

podem expor os seus trabalhadores a acontecimentos dramáticos e tragédias ou incidentes críticos, que depois desencadeiam stress pós-traumático (designado internacionalmente como PTSD). O stress pós-traumático é caracterizado por pensamentos intrusivos e situações de evitamento, configurando uma situação de stress individual crónico em que a pessoa está constantemente em alerta, e provocando problemas de saúde, de concentração e deficiente produtividade, bem como como consumo de substâncias e psicopatologia (A. Maia, 2007; E. Meyer *et al.*, 2012; M.G. Pereira e J. Monteiro-Ferreira, 2003; J. Rebelo e J. Leal, 2012; J. Rosa, F. Passos e C. Queirós, 2015; N. Vara e C. Queirós, 2009; A. Vaz Serra, 2003; A. Vatschelle e B., Moen, 1997). Note-se que os pensamentos intrusivos, referidos frequentemente como “*flashbacks*” implicam um gasto de energia e concentração grande pois surgem inesperadamente e competem com a concentração na tarefa do momento. São frequentemente observados em indivíduos que recuperam memórias relativas a eventos traumáticos (B. Andrews *et al.*, 2000) e consistem numa memória involuntária intensa envolvendo a recordação repetida do evento traumático, acompanhada de detalhes sensoriais e marcada excitação emocional (C. Brewin, 2007, 2011).

Atualmente o *burnout* é considerado um problema grave pelo seu impacto no profissional e na qualidade dos serviços prestados, sendo alvo de um interesse crescente quer na Psicologia da Saúde Ocupacional, quer na Psicologia Clínica (R. Bianchi, I. Schonfeld e E. Laurent, 2015; M.J. Chambel, 2016; N. Khamisa *et al.*, 2015; C. Queirós, S. Gonçalves e A. Marques, 2014; A. Seidler *et al.*, 2014; H. Shin *et al.*, 2014). Consequentemente, são frequentes os estudos que destacam fatores de vulnerabilidade como idade e experiência profissional (meio do tempo de carreira como altura mais problemática em que se desiste da atividade ou se ajusta ao stress laboral), sexo (homens com mais despersonalização, mulheres com mais exaustão emocional), estado civil e presença de filhos (não casados ou sem filhos apresentam mais *burnout* pela ausência de suporte social e mais investimento na profissão), escolaridade (mais elevada mais *burnout*, devido a expectativas e responsabilidades) ou função (maior responsabilidade e maior contacto com utentes do serviço prestado, mais *burnout* por tentarem gerir exigência destes e recursos individuais para a tarefa). Num estudo recente, G. DeFraia (2016) alertou para o aumento de incidentes críticos potenciadores de trauma no local de trabalho, enquanto K. Shoji e colaboradores (2015) efetuaram um estudo longitudinal no sentido de refletir sobre qual das patologias aparece primeiro (*burnout* ou stress pós-traumático). Concluíram que o *burnout* era preditor de trauma no futuro, mas não o inverso, o que remete para um estado de vulnerabilidade provocado pelo *burnout* e que potencia um impacto mais

traumatizante de incidentes críticos no futuro. Também R. Cieslak e colaboradores (2014) demonstraram numa meta-análise com 41 estudos e cerca de 8 mil trabalhadores, a correlação elevada entre *burnout* e trauma.

Relativamente aos trabalhadores, os profissionais que trabalham no sector ferroviário estão frequentemente expostos a situações stressantes, algumas potenciadoras de stress pós-traumático, nomeadamente quando envolvem acidentes e suicídios, alerta já dado por R. Cocks em 1989. Mais tarde, R. Harrington (2003) relatou o trauma na ferrovia a propósito de passageiros que em 1858 assistiram a um acidente de comboio, revelando o quanto o tema tem sido alvo de interesse. Considerando apenas os últimos dez anos, vários estudos sobre os profissionais da ferrovia têm sido publicados, preocupados com os acidentes de trabalho, incidentes críticos, percepção de segurança, e, mais especificamente, com stress e/ou trauma, realçando que o acumular de acidentes e as consequências graves destes (ex: número de vítimas) constituem um fator de risco para o trauma (R. Forsberg, 2016; G. Gauchard *et al.*, 2006; B. Turner *et al.*, 2010). Por exemplo, E. Klaassens e colaboradores (2010) após inquirirem cerca de mil profissionais da ferrovia holandesa, analisaram o cortisol em cerca de 40 trabalhadores expostos situações traumáticas na ferrovia (acidentes, suicídios, atropelamentos, agressões de passageiros, etc.) concluindo que, comparados com um grupo de controlo, havia alterações no eixo hipotálamo-pituitária-adrenal e na produção desta substância. Mais recentemente, D. Evans e colaboradores (2015) estudaram cerca de 8 mil profissionais da ferrovia em França em 2006, concluindo que 33% dos inquiridos apresentava stress psicológico elevado, associado a preocupações com a vida pessoal e conflito entre trabalho e família. Por sua vez, A. Clarner e colaboradores (2015) efetuaram uma revisão sistemática, concluindo, pelos estudos analisados, a existência de 1 a 17% de prevalência de trauma e de 1 a 3% de depressão major e de 0,5 a 1% de ataques de pânico, bem como 69 a 81% de absentismo após o evento, com 3 a 19 dias de ausência ao trabalho. Apesar da evolução da segurança, nomeadamente para prevenção de suicídio e atropelamentos (A. Cothreau *et al.*, 2004; G. Havarneanu, J. Burkhardt e F. Paran, 2015; A. Vatschelle e B., Moen, 1997), estes profissionais correm o risco de se constituírem um grupo de “*vítimas esquecidas*” (A. Clarner *et al.*, 2015, p.561). Tentando evitar esta situação, C. Sage e colaboradores (2016) descreveram um estudo piloto com aplicação do modelo TRiM (*Trauma Risk Management*) a cerca de 50 profissionais da ferrovia do Reino Unido, no qual foi possível verificar a redução do estigma na procura de ajuda após uma situação traumática, embora sem redução dos sintomas de trauma.

Em Portugal existem poucos estudos com profissionais da ferrovia (M. J. Borges, 2012; F. Guimarães *et al.*, 2016; S. Fonseca *et al.*, 2016; I. Lemos 2013), desvalorizando-

se o risco do efeito cumulativo que o stress no trabalho pode ter, pois estão constantemente a trabalhar nos mesmos locais onde ocorreu o acontecimento stressante ou que desencadeia tensão constante, potenciando, assim, recordações indesejadas, reações físicas intensas e stress contínuo. Este stress contínuo tem efeitos comprovados quer a nível de prejuízos na saúde física e psicológica individual (ex: *burnout*), quer a nível da produtividade e clima laboral, acarretando a longo prazo prejuízos para as instituições (ex: absentismo, insatisfação laboral, risco de acidentes por erro humano, etc.). Especificamente quanto ao stress pós-traumático, sabe-se que o tipo de trabalho pode influenciar a incidência deste tipo de stress, pois alguns trabalhadores (ex: militares, polícias, bombeiros, motoristas e pessoal médico) são expostos a graves traumas psicológicos, cuja consequência pode ser aumentada devido a períodos extensos de afastamento das famílias, e sobretudo pelo aumento da idade e experiência profissional que elevam a probabilidade acumulativa de situações traumáticas (R. Saberi *et al.*, 2013). Recentemente S. Wells e colaboradores (2017) referiram a prevalência estimada de trauma como sendo de 6,8% na população em geral, e de 10 a 31% em veteranos de guerra, enquanto D. Fink e colaboradores (2017) salientaram a existência de trajetórias de trauma comuns nos contextos civil e militar, com consequências negativas também comuns a nível da saúde mental de quem é envolvido em incidentes críticos. Em trabalhadores da ferrovia os resultados encontrados têm sido pouco consistentes, pois I. Lemos (2013) encontrou apenas 8% de stress pós-traumático, C. Doroga e A. Baban (2013) encontraram 6%, enquanto A. Mehnert e colaboradores (2012) referiram 14%, sugerindo a alguma capacidade de adaptação a estas situações stressantes (C. Doroga e A. Baban, 2013).

Apesar de se ter verificado que motoristas comerciais que experienciaram ou tiveram uma intervenção passiva em acidentes de outros motoristas, têm maior risco de desenvolver este tipo de stress, tendo como consequências o aumento de erros humanos e de acidentes de trabalho (R. Saberi *et al.*, 2013). Não se pode esquecer que no transporte ferroviário de passageiros, para além do maquinista, há outros profissionais envolvidos, nomeadamente os Operadores de Revisão e Venda, que acumulam várias funções no interior do comboio. Especificamente, podem efetuar o controlo e venda de bilhética, segurança de passageiros e bens, ter a responsabilidade do comboio, ter funções de apoio ao maquinista e, em caso de acidente, são estes profissionais que no terreno estabelecem ligação entre os Serviços de Emergência e a Empresa Ferroviária, sendo também os primeiros a chegar junto da vítima, e, em caso de acidente mortal ou suicídio, permanecendo, na maior parte das vezes, junto do cadáver trucidado (SFRCI, 1999). Note-se que, ao contrário dos membros das equipas de emergência médica e salvamento, no setor ferroviário os

operadores de revisão e venda não são selecionados para a sua função pela sua resiliência psicológica e capacidade de adaptação ao trauma. Contudo, imediatamente após um acidente ou suicídio na linha, os operadores de revisão e venda têm ainda a responsabilidade de gestão dos passageiros no rescaldo da situação, sendo, como tal, difícil não ser afetado psicologicamente (J. Lunt e R. Hartley, 2004). Acresce ainda o fato de sentirem incapacidade de agir e de serem confrontados com as imagens impressionantes das pessoas na via e partes do corpo mutiladas, bem como com os odores intrusivos durante e após o acontecimento traumático (A. Mehnert *et al.*, 2012). Em Portugal, constituem um outro grupo de profissionais da ferrovia os Operadores de Venda e Controle, ou assistente/chefe de equipa comercial, cujas principais funções são a venda de bilhetes em locais fixos, mas que em acaso de atrasos no material circulante, se confrontam com os passageiros, geralmente irritados, e tomam conhecimento das más notícias de acidentes ou suicídios na linha, apenas á distância, o que os faz sentir também elevados níveis de stress e impotência pela ausência de notícias a comunicar aos passageiros que os abordam. Note-se que nas situações de incidente crítico em plena via ferroviária, um dos principais motivos de stress nos profissionais que desempenham funções de contato direto com o público nas estações é a falta de informação suficientemente esclarecedora e credível, que lhes permita informar devidamente os passageiros, nomeadamente ao nível de atrasos, supressões e transbordos. Estes profissionais queixam-se ainda da existência de um algoritmo de informação demasiado burocratizado, redundante e pouco eficaz.

Devido ao facto dos eventos traumáticos estarem a aumentar a sua prevalência nos locais de trabalho (G. DeFraia, 2016), as empresas devem considerar o seu grau de preparação para desastres e os possíveis impactos em relação ao bem-estar pessoal e à produtividade. A exposição ao desastre (em termos de gravidade e tipo de exposição) possui implicações multifacetadas para o bem-estar psicológico. Segundo S. Brooks e colaboradores (2016), algumas investigações referem que a exposição traumática solitária (independentemente do tipo de exposição) prediz queixas e distúrbios psicológicos como ansiedade, depressão, angústia e stress pós-traumático. Além disso, lidar com corpos feridos ou mortos demonstrou ser um fator de risco para distúrbios psicológicos e stress pós-traumático. S. Wanklyn e colaboradores (2016) alertaram ainda para a comorbilidade de sintomas de trauma e depressão, sugerindo uma constelação de sintomas psíquicos reveladores de mal-estar psicológico e de menor saúde mental.

Em Portugal, no período de 2004 a 2014 o número total pessoas envolvidas em acidentes ferroviários foi de 1077, nomeadamente 183 acidentes ocorridos em passagens de nível e 421 causados por material circulante em

movimento, com a exceção de suicídios. Relativamente aos suicídios, foram contabilizados, no mesmo período, um total de 473 suicídios, numa média anual próxima de 47 mortes (IMT, 2015). Assim, em igual período acima mencionado, poder-se-á inferir que, teoricamente, estiveram expostos, direta ou indiretamente, a incidentes críticos cerca de 2154 profissionais ferroviários no período compreendido entre 2004 a 2014. Além disso, não se pode esquecer aquela que foi a maior tragédia na ferrovia em Portugal, o choque de dois comboios de passageiros em Alcaface - Viseu, no ano de 1985, e que 31 anos depois ainda suscita em que nele teve intervenção, depoimentos carregados de emoção, tal como se assistiu no ENCONTRO NACIONAL DE RISCOS e II JORNADAS TÉCNICAS DA FEDERAÇÃO DOS BOMBEIROS DO DISTRITO DE VISEU, subordinado ao tema “Acidentes Ferroviários: Aprender com o passado”, 28 de maio de 2016, Viseu. Considerando o risco de desenvolvimento de patologia ou mal-estar psicológico dos profissionais da ferrovia, parece ser útil desenvolver estudos com este grupo de profissionais, pouco estudados e valorizados aquando de acidentes na ferrovia, incluindo nestes acidentes a ocorrência de suicídios ou atropelamentos.

#### Método

Este estudo pretende conhecer os níveis de *burnout* e existência de stress pós-traumático em profissionais da ferrovia com e sem vivência de acidentes no trabalho, descrevendo-se seguidamente a amostra inquirida, bem como os instrumentos utilizados e os procedimentos de recolha de dados.

#### Participantes

Foram inquiridos 293 profissionais da ferrovia, 60% com experiência de acidentes na ferrovia, 64% da zona norte (36% do resto do país), 95% do sexo masculino, 66% com 12º ano, 79% casados, 85% com filhos, 80% com funções de operador de revisão e venda (circulam nos comboios) e 20% com funções de operador de venda e controle (estão nos postos fixos de cada estação). A idade variou entre 27 e 62 anos, com média de 43,6 anos (DP=6,136), enquanto a experiência profissional variou entre 1 e 36 anos, com média de 17,7 anos (DP=6,897). A apresentação destas características sociodemográficas e laborais prende-se com o facto de os estudos as referirem como potenciadoras de maior vulnerabilidade ao *burnout* e trauma. Por exemplo, não casados e mais novos costumam apresentar maiores níveis de *burnout* (C. Maslach e M. Leiter, 1997), enquanto profissionais com maior número de acidentes apresentam mais sintomas de trauma (C. Queirós, S. Fonseca, F. Guimarães e V. Martins, 2016). A análise estatística efetuada contemplou a influência destas variáveis, nomeadamente a análise de regressão.

#### Instrumentos

No âmbito de um projeto de investigação mais vasto realizado pela FPCEUP e pelo SFRCI (C. Queirós *et al.*, 2016), foi preparado um questionário com questões sociodemográficas e profissionais, bem como avaliado o *burnout* e a existência de trauma através de instrumentos já existentes.

O questionário sociodemográfico permitiu caracterizar o sexo, idade, escolaridade, estado civil e existência de filhos, enquanto o questionário profissional permitiu identificar a zona norte de trabalho, a função e anos de experiência profissional.

Utilizou-se o *Maslach Burnout Inventory* (MBI, C. Maslach e S. Jackson, 1997; A. Marques-Pinto e L. Picado, 2011), constituído por 22 itens que avaliam as três dimensões de Exaustão Emocional, Despersonalização e Realização Pessoal, numa escala de Likert de 7 pontos que varia entre 0 (Nunca) e 6 (Todos os dias). A exaustão emocional consiste num cansaço extremo e desmotivação, sentindo o profissional que não consegue trabalhar mais e está no limite da sua força física e de capacidade psicológica. A despersonalização consiste num estado de desilusão e de frieza emocional na interação com os outros (colegas, superiores, clientes), desligando-se o profissional das suas tarefas e do prazer que estas antes lhe poderiam proporcionar. A realização pessoal consiste no prazer que o trabalhador retira do seu trabalho e na sensação de crescimento pessoal e profissional, sendo oposta às duas dimensões anteriores e, em caso de existência do *burnout*, estando diminuída.

O impacto de incidentes stressantes foi avaliado por quatro questões abertas que tentaram identificar em quantos acidentes ou outras situações no trabalho os inquiridos estiveram envolvidos, de que tipo, quantas mortes ocorreram e qual foi o ano do acidente mais recente, questões fundamentais para se poderem analisar os sintomas de trauma. Solicitou-se em seguida para identificarem sintomas de trauma através da *Impact of Event Scale - Revised* (IES-R, M. Horowitz *et al.*, 1979, e adaptada de A. Cauby *et al.*, 2012 para este estudo), composta por 22 itens avaliados numa escala de Likert de 5 pontos que varia de 0 (Nunca) a 4 (Muitas vezes), organizados nas dimensões típicas de trauma, respetivamente: Pensamentos intrusivos (memórias do acontecimento stressante); Evitamento (recusar pensar ou falar do acontecimento); Hiperativação (estado de alerta fisiológico e psicológico constante), sendo, ainda, possível calcular um resultado total de trauma. As respostas abertas foram posteriormente transformadas em valores numéricos, nomeadamente, o número de situações/acidentes, número de mortos e data de ocorrência. O tipo de situação foi, por análise de conteúdo, agrupado nas categorias: colhidas de pessoas;

colhidas de veículos; suicídios; amputações; choque de comboios e descarrilamentos. Foi ainda considerada a variável de tipo nominal “teve ou não teve acidentes”.

### Procedimentos

118

Após autorização formal e divulgação do estudo pelo Sindicato Ferroviário da Revisão Comercial Itinerante, os questionários impressos foram distribuídos, sendo preenchidos de forma anónima e confidencial entre Março e Julho de 2015 e, posteriormente, devolvidos em envelope à FPCEUP. Foi apresentado o consentimento informado e cumpridas as regras éticas e deontológicas para este tipo de estudo empírico. A participação no estudo foi de forma voluntária e correspondeu a cerca de 59% dos profissionais convidados para o estudo, trabalhadores de uma empresa nacional de transporte ferroviário.

Os dados foram posteriormente introduzidos no programa IBM SPSS Statistics versão 21 e a análise estatística efetuada baseou-se nos pressupostos recomendados por vários autores (A. Bryman e D. Cramer, 2003; A. Field, 2009; J. Maroco, 2010) para este tipo de amostra, variáveis e objetivos do estudo, correspondendo a uma análise descritiva (frequências, média e desvio-padrão), análise correlacional e análise de regressão (através do método *enter* e do método *stepwise*). Considerou-se que a amostra é de conveniência, não representativa e composta por grupos independentes para efeitos da análise comparativa. As variáveis independentes foram as características sociodemográficas e profissionais, sendo de tipo quantitativo (ex: idade, anos de experiência, para efeitos de análise correlacional) ou nominal (ex: sexo, função, para efeitos de análise comparativa). As variáveis dependentes foram as dimensões do burnout e do trauma.

### Resultados

No que se refere à amostra total de inquiridos (QUADRO I) e considerando os valores possíveis em cada dimensão, a análise de médias revela valores de moderada exaustão e de moderada despersonalização, o que, em simultâneo com a moderada realização pessoal, constitui já um indicador de algum *burnout*. No que se refere ao trauma, os valores são já considerados moderados para todas as dimensões e resultado total. É de referir que para cada dimensão do *burnout* ou trauma há pelo menos um inquirido que apresenta valores máximos na escala possível, enquanto na realização pessoal o valor mínimo esteja ligeiramente acima do teoricamente possível. Numa análise mais detalhada, utilizando os pontos de corte de J. Maroco e colaboradores (2016) para o *burnout*, encontramos na exaustão 56% com nível elevado, o que é já sinal de alerta, na despersonalização encontramos 29% com nível elevado e na realização encontramos 6%

com nível reduzido e 20% com nível moderado. No que se refere ao trauma, utilizando o ponto de corte de D. Weiss (2007) de 33 como indicador de trauma, há 32% da amostra com valores entre 33 e 88, incluindo 5 casos entre 80 e 88, valor máximo da escala.

QUADRO I - Mínimo, máximo, média e desvio padrão de *burnout* e trauma na amostra total.

TABLE I - Minimum, maximum, mean and standard deviation of *burnout* and trauma among the sample.

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Exaustão (0-6)	,00	6,00	3,129	1,326
Despersonalização (0-6)	,00	6,00	2,089	1,326
Realização (0-6)	,38	6,00	3,736	1,162
Pensamentos intrusivos (0-4)	,00	4,00	1,188	,963
Evitamento (0-4)	,00	4,00	1,147	,907
Hiperativação (0-4)	,00	4,00	1,007	,963
Total Trauma (0-4)	,00	88,00	24,290	19,574

Foi também inquirido em quantos acidentes, no âmbito da sua atividade profissional, os participantes estiveram envolvidos e verificou-se que 60% esteve envolvido em acidentes, predominando de 1 a 4 acidentes, embora haja alguns inquiridos que referem ter estado envolvidos entre 5 e 8 acidentes, ou em 10 acidentes ou ainda 15 acidentes, até um máximo de 30 acidentes. No que se refere à indicação do número de mortos por acidente, predominam as situações de 1 ou 2 mortos, seguidas de nenhum, 3 a 6 mortos ou 10 mortos, até ao número máximo de 25 mortos. Relativamente à data mais recente destes acidentes, verificou-se que um reduzido número de inquiridos refere datas entre 1990 e 2007, notando-se um aumento de situações a partir de 2008, surgindo 2014 com o valor mais elevado. O ano de 2015, ainda sem números oficiais, a acreditar nas notícias divulgadas pelos meios de comunicação social parece ter tido um número elevado sobretudo de suicídios, apesar da recolha de dados deste estudo ter decorrido apenas até Julho. Estes dados podem não ser coincidentes com as estatísticas de acidentes e de suicídios apresentadas no relatório do IMT (2015), pois estas referem-se às ocorrências no país, enquanto os valores deste estudo se referem-se aos acidentes vivenciados pelos inquiridos. No que se refere ao tipo de acidente, destacam-se nitidamente as colhidas de pessoas, embora alguns inquiridos tenham discriminado colhida de criança/adolescente e colhida de familiar/conhecido. São também reportadas colhidas de veículos, suicídios, amputações, choque de comboios e descarrilamentos.

Relativamente à correlação entre variáveis (Quando II), foram encontradas poucas correlações significativas da idade com as variáveis dependentes trauma e *burnout*.

Contudo a experiência profissional está positivamente correlacionada com o trauma. Verifica-se ainda que o maior número de acidentes está, estranhamente, correlacionado positivamente com a maior realização pessoal. Este resultado pode ser explicado pelo facto de mais tempo de serviço significar maior probabilidade de estar envolvido em acidentes, e, mantendo-se na função, ter de se adaptar à situação e desta extrair benefícios, nomeadamente realização pessoal. Existe também correlação positiva entre pensamentos intrusivos no trauma e ano recente do acidente, sugerindo que este ainda implica perturbação psicológica. Todas as correlações entre trauma e *burnout* são positivas e estatisticamente significativas, exceto no que se refere à realização pessoal, que varia no sentido inverso do trauma.

Efetuada análises comparativas, não se encontraram diferenças em função das variáveis sociodemográficas de tipo nominal (sexo, estado civil, existência de filhos) nem em função da variável profissional função. Contudo, no que se refere à comparação dos dois grupos de profissionais em função da experiência de acidentes na ferrovia (QUADRO III), verificou-se que os profissionais com experiência de acidentes apresentam valores significativamente superiores de exaustão no *burnout* e em todas as dimensões do trauma. No grupo que vivenciou acidentes verifica-se que quanto mais recente o acidente maior o evitamento psicológico e os sintomas de trauma, sugerindo um impacto do acidente na saúde psicológica destes profissionais (QUADRO IV). Contudo, também apresentam maior realização profissional relacionada com maior número de acidentes e de mortos, sugerindo, como já foi referido, que estes dados podem estar relacionados com os anos na função, implicando maior capacidade de adaptação ao longo dos anos aos acidentes e sua gravidade, talvez como forma de defesa. As correlações entre *burnout* e trauma são significativas e semelhantes às da amostra total e semelhantes entre participantes com e sem experiência de acidentes (QUADRO IV).

QUADRO II - Correlações (*R de Pearson*) da idade, anos de experiência profissional, número de acidentes, número de mortos e ano do acidente mais recente com o *burnout* e trauma na amostra total.

TABLE II - Correlations (*R Pearson*) of age, years of professional experience, number of accidents, number of deaths and year of the most recent accident with *burnout* and trauma among the sample.

	Idade	Anos na atual função	Nº acidentes	Nº mortos	Ano acid. recente	Exhaust.	Desp.	Realiz.
Exaustão	-,060	,038	-,006	-,115	,089			
Despersonalização	-,190*	-,102	-,036	,046	-,011			
Realização	,095	,063	,162*	,087	-,079			
Pens. intrusivos	,036	,151*	,033	-,087	,143*	,407**	,349**	-,216**
Evitamento	-,046	,092	-,003	-,102	,088	,390**	,329**	-,195**
Hiperativação	,048	,137*	-,018	-,026	,079	,422**	,367**	-,240**
Total Trauma	,011	,136*	,010	-,100	,127	,414**	,361**	-,224**

\*p≤0,050 \*\* p≤0,010

QUADRO III - Comparação de médias nas dimensões do *burnout* e trauma, para os participantes com e sem experiência de acidentes na ferrovia.

TABLE III - Mean comparison of *burnout* and trauma dimensions among participants with and without railway accident experience.

	Acidentes	Média	t-student	p
Exaustão (0-6)	Sim	3,324	3,124	,002**
	Não	2,836		
Despersonalização (0-6)	Sim	2,200	1,755	,080
	Não	1,923		
Realização (0-6)	Sim	3,708	-,510	,611
	Não	3,779		
Pensamentos intrusivos (0-4)	Sim	1,390	5,115	,000***
	Não	,748		
Evitamento (0-4)	Sim	1,313	4,417	,000***
	Não	,782		
Hiperativação (0-4)	Sim	1,154	3,630	,000***
	Não	,685		
Total Trauma (0-4)	Sim	28,218	4,875	,000***
	Não	15,731		

\*p≤0,050 \*\* p≤0,010 \*\*\* p≤0,001

Atendendo a mais de metade da amostra trabalhar na zona Norte país, e, quer por consulta dos relatórios anuais de segurança das empresas de transporte ferroviário e do gestor da infraestrutura, assim como de estatísticas fornecidas pelo Instituto Nacional de Estatística, parecer existir uma maior ocorrência de incidentes no Norte, especialmente colhidas e suicídios, foram comparados os profissionais desta zona com as restantes zonas do país agrupadas (QUADRO V). Encontraram-se apenas diferenças na despersonalização, inferior na zona norte e dimensão mais associada a características individuais do que a condições de trabalho. Pela quase ausência de diferenças significativas, não se efetuaram análises de correlação separadas por zonas.

QUADRO IV - Correlações (*R* de Pearson) entre número de acidentes, número de mortos, ano do acidente, *burnout* e trauma, para os participantes com e sem experiência de acidentes na ferrovia.

TABLE IV - Correlations (*R* Pearson) between number of accidents, number of deaths, year of the most recent accident, *burnout* and trauma among participants with and without railway accident experience.

	Acidentes	Nº acidentes	Nº mortos	Ano Ac. recente	Exaus.	Desp.	Real.
Exaustão	Sim	-,087	-,067	,085			
	Não	,174	-,136	,060			
Despersonalização	Sim	-,085	-,067	,061			
	Não	,078	,168	-,205			
Realização	Sim	,251**	,252**	-,023			
	Não	-,060	-,075	,170			
Pensamentos intrusivos	Sim	,023	-,026	,118	,360**	,295**	-,167*
	Não	-,002	,054	-,106	,505**	,537**	-,364**
Evitamento	Sim	-,035	-,089	,222*	,361**	,299**	-,152*
	Não	,032	,053	-,168	,428**	,440**	-,317*
Hiperativação	Sim	-,016	-,025	,152	,374**	,304**	-,196*
	Não	-,074	,140	-,117	,520**	,564**	-,368**
Total Trauma	Sim	-,006	-,065	,196*	,379**	,317**	-,176*
	Não	-,001	,050	-,133	,478**	,520**	-,367**

\* $p \leq 0,050$  \*\*  $p \leq 0,010$

Através da análise de regressão (QUADRO VII) consideraram-se como dois blocos distintos: por um lado as variáveis sociodemográficas/profissionais (nomeadamente sexo, idade, escolaridade, estado civil, existência de filhos, experiência de acidentes, função, zona de trabalho e anos de experiência profissional) e por outro o trauma. Verificou-se que apenas o trauma prediz de forma significativa o *burnout*, respetivamente 16% da exaustão emocional, 11% da despersonalização e 6% da realização pessoal. Uma análise mais detalhada do papel preditor do trauma no *burnout* (QUADRO VII) revelou que é apenas a hiperativação, enquanto dimensão do trauma, que prediz 18% da exaustão emocional, 14% da despersonalização e 6% da realização.

Considerando que no objetivo deste estudo se realçam os dois grupos de profissionais com e sem experiência de acidentes, foi efetuada uma análise de regressão por blocos considerando estes dois grupos de participantes (QUADRO VIII). Verificou-se que o trauma prediz 16% da exaustão emocional no grupo com experiência de acidentes, enquanto a despersonalização é prevista de forma significativa nos dois grupos, quer pelo trauma quer pelas variáveis sociodemográficas/profissionais entre 9% e 44%. O facto de nesta dimensão do *burnout* o trauma predizer menos do que as variáveis sociodemográficas/profissionais reforça a perspetiva teórica desta dimensão estar mais relacionada com características individuais do que com o contexto laboral e seus incidentes críticos. A análise de regressão (*stepwise*) para a exaustão emocional

QUADRO V - Comparação de médias nas dimensões do *burnout* e trauma, para os participantes da zona norte e resto do país.

TABLE V - Mean comparison of *burnout* and trauma dimensions among participants from north region and other regions.

	Zona	Média	t-student	p
Exaustão (0-6)	Norte	3,122	-,252	,801
	Resto do país	3,163		
Despersonalização (0-6)	Norte	1,920	-3,075	,002**
	Resto do país	2,414		
Realização (0-6)	Norte	3,718	-,456	,649
	Resto do país	3,783		
Pensamentos intrusivos (0-4)	Norte	1,238	,868	,386
	Resto do país	1,127		
Evitamento (0-4)	Norte	1,221	1,541	,125
	Resto do país	1,036		
Hiperativação (0-4)	Norte	1,058	,972	,332
	Resto do país	,933		
Total Trauma (0-4)	Norte	25,707	1,335	,183
	Resto do país	22,247		

\* $p \leq 0,050$  \*\*  $p \leq 0,010$

do grupo com experiência de acidentes revelou que é apenas o total de trauma que prediz de forma significativa e positiva 14% da exaustão emocional (Beta=,396  $F=28,086$   $p=,000$ ). Para a despersonalização, no grupo

com experiência de acidentes o total de trauma explica de forma significativa e positiva 10% (Beta=,317 F=18,688 p=,000) enquanto a idade explica de forma significativa e negativa apenas 3% (Beta=-,159 F=4,290 p=,040). No grupo sem experiência de acidentes a hiperativação explica de forma significativa e positiva 32% (Beta=,564 F=35,075 p=,000) enquanto a idade explica de forma significativa e negativa apenas 17% (Beta=-,412 F=14,544 p=,000). As restantes variáveis sociodemográficas/profissionais não se revelaram preditores significativos do *burnout* em nenhum dos dois grupos.

## Discussão

O tema dos incidentes na ferrovia é alvo de interesse constante, mas tem sido direcionado para os acidentes, suas consequências e questões de segurança (Association of American Railroads, 2016; European Railway Agency, 2014; L. Lourenço e J. Rocha, 2010), talvez em resultado de novos paradigmas de segurança que a sociedade moderna teve de desenvolver para enfrentar os desafios atuais de crises, acidentes de natureza variada e catástrofes (A. Amaro, 2012). Por exemplo, a Association

QUADRO VI - Regressão (Enter) das variáveis sociodemográficas e trauma no *burnout* na amostra total.

TABLE VI - Regression (Enter) of sociodemographic variables and trauma on burnout in the sample.

Variável Dependente	Variáveis Predictoras	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> change	F(sig)
Exaustão	Sociodemográficas/profissionais	,055	,055	1,413 (,213)
	Trauma	,214	,159	7,231 (,000***)
Despersonalização	Sociodemográficas/profissionais	,086	,086	2,301 (,037)
	Trauma	,191	,105	4,646 (,001***)
Realização	Sociodemográficas/profissionais	,035	,035	,896 (,499)
	Trauma	,097	,061	2,430 (,050*)

\*p≤0,050 \*\* p≤0,010 \*\*\* p≤0,001

QUADRO VII - Regressão (Stepwise) do trauma no burnout, na amostra total.

TABLE VII - Regression (Stepwise) of trauma on burnout in the sample.

Variável Dependente	Variáveis Predictoras	R <sup>2</sup>	Beta	t(sig)	F (sig)
Exaustão	Hiperativação	,178	,422	7,273 (,000)	52,894 (,000***)
Despersonalização	Hiperativação	,135	,367	6,168 (,000)	38,040 (,000***)
Realização	Hiperativação	,058	-,240	-3,863 (,000)	14,920 (,000***)

\*p≤0,050 \*\* p≤0,010 \*\*\* p≤0,001

QUADRO VIII - Regressão (Enter) das variáveis sociodemográficas e trauma no *burnout* para os participantes com e sem experiência de acidentes na ferrovia.

TABLE VIII - Regression (Enter) of sociodemographic variables and trauma on burnout among participants with and without railway accident experience.

Variável Dependente	Acidentes	Variáveis Predictoras	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> change	F(sig)
Exaustão	Sim	Sociodemográficas/profissionais	,036	,036	,714 (,639)
		Trauma	,197	,161	2,703 (,005**)
	Não	Sociodemográficas/profissionais	,320	,320	2,044 (,096)
		Trauma	,453	,132	1,820 (,116)
Despersonalização	Sim	Sociodemográficas/profissionais	,115	,115	2,458 (,028*)
		Trauma	,203	,088	2,799 (,004**)
	Não	Sociodemográficas/profissionais	,435	,435	3,336 (,014*)
		Trauma	,561	,126	2,806 (,021*)
Realização	Sim	Sociodemográficas/profissionais	,047	,047	,939 (,470)
		Trauma	,106	,059	1,308 (,235)
	Não	Sociodemográficas/profissionais	,074	,074	,348 (,904)
		Trauma	,270	,195	,812 (,620)

of American Railroads (2016) refere que o investimento efetuado fez diminuir em 79% os acidentes desde 1980 e em 43% desde 2000, a European Railway Agency (2014) realça os custos económicos e trauma dos suicídios na ferrovia e em Portugal (IMT, 2015) assistiu-se também a uma redução do número de acidentes na ferrovia. Contudo, em proporção inversa, menos atenção tem sido dada aos profissionais da ferrovia e seu estado psicológico durante a atividade profissional e, só mais tarde, pela visibilidade que os efeitos do stress crónico no trabalho têm tido, é que se assiste ao valorizar deste tópico (A. Amaro, 2005; EU-OSHA, 2014d, 2016; R. Forsberg *et al.*, 2016; I. Lemos, 2013; C. Queirós *et al.*, 2016; C. Sage *et al.*, 2016; N. Turner *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos neste estudo revelaram que os profissionais inquiridos apresentam moderados níveis de *burnout* e de trauma, correlacionados entre si e associados ao facto de terem já experienciado acidentes no trabalho. Indicam já um processo de mal-estar com sintomas típicos de desgaste profissional e não de situações imediatas, o que sugere a necessidade de não deixar evoluir esta situação, pois com o passar dos anos a tendência será para o agravamento, sobretudo com o impacto negativo que os acidentes no trabalho parecem ter no estado psicológico dos inquiridos. Utilizando os pontos de corte de J. Maroco e colaboradores (2016) para o *burnout*, encontrou-se na Exaustão Emocional 56% da amostra com nível elevado, na Despersonalização 29% com nível elevado e na Realização 6% com nível reduzido e 20% com nível moderado. No que se refere ao stress pós-traumático, I. Lemos (2013) tinha encontrado apenas 8%, C. Doroga e A. Baban (2013) encontraram 6%, e A. Mehnert e colaboradores (2012) referiram 14%. Contudo, utilizando o ponto de corte de D. Weiss (2007) de 33 como indicador de trauma, há 32% da amostra com sinais de trauma, sendo a dimensão hiperativação a que mais prediz as três dimensões do *burnout*, sugerindo que quando ocorre mal-estar psicológico, este é generalizado a diferentes domínios psicológicos. A idade não parece influenciar o *burnout* nem trauma, o que reforça o mito do trabalhador saudável, pois quem tem mal-estar psicológico no trabalho não se encontra a trabalhar, já mudou de atividade ou não tem disponibilidade mental para participar em estudos com questionários, o que significa que os resultados podem refletir apenas o grupo psicologicamente mais saudável. Contudo, os anos de experiência profissional surgem associados a alguns sintomas de trauma, sugerindo que com o passar do tempo há um impacto que não desaparece. Apesar de H. Liu e colaboradores (2017) salientarem que a capacidade de resiliência dota alguns indivíduos a, em experiências repetidas de eventos traumáticos, resistirem mais e não terem tantos sintomas negativos, A. Jerud e colaboradores (2016) realçaram que a exposição repetida a incidentes críticos pode não diminuir o nível

de stress e de sintomatologia negativa, alertando para a necessidade de intervenções precoces e para prevenção.

Os dados obtidos têm como principais limitações serem e uma amostra de voluntários, não representativa de todos os profissionais ferroviários nem de todas as empresas nacionais de transporte ferroviário. Além disso, no que se refere aos acidentes no trabalho, mais especificamente o número de mortos por acidente, seria fundamental no futuro discriminar quantos destes casos são por suicídio ou por colhida acidental, bem como se são por colhida de pessoas ou de veículos, pois o seu potencial traumático é diferente. É ainda de realçar que no estudo alargado deste tema (C. Queirós *et al.*, 2016), foram referidas outras situações stressantes, destacando-se nitidamente as agressões por parte de passageiros, embora existam também assaltos ou ameaças com armas, conflito com hierarquia ou colegas, quedas ou doenças de passageiros, apedrejamento de comboios, conflitos/agressões/roubos entre passageiros, queixas e incompreensão dos passageiros por causa de atrasos. Seria ainda necessário estudar com mais detalhe as fontes de stress dos Operadores de Venda e Controle que estão nos postos fixos de cada estação.

## Conclusão

De uma forma geral, pode afirmar-se, então, que os resultados encontrados sugerem que o trauma pode ter um impacto a longo prazo, predispondo para uma reação negativa ao stress crónico no trabalho e facilitando o aparecimento do *burnout* (C. Doroga e A. Baban, 2013; M. Duncan *et al.*, 2011; A. Mehnert *et al.*, 2012). A existência de mais exaustão emocional e de mais sintomas de trauma nos profissionais com experiência de acidentes mostrou o impacto destes em termos psicológicos e o risco que correm de maior adoecer psicológico por motivos laborais. Como tal, é fundamental estudar a saúde ocupacional e os riscos psicossociais no trabalho destes profissionais (T. Cox, A. Griffiths e J. Houdmont, 2003; I. Zoer *et al.*, 2011), dotando-os de competências de apoio de pares e de prevenção do stress crónico ou associado a incidentes críticos, à semelhança do que C. Sage e colaboradores (2016) desenvolveram com a aplicação do modelo TRiM (Trauma Risk Management), do que G. DeFraia (2016) propõe como intervenção após um incidente crítico no local de trabalho ou até do modelo mais genérico de *Critical Incident Stress Management* (G. Everly, 2006; G. Everly e J. Mitchell, 1999; J. Mitchell, 2004, 2006, 2009).

A longo prazo, seria de refletir sobre a criação de programas de prevenção e tratamento direcionados para as necessidades dos profissionais do sector ferroviário, com características distintas de outros trabalhadores, e que, tal como a British Rail já desenvolveu na década de 90 (C. Williams *et al.*, 1994) e como recentemente C. Bardon

e B. Mishara (2015) sugerem, constituísse um protocolo composto por ações de prevenção pré-incidentes (sejam estes acidentes, suicídios na linha ou agressões de passageiros aos profissionais), ações de intervenção no momento do incidente e resposta a curto prazo após o incidente. S. Brooks e colaboradores (2016) referem que é de particular importância assegurar apoio aos profissionais intervenientes no acidente mas também àqueles que conhecem alguém ferido ou morto. Assim, o apoio social é importante, particularmente o apoio organizacional, em termos de boas relações com as hierarquias e com os colegas de trabalho, o que ajudará à criação de um clima de coesão, reforçado por cursos destinados ao espírito de equipa e à formação de trabalhadores para a prestação dos Primeiros Socorros Psicológicos aos seus pares.

Todas estas medidas teriam benefícios no trabalhador, na sua família, na segurança dos passageiros e na produtividade da empresa e, como os autores referem, constituíram modelos de boas práticas, integrando estruturas e práticas organizacionais existentes e dotando profissionais que não são especialistas de emergência mas têm de agir nos incidentes críticos, de competências individuais que lhes permitam atuar melhor junto dos passageiros, mas também prevenir neles próprios e nos colegas o impacto negativo das situações stressantes e dos incidentes críticos, nomeadamente acidentes na ferrovia.

Apesar de todos os esforços na segurança dos transportes, as condições políticas, sociais e económicas atuais frequentemente demonstram a imprevisibilidade de acidentes, suicídios na linha e outras ocorrências a que todos os implicados no transporte ferroviário estão sujeitos. Mesmo com o grande desenvolvimento da segurança da circulação ferroviária nos últimos 30 anos, continua a existir a possibilidade, ainda que cada vez com menor probabilidade, de ocorrer um acidente de grande escala. Atualmente os comboios são muito mais rápidos e apresentam uma taxa superior de ocupação de passageiros. Contudo, as três causas de um acidente ferroviário permanecem presentes no dia-a-dia de cada empresa ferroviária tendo como motivos na sua génese: erro humano, falha do material circulante e deficiência na infra-estrutura ferroviária (ex: sinalização, via, etc.). Por fim, não deverá ser ignorada a hipótese externa de uma atuação terrorista, tal qual aconteceu em Atocha, Espanha, em 11 de Março de 2004. Este tipo de ameaça constitui talvez o maior receio dos ferroviários que operam nas grandes áreas urbanas, constituindo fonte de stress permanente no trabalho.

Para terminar, destaca-se o risco permanente de erro humano, tal como amplamente divulgado nos meios de comunicação social a propósito do acidente de Santiago de Compostela em 2013 (J. Shultz *et al.*, 2016) e do choque de comboios na Alemanha, noticiado em 9 de Fevereiro 2016 pelo Jornal de Notícias como “Erro humano na origem

do choque de comboios na Alemanha”, bem como em Portugal em Setembro de 1985, no acidente de Alcaface, conforme notícia do jornal Público em 11 de Setembro 2010, apesar de outros acidentes “esquecidos” em Portugal e fonte de stress crónico e trauma para os profissionais neles envolvidos. Como refere A. Amaro (2012, p.20), “a concepção [...] centrada nas abordagens reativas da gestão dos desastres tem de ceder passo à priorização e institucionalização do planeamento preventivo [...] reaprendendo a viver solidariamente neste mundo de riscos globalizados”, ideia que pode ser aplicada ao contexto laboral e ao stress a este associado, até porque “porque o problema do meu vizinho passa também a ser o meu”, sobretudo quando este “vizinho” é o trabalhador responsável pelo transporte de inúmeros passageiros ou de mercadorias perigosas/valiosas na ferrovia. Além disso, conforme se constata pelos dados encontrados neste estudo, há 32% dos profissionais com sintomas de trauma e este explica o *burnout*, nomeadamente nos profissionais com experiência de acidentes, dados que deveriam ser alvo de reflexão em termos de Saúde Ocupacional pela importância do bem-estar psicológico destes profissionais para a boa execução das suas tarefas relacionadas com o transporte na ferrovia.

#### Referências bibliográficas

- Amaro, A. (2005). Consciência e cultura de risco nas organizações. *Territorium*, 12, 5-9. Disponível em: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T12\\_artg/T12art02.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T12_artg/T12art02.pdf).
- Amaro, A. (2012). Segurança e socorro: novo paradigma. *Territorium*, 19, 15-21. Disponível em: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T19\\_artg/T19\\_Artigo\\_02.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T19_artg/T19_Artigo_02.pdf).
- Amaro, A. (2013). Riscos antrópicos no âmbito da segurança e saúde no trabalho. *Territorium*, 20, 181-182. Disponível em: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T20\\_artigos/T20\\_NNR04.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T20_artigos/T20_NNR04.pdf).
- Andrews, B., Brewin, C. R., Ochera, J., Morton, J., Bekerian, D. A., Davies, G. M., *et al.* (2000). The timing, triggers and qualities of recovered memories in therapy. *British Journal of Clinical Psychology*, 39, 11-26.
- Association of American Railroads (2016). *Report 1: safety and innovation AAR.org/report, 2016 State of the industry reports*. Washington, DC: Association of American Railroads. Acedido em Junho 2016 in <https://www.aar.org/>.
- Bakker, A.B., Demerouti, E., e Sanz-Vergel, A.I (2014). Burnout and work engagement: The JD-R approach. *Annual Review of Organisational Psychology and Organizational Behaviour*, 19(1), 19-23.

- Bardon, C. e Mishara, B. (2015). Development of a Comprehensive Programme to Prevent and Reduce the Negative Impact of Railway Fatalities, Injuries and Close Calls on Railway Employees. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 25, 557-568.
- Bianchi, R., Schonfeld, I. e Laurent, E. (2015). Interpersonal rejection sensitivity predicts burnout: A prospective study. *Personality and Individual Differences*, 75, 216-219.
- Borges, M.J (2012). *Impacto emocional e fisiológico de cenas de acidentes com comboios* (Dissertação de Mestrado em Psicologia de Catástrofe e Trauma). Porto: FPCEUP.
- Brewin, C. R. (2007). Autobiographical memory for trauma: Update on four controversies. *Memory*, 15, 227-248.
- Brewin, C. R. (2011). The nature and significance of memory disturbance in posttraumatic stress disorder. *Annual Review of Clinical Psychology*, 7, 203-227.
- Brooks, S. K., Dunn, R., Amlôt, R., Greenberg, N., e Rubin, G. J. (2016). Social and occupational factors associated with psychological distress and disorder among disaster responders: a systematic review. *BMC Psychology*, 4-18. doi: [10.1186/s40359-016-0120-9](https://doi.org/10.1186/s40359-016-0120-9)
- Bryman, A. e Cramer, D. (2003). *Análise de dados em ciências sociais, introdução às técnicas utilizando o SPSS para Windows*. Oeiras: Celta Editora.
- Caiuby, A., Lacerda, S., Quintana, M., Torii, T., e Andreoli, S. (2012). Adaptação transcultural da versão brasileira da Escala do Impacto do Evento - Revisada (IES-R). *Cadernos de Saúde Pública* 28(3), 597-603.
- Chambel, M.J. (2016). *Psicologia da Saúde Ocupacional*. Lisboa: Pactor.
- Cieslak, R., Shoji, K., Douglas, A., Melville, E., Luszczynska, A., e Benight, C. C. (2014). A meta-analysis of the relationship between job burnout and secondary traumatic stress among workers with indirect exposure to trauma. *Psychological Services*, 11(1), 75-86.
- Clarner, A., Graessel, E., Scholz, J., Niedermeier, A., Uter, W., e Drexler, H. (n.d). Work-related posttraumatic stress disorder (PTSD) and other emotional diseases as consequence of traumatic events in public transportation: a systematic review. *International Archives Of Occupational And Environmental Health*, 88(5), 549-564.
- Cocks, R. (1989). Trauma in the tube: the problem of railway suicide and its consequences. *Stress Medicine*, 5, 93-97.
- Conrad, C. D., Parker, J. e Lewis, R. (2011). *Preventing stress in organizations: how to develop positive managers*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Cothereau, C., Beaurepaire, C., Payan, C., Cambau, J.P., Rouillon, F. e Cpnso, F. (2004). Professional and medical outcomes for French train drivers after “person under train” accidents: three year follow up study. *Occupational Environmental Medicine*, 61, 488-494.
- Cox, T., Griffiths, A. e Houdmont, J. (2003). Rail safety in Britain: an occupational health psychology perspective. *Work and Stress*, 17(2), 103-108.
- DeFraia, G. S. (2016). Workplace Disruption following Psychological Trauma: Influence of Incident Severity Level on Organizations’ Post-Incident Response Planning and Execution. *International Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 7(2), 75-86.
- Doroga, C. e Baban, A. (2013). Traumatic exposure and posttraumatic symptoms for train drivers involved in railway incidents. *Clujul Medical*, 86(2), 144-149.
- Duncan, M.A., Drociuk, D., Belflower-Thomas, A., Sickie, D., Gibson, J., Youngblood, C. e Daley, W.R. (2011). Follow-Up Assessment of Health Consequences after a Chlorine Release from a Train Derailment-Graniteville, SC, 2005. *Journal of Medicine Toxicology*, 7, 85-91.
- EU-OSHA, EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2007). *European Risk Observatory Report - Expert Forecast an emerging psychosocial risk related to occupational safety and health*. Belgium: European Agency for Safety and Health Work.
- EU-OSHA, EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2010). *European survey of enterprises on new and emerging risks: managing safety and health at work*. Acedido em Junho 2016 in [https://osha.europa.eu/pt/tools-and-publications/publications/reports/en\\_esener1-summary.pdf](https://osha.europa.eu/pt/tools-and-publications/publications/reports/en_esener1-summary.pdf)
- EU-OSHA, EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2014a). *Calculating the cost of work-related stress and psychosocial risks*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- EU-OSHA, EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2014b). *Riscos psicossociais na Europa: Prevalência e estratégias de prevenção*. Acedido em Junho 2016 in <https://osha.europa.eu/pt/tools-and-publications/publications>
- EU-OSHA, EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2014c). *Scoping study for a foresight on new and emerging occupational safety and health (OSH) risks and challenges*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- EU-OSHA, EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2014d). *Priorities for occupational safety and health research in Europe for the years 2013-2020 Summary report - (updated Jan 2014)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

- EU-OSHA, EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2015). *Segundo Inquérito Europeu às Empresas Sobre Riscos Novos e Emergentes – ESENER-2*. Acedido em Junho 2016 in <https://osha.europa.eu/pt/tools-and-publications/publications>
- EU-OSHA, EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2016). *Healthy workplaces for all ages: promoting a sustainable working life - campaign guide*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- EU-OSHA, EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2017). *Estimating the costs of work-related accidents and ill-health: An analysis of European data sources*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- EUROPEAN FOUNDATION FOR THE IMPROVEMENT OF LIVING AND WORKING CONDITIONS (2007). *Work related stress*. Dublin. Acedido em Junho 2016 in [www.eurofound.europa.eu](http://www.eurofound.europa.eu) in 12/2012.
- EUROPEAN RAILWAY AGENCY (2014). *Railway safety performance in the European Union*. Valenciennes: European Railway Agency.
- Evans, D., Mallet, L., Flahault, A., Cothureau, C., Velazquez, S., Capron, L. e Lejoyeux, M. (2015). The importance of both workplace and private life factors in psychological distress: a large cross-sectional survey of French railway company employees. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 48, 1211-1224.
- Everly, C. e Mitchell, J. (1999). *A Primer on Critical Incident Stress Management (CISM)*. Acedido em Junho 2016 in [www.scbores.org/cms/lib03/.../122/cismprimer.pdf](http://www.scbores.org/cms/lib03/.../122/cismprimer.pdf)
- Everly, G. (2006). *Assisting individuals in crisis*. Maryland: International Critical Incident Stress Foundation.
- Field, A. (2009). *Descobrimo a estatística usando o SPSS*. Porto Alegre: Artmed.
- Fink, D. S., Lowe, S., Cohen, G. H., Sampson, L. A., Ursano, R. J., Gifford, R. K., Fullerton, C. S. e Galea, S. (2017). Trajectories of Posttraumatic Stress Symptoms After Civilian or Deployment Traumatic Event Experiences. *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*, 9(2), 138-146.
- Fonseca, S., Guimarães, F., Martins, V. e Queirós, C. (2016). Burnout e trauma em profissionais da ferrovia com e sem experiência de acidentes. Poster no X Encontro Nacional de RISCOS e II Jornadas Técnicas da Federação dos Bombeiros do Distrito de Viseu. 28 Maio, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu.
- Forsberg, R. (2016). Conditions affecting safety on the Swedish railway - Train drivers' experiences and perceptions. *Safety Science*, 85, 53-59.
- Gauchard, G. C., Mur, J. M., Touron, C., Benamghar, L., Dehaene, D., Perrin, P., e Chau, N. (2006). Determinants of accident proneness: A case-control study in railway workers. *Occupational Medicine*, 56(3), 187-190.
- Gonçalves, S. P. (2014). *Psicossociologia do Trabalho e das Organizações: princípios e práticas*. Lisboa: Lidel.
- Guimarães, F., Fonseca, S., Martins, V. e Queirós, C. (2016). Stress, ansiedade e depressão em profissionais da ferrovia com e sem vivência de acidentes. Poster no X Encontro Nacional de RISCOS e II Jornadas Técnicas da Federação dos Bombeiros do Distrito de Viseu. 28 Maio, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu.
- Harrington, R. (2003). On the tracks of trauma: Railway spine reconsidered. *Social History of Medicine*, 16(2), 209-223.
- Havârneanu, G. M., Burkhardt, J., e Paran, F. (2015). A systematic review of the literature on safety measures to prevent railway suicides and trespassing accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 81, 30-50.
- Horowitz, M.J., Wilner, M., e Alvarez, W. (1979). Impact of Events Scale: A measure of subjective stress. *Psychosomatic Medicine*, 41(3), 209-218.
- IMT, INSTITUTO DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES (2015). *Transporte ferroviário: relatório anual de segurança - 2014*. Lisboa: Instituto da Mobilidade e dos Transportes.
- INTERNATIONAL LABOUR OFFICE (2012). *Stress prevention at work checkpoints: practical improvements for stress prevention in the workplace*. Geneva: International Labour Office.
- Jerud, A. B., Farach, F. J., Bedard-Gilligan, M., Smith, H., Zoellner, L. A., e Feeny, N. C. (2016). Repeated trauma exposure does not impair distress reduction during imaginal exposure for posttraumatic stress disorder. *Depression and Anxiety*. Online pre-publication. 1-18, DOI:10.1002/da.22582
- Khamisa, N., Oldenburg, B., Peltzer, K. e Ilic, D. (2015). Work Related Stress, Burnout, Job Satisfaction and General Health of Nurses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 652-666.
- Klaassens, E. R., Giltay, E. J., van Veen, T., Veen, G., e Zitman, F. G. (2010). Trauma exposure in relation to basal salivary cortisol and the hormone response to the dexamethasone/CRH test in male railway employees without lifetime psychopathology. *Psychoneuroendocrinology*, 35(6), 878-886.
- Leka, S., Griffiths, A. e Cox, T. (2003). *Work organisation and stress: systematic problem approaches for employers, managers and trade union representatives*. Nottingham: Institute of Work, Health and Organisations of the University of Nottingham.

- Lemos, I.C. (2013). *Acidente com comboios: Implicações no desenvolvimento da perturbação de stress pós-traumático nos maquinistas* (Dissertação de Mestrado em Psicologia Clínica). Lisboa: ISPA.
- Liu, H., Petukhova, M. V., Sampson, N. A., Aguilar-Gaxiola, S., Alonso, J., Andrade, L. H., ... Kessler, R. C. (2017). Association of DSM-IV posttraumatic stress disorder with traumatic experience type and history in the World Health Organization world mental health surveys. *JAMA Psychiatry*, 74, 270-281.
- Lourenço, L. e Rocha, J. (2010). Risco de ignição de incêndios florestais associado à circulação de material ferroviário em linhas de caminho-de-ferro. *Territorium*, 17, 71-81. Disponível em: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T17\\_artg/08Territorium\\_71-81.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T17_artg/08Territorium_71-81.pdf)
- Lourenço, L. (2015). Risco, perigo e crise: pragmatismo e contextualização. In A. Siqueira, N. Valencio, M. Siena e M.A. Malagoli (Eds.). *Riscos de desastres relacionados à água: aplicabilidade de bases conceituais das Ciências Humanas e Sociais para a análise de casos concretos* (pp.3-43). Santa Paula - São Carlos, S. Paulo: Rima.
- Lovallo, W.R. (1997). *Stress and health: biological and psychological interactions*. California: Sage.
- Lunt, J. e Hartley R. (2004). *Literature Review of Post-Traumatic Stress Disorder Amongst Rail Workers*. Sheffield: Work Psychology Group, Health and Safety Laboratory.
- Maia, A. C. (2007). Factores preditores de PTSD e critérios de selecção em profissionais de actuação na crise. In L. Sales (Ed.). *Psiquiatria de catástrofe* (pp. 263-276). Coimbra: Almedina.
- Maroco, J. (2010). *Análise estatística com o PASW Statistics*. Pêro Pinheiro: Report Number.
- Maroco, J., Maroco, A.L., Leite, E., Bastos, C., Vazão, M.J., e Campos, J. (2016). Burnout em Profissionais da Saúde Portugueses: Uma Análise a Nível Nacional. *Acta Médica Portuguesa*, 29(1), 24-30.
- Marques Pinto, A. e Picado, L. (2011). *Adaptação e Bem-Estar nas Escolas Portuguesas: Dos Alunos aos Professores*. Lisboa: Coisas de Ler.
- Maslach, C. (2011). Burnout and engagement in the workplace: new perspectives. *The European Health Psychologist*, 13 (3), 44-47.
- Maslach, C. e Jackson, S.E. (1997). *MBI, inventário Burnout de Maslach, síndrome del "quemado" por estrés laboral asistencial; manual*. Madrid: TEA, Publicaciones de Psicología Aplicada.
- Maslach, C., e Leiter, M. P. (1997). *The truth about burnout: How organizations cause personal stress and what to do about it*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Maslach, C., e Leiter, M. P. (2008). Early Predictors of Job Burnout and Engagement. *Journal Of Applied Psychology*, 93(3), 498-512.
- Maslach, C., e Leiter, M. P. (2016). Understanding the burnout experience: recent research and its implications for psychiatry. *World Psychiatry*, 15(2), 1-9. doi:10.1002/wps.20311
- Mehnert, A., Nanninga, I, Fauth, M. e Schafer, I. (2012). Course and predictors of posttraumatic stress among male train drivers after the experience of 'person under the train' incidents. *Journal of Psychosomatic Research*, 73, 191-196.
- Meyer, E. C., Zimering, R., Daly, E., Knight, J., Kamholz, B. e Gulliver, S. (2012). Predictors of Posttraumatic Stress Disorder and Other Psychological Symptoms in Trauma-Exposed Firefighters. *Psychological Services*, 9(1), 1-15.
- Mitchell, J. (2004). Characteristics of Successful Early Intervention Programs. *International Journal of Emergency Mental Health*, 6(4) 175-184.
- Mitchell, J. (2006). *Critical incident stress management (CISM): group crisis intervention*. Maryland: International Critical Incident Stress Foundation.
- Mitchell, J. (2009). *Critical Incident Stress Management*. Acedido em Junho 2016 in <http://www.info-trauma.org/en/e-library>
- Neto, H. V., Areosa, J., e Areses P. (2014). *Manual sobre Riscos Psicossociais no Trabalho*. Porto: Civeri Publishing.
- Parreira, A. (2006). *Gestão do stress e da qualidade de vida*. Lisboa: Monitor.
- Pereira, M. G. e Monteiro-Ferreira, J. (2003). *Stress traumático: aspectos teóricos e intervenção*. Lisboa: Climepsi.
- Queirós, C., Fonseca, S., Guimarães, F., e Martins, V. (2016). *Relatório Técnico: Stress, motivação no trabalho e desgaste em profissionais que trabalham no sector ferroviário*. Porto: LabRP da FPCEUP/ESTSPIPP.
- Queirós, C., Gonçalves, S. P. e Marques, A. (2014). Burnout: Da conceptualização à gestão em contexto laboral. In H.V. Neto., J. Areosa e P. Areses (Eds). *Manual sobre Riscos Psicossociais no trabalho* (pp.172-192). Porto: Civeri Publishing & RICOT.
- Rebello, J. e Leal, J. (2010). Stress ou burnout dos profissionais de segurança. *Territorium*, 19, 221-226.
- Rosa, J., Passos, F. e Queirós, C. (2015). Um estudo exploratório sobre burnout e indicadores psicopatológicos em polícias. *International Journal on Working Conditions*, 10, 101-119.
- Saberi, R., Abbasian, H., Kashani, M.M., e Naseri, A. (2013). Post-Traumatic Stress Disorder: A Neglected Health Concern among Commercial Motor Vehicle Drivers. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine* 4(4), 185-194.

- Sage, C., Brooks, S., Jones, N. e Greenberg, N. (2016). Attitudes towards mental health and help-seeking in railway workers. *Occupational Medicine*, 66(2), 118-121.
- Schaufeli, W.B. e Buunk, B.P. (2003) Burnout: an overview of 25 years of research and theorizing. In M.J. Schabracq, J.A.M. Winnubst, e C.L. Cooper (Eds.). *Handbook of work and health psychology* (pp. 383-425). Chichester: John Wiley & Sons.
- Seidler, A., Thinschmidt, M., Deckert, S., Then, F., Hegewald, J., Nieuwenhuisen, K. e Riedel-Heller, S. (2014). The role of psychosocial working conditions on burnout and its core component emotional exhaustion - a systematic review. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 9(10), 1-13.
- Sebaoun, G. (2017). *Rapport d'Information n° 4487: en conclusion des travaux de la mission d'information relative au syndrome d'épuisement professionnel (ou burn out)*. Paris: Assemblée Nationale.
- SFRICI - SINDICATO FERROVIÁRIO DA REVISÃO COMERCIAL ITINERANTE (1999). *Regulamento de Carreiras da Revisão e Comercial*. Lisboa: Sindicato Ferroviário da Revisão Comercial Itinerante.
- Shin, H., Park, Y., Ying, J., Kim, B., Noh, H. e Lee, S. (2014). Relationships Between Coping Strategies and Burnout Symptoms: A Meta-Analytic Approach. *Professional Psychology: Research and Practice*, 45(1), 44-56.
- Shoji, K., Lesnierowska, M., Smoktunowicz, E., Bock, J., Luszczynska, A., Benight, C. C., e Cieslak, R. (2015). *What comes first, job burnout or secondary traumatic stress? Findings from two longitudinal studies from the U.S. and Poland*. Plos ONE, 10(8), doi: e0136730. doi:[10.1371/journal.pone.0136730](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136730)
- Shultz, J., Garcia-Vera, P., Santos, C., Sanz, J., Bibel, G., Schulman, C., Bahouth, G., Guichot, Y, Espinel Z., e Rechkemmer, A. (2016). Disaster complexity and the Santiago de Compostela train derailment. *Disaster Health*. DOI:<http://dx.doi.org/10.1080/21665044.2015.1129889>
- Souza, K. e Lourenço, L. (2015). A evolução do conceito de risco à luz das ciências naturais e sociais. *Territorium*, 22, 31-44. DOI: [http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723\\_22\\_1](http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723_22_1)
- Stoica, M. e Buici, F. (2010). Occupational stress management. *Management in Health*, 14(2), 7-9.
- Turner, N., Chmiel, N., Hershcovis, M. S., e Walls, M. (2010). Life on the line: Job demands, perceived co-worker support for safety, and hazardous work events. *Journal Of Occupational Health Psychology*, 15(4), 482-493.
- Vara, N. e Queirós, C. (2009). Burnout, um risco no desempenho e na satisfação profissional dos bombeiros que trabalham na área da emergência pré-hospitalar. *Territorium*, 16, 173-178.
- Vatshelle, A. e Moen, B. (1997). Serious on-the-track accidents experienced by train drivers: psychological reactions and long-term health effects. *Journal of Psychosomatic Research*, 42(1), 43-52.
- Vaz Serra, A. (2002). *O stress na vida de todos os dias*. Coimbra: Gráfica de Coimbra.
- Vaz Serra, A. (2003). *O distúrbio de stress pós-traumático*. Coimbra: Gráfica de Coimbra.
- Wanklyn, S. G., Pukay-Martin, N. D., Belus, J. M., Cyr, K. St., Girard, T. A. e Monson, C. M. (2016). Trauma Types as Differential Predictors of Posttraumatic Stress Disorder (PTSD), Major Depressive Disorder (MDD), and Their Comorbidity. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 48(4), 296-305.
- Weiss, D. S. (2007). The Impact of Event Scale: Revised. In J.P. Wilson e C.S. Tang (Eds.), *Cross-cultural assessment of psychological trauma and PTSD* (pp. 219-238). New York: Springer.
- Wells, S. Y., Morland, L. A., Torres, E. M., Kloezeman, K., Mackintosh, M.A., e Aarons, G. A. (2017). The development of a brief version of the Posttraumatic Cognitions Inventory (PTCI-9). *Assessment*. online pre-publication, 1-16, DOI: [10.1177/1073191116685401](https://doi.org/10.1177/1073191116685401)
- Williams, C., Miller, J., Watson, G. e Hunt, N. (1994). A strategy for trauma debriefing after railway suicides. *Social Science & Medicine*, 38(3), 483-487.
- Zoer, I., Ruitenburg, M. Botje, D., Frings-Dresen, M. e Sluiter, J. (2011). The associations between psychosocial workload and mental health complaints in different age groups. *Ergonomics*, 54(10), 943-952.

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS



AVALIAÇÃO DO ALBEDO NOS DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA DO CERRADO DO AMAPÁ - BRASIL COM IMAGENS MODIS\*

EVALUATION OF ALBEDO DIFFERENT TYPES OF COVERAGE OF THE AMAPÁ SAVANNAH - BRAZIL WITH MODIS IMAGES

129

Célia Campos Braga

Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande (Brasil)  
[celiadca@hotmail.com](mailto:celiadca@hotmail.com)

Jonathan Castro Amanajás

Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande (Brasil)  
[jonathan.amanajas@hotmail.com](mailto:jonathan.amanajas@hotmail.com)

Clênia Rodrigues Alcântara

Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande (Brasil)  
[clenia.alcantara@ufcg.edu.br](mailto:clenia.alcantara@ufcg.edu.br)

Milena Pereira Dantas

Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande (Brasil)  
[milenapdantass@gmail.com](mailto:milenapdantass@gmail.com)

#### RESUMO

O presente estudo visa fazer um estudo comparativo da estimativa do albedo em diferentes alvos em áreas no Amapá. O albedo determina o poder refletor da superfície no domínio espectro do sol e, é um dos componentes fundamental na estimativa do balanço de radiação da superfície. Utilizaram-se três imagens do sensor MODIS /Terra para os anos de 2002, 2006 e 2012. O processamento da das imagens foi feita pelo programa ERDAS. Empregaram algoritmos de Liang e Tasumi para estimar o albedo nas áreas composto por área urbana, cerrado e floresta nativa e silvicultura de eucaliptos. Os resultados obtidos pelos dois métodos são eficazes na estimativa do albedo. A relação entre os valores médios estimados pelos métodos apresentou uma correlação de  $r=0,88$  erro percentual médio EPM = 7,8% e erro padrão médio EPAM = 0,012 para o nível de significância  $\alpha$ .

**Palavras-chave:** MODIS/Terra, imagens, silvicultura, métodos mínimos quadrados.

#### ABSTRACT

This study focuses on comparisons of land surface albedo estimates for different types of land cover in Amapá state, Brazil. Land surface albedo is an important parameter for radiation balance estimates on land surfaces. Liang and Tasumi algorithms which are used to estimate land surface albedo are analysed over different types of land cover such as urban regions, forest, scrubland, eucalyptus agroforestry etc.. Three images from MODIS sensor which operates on board TERRA satellite from 2002, 2006 and 2012 are used to validate the algorithms' spatial estimates. The results shows that both methods present accuracy on land surface albedo estimates. Regarding mean land albedo values for all types of land cover, the linear correlation coefficient observed is 0.88, with standard deviation of 0.012 and mean percentage error of 7.8 % with significance level  $\alpha=0.05$ .

**Keywords:** MODIS/Terra, images, forestry, least square methods.

#### Introdução

A Variabilidade climática da região amazônica, bem como suas características físicas relacionadas, está intimamente vinculada às peculiaridades fisiológicas da vegetação e sua evolução nos ecossistemas. Mudanças nos ecossistemas amazônicos, decorrentes

do desflorestamento ou mudanças no uso do solo, podem provocar impactos na circulação atmosférica, no transporte e balanço de umidade da região (F. Correia *et al.*, 2007; P. Nobre *et al.*, 2009). O albedo da superfície é um parâmetro biofísico cuja variação ocorre com o tipo de alvo sobre o qual incide a radiação eletromagnética e variações deste parâmetro são excelentes indicadores de

\* O texto desta nota foi submetida em 21-05-2016, sujeita a revisão por pares a 22-06-2016 e aceite para publicação em 21-06-2017.

Esta nota é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 25 (I), 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

mudanças no cenário de uma bacia hidrográfica, assim como um dos componentes mais importantes do balanço de energia (Silva *et al.*, 2005; Loarie *et al.*, 2011; Giongo *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2016).

As constantes mudanças na cobertura e o uso da terra têm influenciado muito as alterações no comportamento dos componentes do balanço de energia na superfície terrestre, bem como as variáveis biofísicas. Contudo, só recentemente, a temática tem sido tratada de forma mais adequada, não somente em decorrência do desflorestamento e fragmentação florestal, mas também das alterações relacionadas aos processos de variabilidade climática.

Dados multitemporais obtidos do sensoriamento remoto (SR) de diferentes satélites meteorológicos e ambientais têm sido amplamente utilizados com diferentes finalidades. O SR é uma ferramenta grande importância e valiosa na obtenção de informações necessárias ao manejo, gerenciamento e gestão de recursos naturais, tais como, água, solo e vegetação, assim como, na agricultura por oferecer diversas vantagens possibilitando a geração de séries temporais das cenas estudadas (G. Batista *et al.*, 1997). Silva *et al.* (2005a) determinaram o albedo da superfície na região do Rio Vale do São Francisco (Brasil) utilizando imagens do satélite LANDSAT. Braga *et al.* (2014) fizeram um estudo comparativo entre albedo medido e estimado em áreas irrigadas de banana em Quixeré-CE (Brasil) encontraram uma correlação de  $r=0,84$ . Giongo e Vettorazzi (2014), utilizaram o algoritmo *Mapping Evapotranspiration at High Resolution and with INternalized Calibration* (METRIC) para identificar as variações do albedo em diferentes coberturas da superfície na Bacia do Rio Comrumbataí-SP (Brasil).

Tendo em vista as inúmeras aplicações envolvendo dados obtidos remotamente, o objetivo deste estudo foi especializar o albedo à superfície sobre diferentes alvos (vegetação nativa, corte raso, reflorestada), na região do cerrado do Amapá-Brasil, estimados pelos algoritmos de Liang e Tasumi, usando imagens do sensor MODIS/Terra para três datas e anos, e encontrar uma relação entre os métodos.

### Metodologia

Utilizaram-se dados orbitais do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo do satélite Terra, referentes aos dias 13/08/2002, 02/09/2006 e 09/09/2012. Para escolha das imagens considerou-se os seguintes fatores: disponibilidade de dados de superfície, ausência ou pouca nebulosidade nas imagens MODIS/Terra e ausência de precipitação em no mínimo 10 dias antes da coleta dos dados orbitais. Os produtos MODIS/Terra utilizados no estudo corresponderam aos *Tiles* V08H12 e V09H12 foram MOD09GA - reflectância da superfície nas bandas 1 a 7 (vermelho, infravermelho próximo, azul, verde e infravermelho médio) com resolução espacial de

500 m; e MOD11A1 - temperatura da superfície (K) com resolução espacial de 1000 m.

Estado do Amapá está situado em dois importantes domínios geográficos: o amazônico e o oceânico, que lhe confere singular e exuberante diversidade de ambientes naturais. Possui uma área de 143.453,7 Km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) (fig. 1). A cobertura florestal (fig. 2) é composta por diferentes tipos de cobertura e solo, conforme pode ser visto nas figuras 2 e 3: área urbana (A); cerrado (B); floresta ombrófila densa (C) e silvicultura de eucalipto e/ou pinus (D).

A estimativa do albedo à superfície, definido pela razão entre a radiação solar global refletida por cada pixel e a radiação solar incidente no mesmo, em todo o domínio da radiação de onda curta (0,3 a 3,0 μm), foi estimado pelos algoritmos de S. Liang (2000) e M. Tasumi *et al.* (2008). O albedo obtido pelo método S. Liang (2000) fundamenta-se na Equação:

$$\alpha_{sl} = 0,160\rho_1 + 0,291\rho_2 + 0,243\rho_3 + 0,116\rho_4 + 0,112\rho_5 + 0,081\rho_7 - 0,0015$$

E o albedo estimado pela a metodologia descrita em M. Tasumi *et al.* (2008) é calculado pela Equação:

$$\alpha_{sl} = 0,215\rho_1 + 0,215\rho_2 + 0,242\rho_3 + 0,129\rho_4 + 0,101\rho_5 + 0,062\rho_6 + 0,036\rho_7$$

Em ambas as equações,  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_7$  representam as reflectâncias da superfície relativas a cada uma das sete bandas espectrais do MODIS, distribuídas por meio do produto MOD09GA.

### Resultado e discussão

A seguir serão apresentados e analisados os resultados do albedo estimado pelos métodos de Liang e Tasumi. As figuras 4 (a, b, c, d, e, f) ilustram os mapas temáticos do albedo da superfície ( $\alpha$ ) estimados pelos métodos de S. Liang (2000) e M. Tasumi *et al.* (2008). A análise visual das imagens pelos dois métodos mostra que o de Tasumi apresenta resultados mais coerente que o método de Liang, uma vez que reproduziu melhor os diferentes tipos de uso e cobertura do solo. Ambos os métodos estimaram valores de albedo próximos (TABELA I) sobre a região de estudo, no entanto, o método Liang para as áreas de floresta apresenta valores médios do albedo superiores aos observados no cerrado nas três datas, diferentes dos encontrados na literatura (B. Silva *et al.* 2005a). Observam-se ainda que em quase todos os outros alvos o método Liang tende a superestimar o de Tasumi.

Salienta-se que o cerrado apresenta superfícies bem drenadas e de vegetação mais seca, com presença de solo exposto e mais claro (predominantemente latossolo amarelo e vermelho-amarelo), ao contrário das formações florestadas, de superfícies rugosas, onde existem áreas permanente ou sazonalmente inundadas,

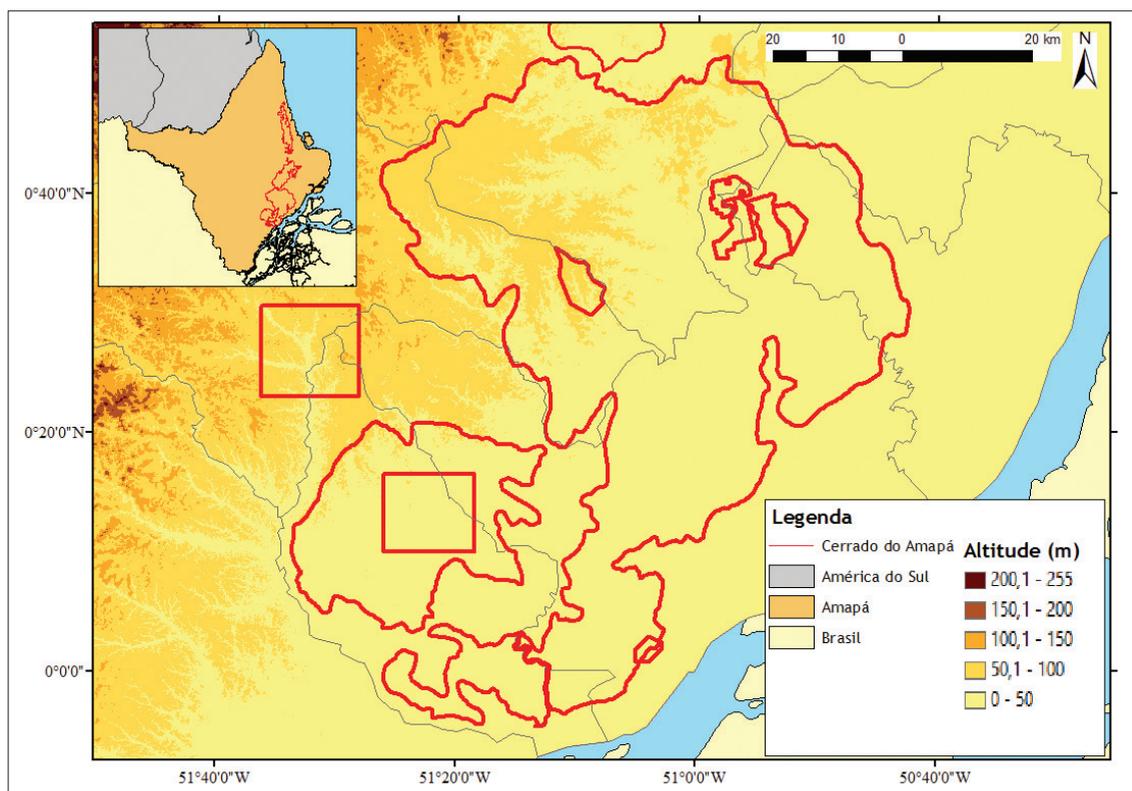


Fig. 1 - Localização da área de estudo no cerrado do Amapá - Brasil.

Fig. 1 - Location of the study area in the Amapá savannah - Brazil.

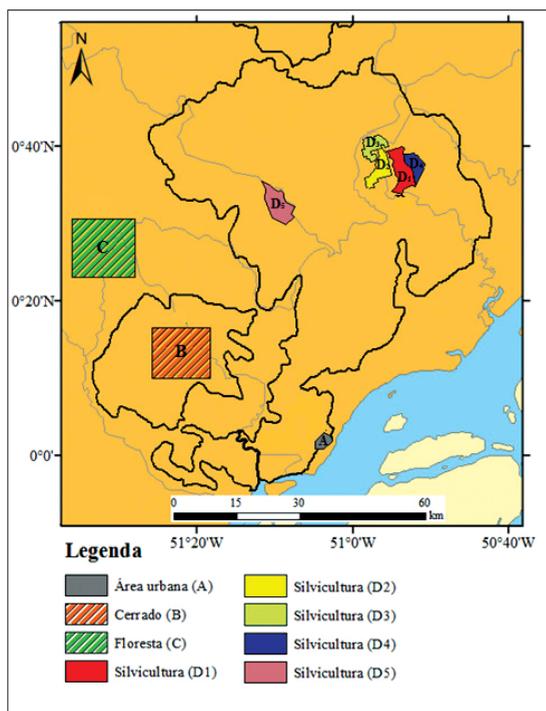


Fig. 2 - Tipos de cobertura sobre a região de estudo (Fonte: adaptada do IBGE).

Fig. 2 - Types of coverage over the study region (Source: adapted from IBGE).

esperava-se encontrar maiores valores de albedo sobre o cerrado (área B), como pode ser observado nas estimativas pelo método Tasumi (fig. 3b, 3d e 3f).

O albedo das áreas com presença de corpos d'água, nas três imagens analisadas pelos dois métodos, variou entre 5% e 10,7% que compreende as classes dos valores de albedo mais baixos da superfície (em azul). Os resultados deste estudo corroboram com os encontrados por W. Bastiaanssen (2000) encontrou valores entre 3% e 10% para albedo em superfícies d'água na bacia de Gediz, na Turquia; Silva *et al.* (2005a) mostraram que corpos de água, tais como o lago de Sobradinho e pequenos açudes do perímetro irrigado Nilo Coelho, apresentaram valores entre 2% e 12%. Já M. Meireles (2007), em estudo na bacia do Acaraú, Ceará, encontrou valores entre 3% e 10% para corpos d'água; P. Giongo *et al.* (2009) encontraram valores entre 3,5% a 10,2% em lagos e superfícies inundadas do Pantanal; enquanto B. Silva *et al.* (2010) encontraram valores inferiores a 9% sobre a bacia do Mogi-Guaçu, logo os valores obtidos pelos dois métodos corroboram com os encontrados pelos autores citados acima.

Na TABELA I, são apresentados os valores médios de albedo nas áreas homogêneas selecionadas estimados pelos métodos Liang e Tasumi. Os valores médios mais elevados de albedo pelos dois métodos são de 16,4 e 16,3% para o dia 13/08/2002 na área urbana; de 17,4 e 16,1% no dia 02/09/2006 e de 16,8

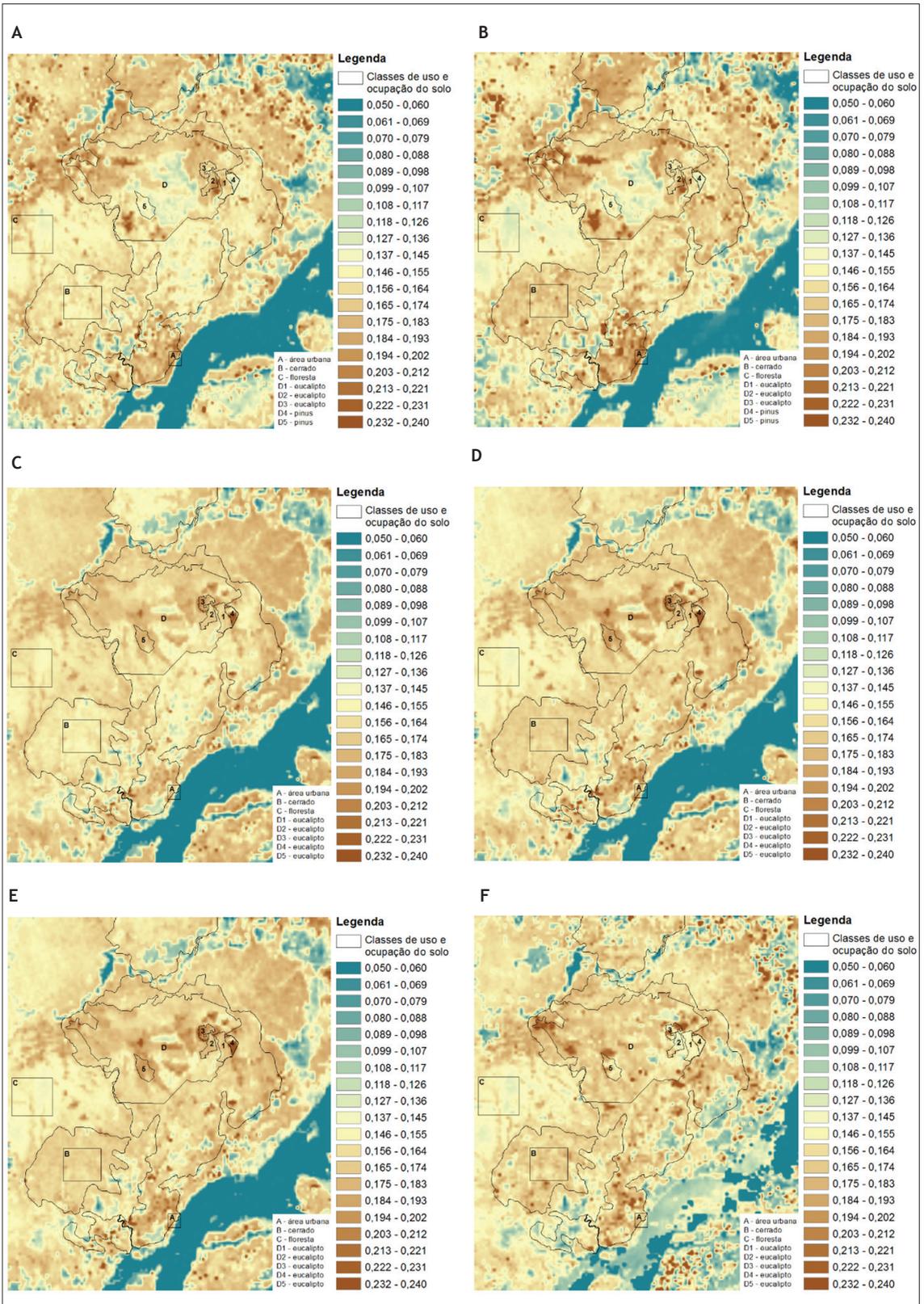


Fig. 3 - Albedo da superfície ( $\alpha_s$ ) segundo os métodos Liang (a, c, e) e Tasumi (b, d, f) obtidos por imagens MODIS/Terra referente aos dias 13/08/2002 (a, b), 02/09/2006 (c, d) e 09/09/2012 (e, f).

Fig. 3 - Surface albedo ( $\alpha_s$ ) according to Liang methods (a, c, e) and Tasumi methods (b, d, f) images obtained by MODIS / Terra referring to days 13/08/2002 (a, b), 02/09/2006 (c, d) e 09/09/2012 (e, f).

TABELA I - Albedo da superfície ( $\alpha$ ) para as áreas homogêneas obtidos pelos métodos de Liang e Tasumi, Erro Percnetual Médio (EPM) e Erro Padrão Médio (EPAM).

TABLE I - Albedo surface ( $\alpha$ ) for homogeneous areas obtained by the methods of Liang and Tasumi, Middle Percnetual error (MPE) and Standard Error Average (SEA).

Data	Classes de uso e cobertura do solo	Albedo da superfície ( $\alpha_s$ )			
		Média (Liang)	Média (Tasumi)	EPM%	EPAM
13/08/2002	Área urbana	0,164	0,163	0,610	0,017
	Cerrado	0,142	0,138	2,817	0,017
	Floresta Ombrófila Densa	0,154	0,123	20,130	0,017
	Eucalipto 1	0,149	0,134	10,067	0,016
	Eucalipto 2	0,159	0,140	11,950	0,016
	Eucalipto 3	0,152	0,135	11,184	0,016
	Pinus 1	0,135	0,126	6,667	0,015
	Pinus 2	0,134	0,124	7,463	0,014
02/09/2006	Área urbana	0,174	0,161	7,471	0,011
	Cerrado	0,162	0,157	3,086	0,011
	Floresta Ombrófila Densa	0,168	0,145	13,690	0,011
	Eucalipto 1	0,176	0,163	7,386	0,011
	Eucalipto 2	0,176	0,165	6,250	0,011
	Eucalipto 3	0,192	0,181	5,729	0,011
	Pinus 1	0,181	0,172	4,972	0,010
	Pinus 2	0,183	0,173	5,464	0,010
09/09/2012	Área urbana	0,168	0,169	0,595	0,009
	Cerrado	0,163	0,160	1,840	0,009
	Floresta Ombrófila Densa	0,172	0,149	13,372	0,010
	Eucalipto 1	0,167	0,152	8,982	0,009
	Eucalipto 2	0,169	0,151	10,651	0,010
	Eucalipto 3	0,180	0,156	13,333	0,010
	Pinus 1	0,167	0,155	7,186	0,008
	Pinus 2	0,174	0,159	8,621	0,009
	Média	0,165	0,152	7,826	0,012

e 16,9% no dia 09/09/2012 respectivamente. Este alvo foi o que apresentou a menor variabilidade interanual do albedo à superfície (TABELA I). Dentre os atributos da morfologia urbana, o albedo é um dos que exercem influência significativa para as mudanças de suas condições térmicas, pois está relacionado à capacidade do ambiente em absorver e dissipar calor advindo da radiação solar. Sugere-se que durante estes anos estudados, mesmo com a intensificação do processo de urbanização, poucas alterações ocorreram no que diz respeito ao tipo de cobertura do solo, mais especificamente quanto a rugosidade e permeabilidade da superfície, o que explica a baixa variabilidade interanual do albedo à superfície sobre a área urbana.

Na área de floresta ombrófila densa os menores albedo encontrados, oscilam de 12,3 a 14,9% pelo método de

Tasumi e os maiores de 15,4% a 17,2% por Liang (TABELA I). A. Liberato (2011), em estudo realizado na região central de Rondônia, utilizando imagens TM/Landsat 5, encontrou valores médios de albedo em áreas de floresta nativa que variaram entre 12,0% para o dia 13/07/2005 e 13,0% para o ano de 16/07/2006, respectivamente.

Sobre as cinco áreas homogêneas silvicultura de eucalipto e/ou pinus em cada data os albedos médios obtidos pelos métodos foram inferiores a 14,6, 18,16 e 17,1 % respectivamente (TABELA I). Salienta-se que ao longo dos três anos analisados estas regiões de silvicultura do eucalipto passavam por diferentes estágios de plantio, desde o corte raso, pousio, plantio, rebrota à floresta adulta. Pelo o exposto independente do alvo e estágios de desenvolvimento da cultura o albedo estimado por Liang superestimou o de Tasumi. Nossos resultados se assemelham aos de B. Silva *et al.* (2010), Giongo *et al.* 2014 para região do cerrado brasileiro, Amanajás (2015) região de floresta densa e silvicultura de eucalipto/pinus em áreas do cerrado do Amapá- Brasil.

As distintas espécies vegetais encontradas sobre a região de estudo tendem a reagir de formas diferentes as condições climáticas locais. As espécies lenhosas, como é o caso do cerrado, com algum grau de decíduidade, durante o período seco iniciam seu processo de senescência; espécies sempre verdes, como é o caso das florestas ombrófilas, reduzem suas atividades fotossintéticas; e espécies graminóides, como as formações savaníticas também encontradas sobre a região de estudo, reagem ao estresse hídrico através da dormência. Isto explica as diferenças intra- anuais encontradas nos valores estimados de albedo sobre os alvos analisados. De modo geral, observa-se que os menores valores de albedo estão associados a corpos d'água e áreas de vegetação permanente, como floresta ombrófila densa, enquanto que os maiores estão relacionados às áreas de cerrado, de vegetação rala ou de solo exposto.

Pela TABELA I do albedo médio, obtido nas três imagens MODIS/Terra e estimado pelos algoritmos Liang e Tasumi nos diferentes alvos (área Urbana, Cerrado, Floresta e Silvicultura), observa-se que o método de Liang tende a superestimar o de Tasumi. Empregou-se o método dos mínimos quadrados (D. Wilks, 2006) para encontrar o grau de relação entre os métodos. Em média obteve-se um coeficiente de determinação  $r^2= 0,77$  e  $r = 0,88$ , erro médio padrão (EPAM) de 0,012 para o nível de significância  $\alpha=0,05$ , e erro médio (EPM%) de 7,8%. Salienta-se que esses resultados quando comparados com vários estudos, pode-se concluir que ambos os métodos são bons estimadores do albedo da superfície. Os resultados encontrados neste estudo corroboram com trabalhos realizados por C. Braga *et al.* (2014) em Quixeré-Ceará -Brasil sobre vegetação nativa, estimado pelo MODIS/Terra, P. Giongo e C. Vettorazzi (2014), na Bacia do Rio Corumbataí-São Paulo, Brasil, usando

imagens Landsat-TM, B. Silva *et al.*, 2016 em vegetação nativa no semiárido brasileiro com imagens do Landsat-TM.

### Conclusão

A aplicação da metodologia permitiu chegar as seguintes conclusões: a) o algoritmo de Liang para todos os anos em média superestimaram os valores de albedo em relação ao de Tasumi, muito embora visualmente as discrepâncias entre eles tenham sido pequenas; b) A relação entre os valores médios do albedo para os distintos alvos e datas apresentou correlação de  $r=8,8$  com EPM de 7,8% e EPAM de 0,012 para  $\alpha=0,05$ . Evidenciando, portanto, eficácia para as duas metodologias na região do Amapá.

### Referências bibliográficas

- Amanajas, J. C. *Modelagem do impacto das mudanças de uso e cobertura do solo no microclima sobre área de cerrado no amapá*. 2015. 170p. Tese (Doutorado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.
- Bastiaanssen, Wim (2000). SEBAL - Based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *J. Hydrology*, 229: p. 87-100.
- Batista, G. Teixeira; Shimabukuro, Y. Edemir. e Lawrence, W. Thomas (2007). The long-term monitoring of vegetation cover in the Amazonian region of northern Brazil using NOAA/AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 18, n. 15, p. 3195-3210.
- Braga, C. Campos; Nascimento, G. S. Lima; Braga, R. Campos; Silva, Da B. B.; Dantas, M. Pereira (2014). Análise Comparativa do Albedo da Superfície Medido Sobre a Cultura de Banana e estimado através de Imagens MODIS/Terra. Multidimensão e Territórios de Risco. Guimarães. *Editor Riscos*. Universidade de Coimbra - Portugal.
- Correia, F. W. Silva, Manzi, A. Ocimar, Cândido, L. Antonio E Santos, R. M. Nascimento (2007); PAULIQUEVIS, T. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. *Ciênc. Cult.*, 59(3): p. 39-43.
- Giongo, P. Rogerio, Padovani, C. Roberto E Vettorazzi, C. Alberto (2009). Variabilidade espacial e temporal do albedo obtido a partir de imagens MODIS na região do Pantanal. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, Natal-RN. CD de *Anais*.
- Giongo, P. R.; Moura, G. B. A.; Silva, B. B. da; Rocha, H. R. da; Medeiros, S. R. R. de; Nazareno, A. C. Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 em áreas de cana-de-açúcar e cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.279-287, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300007>
- Giongo, P. R.; Vettorazzi, C. A.; Albedo da superfície por meio de imagens TM-Landsat 5 e modelo numérico do terreno. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 18, n. 8, Campina Grande, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Portal Cidades. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Consultado em: 26 de abril de 2010.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/en/tematicos/vegetacao.html>. Acesso em 26 de novembro 2014
- Liang, Shunlin (2000). Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I Algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 76: p. 213- 238.
- Liberato, A. Marcolino (2011). Estimativa do albedo e índice de área foliar na Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4(1): p. 22-32.
- Meiros, Marcos (2007). *Estimativa da evapotranspiração real pelo emprego do algoritmo SEBAL e imagem Landsat 5 - TM na bacia do Acaraú - CE*. Fortaleza, UFCE, Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFCE/CCA, p. 89.
- Nobre, Paulo; Malagutti, Marta; Urbano, D. Fernandes; Almeida, R. A. Ferreira; Giarolla, Emanuel (2009). Amazon Deforestation and Climate Change in a Coupled Model Simulation. *J. Climate*, 22: p. 5686-5697.
- Oliveira, L. M. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Junior, B. B.; Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 1, p. 3-8., 2016.
- Silva, B. Barbosa; Lopes, G. Miranda; Azevedo, P. Vieira (2005a) Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5-TM. *Rev. Bras. Agrometeorologia*, 13(2): p. 201-211.
- Silva, B. Barbosa; Silva, S. T. Araújo ; Gomes, H. Barros (2010). Alterações climáticas decorrentes de mudanças no uso da terra mediante sensoriamento remoto. *Mercator*, 9(1): p. 91-106.
- Silva, B. Barbosa; Braga, A. C.; Braga, C. C.; Oliveira, L. M. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Junior, B. B.; Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 1, p. 3- 8, 2016.
- Tasumi, Midori; Allen, R. Glen; Trezza, Ricardo (2008). At-Surface Reflectance And Albedo From Satellite For Operational Calculation Of Land Surface Energy Balance. *J. Hydrol. Engineering*, 13: P. 51-63.
- Wilks, Daniel (2006). Theoretical probability distributions. In: *Statistical methods in the atmospheric sciences*. San Diego: Academic Press.

## IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE RISCOS

**Luciano Lourenço**

Departamento Geografia e Turismo, CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra (Portugal)  
[luciano@uc.pt](mailto:luciano@uc.pt)

**Sofia Bernardino**

Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais e RISCOS, Universidade de Coimbra  
[sofia.bernardino.sb@gmail.com](mailto:sofia.bernardino.sb@gmail.com)

**Fernando Félix**

Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais e RISCOS, Universidade de Coimbra  
[ffelix@fl.uc.pt](mailto:ffelix@fl.uc.pt)

Entre os dias 23 e 26 de maio de 2017, a Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra foi palco da realização do IV Congresso Internacional de Riscos, que se centrou no tema específico da “Educação para o Risco”, tendo-se desenvolvido através de cinco grandes painéis:

1. Educação para a redução dos riscos, sensibilização para os riscos, percepção do perigo e cultura da segurança;
2. Teoria do risco: metodologia, conceptualização e epistemologia;
3. Análise e gestão de riscos: processos potencialmente perigosos (naturais e antrópicos) e vulnerabilidades;
4. Previsão, prevenção e mitigação de consequências de catástrofes;
5. Estudos de caso de plenas manifestações de riscos (acidentes graves e catástrofes) naturais, antrópicos (tecnológicos e sociais) e mistos (ambientais).

Tratou-se dum evento de grande escala, que congregou 363 inscritos, provenientes de 21 diferentes nacionalidades. Com efeito, ao longo dos três primeiros dias de Congresso, foram apresentados 274 trabalhos, dos quais 96 fizeram parte da exposição de posters científicos e 178 foram objeto de comunicação oral, resultando no envolvimento direto de 639 investigadores, oriundos também de 21 países diferentes.

#### Sessão de Abertura

A mesa da sessão de abertura foi presidida pelo Magnífico Reitor da Universidade de Coimbra, Prof. Doutor João Gabriel Silva e nela marcaram presença o Eng.º Pedro Lopes, Diretor Nacional de Bombeiros, em representação da Ministra da Administração Interna, o

Para se ficar com uma ideia mais precisa da forma como decorreu o Congresso, daremos conta, ainda que de modo genérico, de outras atividades científicas e institucionais, além das já referidas sessões de apresentação de comunicações que decorreram em simultâneo e que totalizaram vinte e quatro sessões paralelas, as quais decorreram tanto de manhã, depois das conferências matinais, como ao início das tardes, antes de outras atividades.

O Congresso iniciou-se, naturalmente, com a Sessão de Abertura, que teve lugar na manhã do dia 23, e concluiu-se, na tarde do dia 25, com a Sessão de Encerramento, embora no dia seguinte ainda tivessem decorrido as visitas técnicas, em número de três.

Cabe também referir que, na tarde do dia 24, decorreram em simultâneo uma mesa redonda, dedicada à educação, e um workshop, que versou sobre risco de incêndio florestal.

Por último, é de mencionar que o Congresso abriu todos os dias com uma conferência, a que acresce a de encerramento, ou seja, foram em número de quatro.

De algumas destas atividades, por serem consideradas das mais significativas, referimos a continuação mais alguns detalhes.

Dr. Jorge Alves, Vereador da Educação, em representação do Presidente da Câmara Municipal de Coimbra, o Prof. Doutor José Pedro Paiva, Diretor da Faculdade de Letras, e o Prof. Doutor Luciano Lourenço, Presidente da RISCOS (fot.1).

Todos os participantes da mesa usaram da palavra, não só para se congratularem com a realização do Congresso, mas também e sobretudo para salientarem o papel da educação na redução do risco e, ainda, para enaltecerem a importância da RISCOS na promoção e divulgação das ciências cindinicas, muito em particular junto do mundo lusófono.

Um dos momentos altos desta sessão foi assinalado pela homenagem feita a dois membros da RISCOS, materializada na atribuição dos “Prémios de Dedicção à Riscos”. Na componente “Operacional” foi distinguido o Coronel de Engenharia Alberto Maia e Costa, associado n.º 5, e na componente “Ciência” foi galardoado o Prof. Doutor António Betâmio de Almeida, sócio n.º 106 (fot.s 2 e 3).

Esta sessão, que encheu o auditório Paulo Quintela, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, contou com a presença de diversas individualidades, pertencentes a altas patentes militares e das forças de segurança, nomeadamente: Contra-Almirante António Manuel de Carvalho Coelho Cândido,

Diretor-Geral do Instituto Hidrográfico, em representação do Chefe de Estado-Maior da Armada; Major-General Vieira Borges, Comandante da Academia Militar; Coronel de Artilharia César Luís Henriques do Reis, Comandante do Regimento de Apoio Militar de Emergência, em representação do Chefe do Estado-Maior do Exército; Coronel Tirocinado João Carlos Magalhães, 2.º Comandante da Brigada de Intervenção, em representação do Comandante da Brigada; Coronel de Engenharia Alberto Maia e Costa, Presidente da Assembleia Geral da RISCOS; Major João Fernando de Sousa Caleiras, em representação do Comandante Geral da Guarda Nacional Republicana; Subintendente António Dinis Nobre Monteiro, em representação do Comandante Distrital da Polícia de Segurança Pública (fot.4) .

Entre os presentes (fot. 5), contavam-se também representantes de diversas outras entidades ligadas ao planeamento e ordenamento do território, à educação e aos riscos, designadamente: Vice-Presidente da CCDRC



**Fot. 1** - Aspeto da sessão de abertura do IV Congresso Internacional de Riscos, quando intervém a Vice-Presidente da RISCOS, Prof.ª Doutora Adélia Nunes.

*Photo 1 - View of the opening session of the IV International Congress on Risks, during the speech of the Vice President of RISCOS, Prof. Adélia Nunes.*



**Fot. 3** - Pormenor da atribuição do prémio “Dedicção à Riscos” ao Prof. Doutor Betâmio de Almeida, que lhe foi entregue pelo Diretor da Faculdade de Letras.

*Photo 3 - Detail of the attribution of the “Dedication to Risks” award to Prof. Doctor Betâmio de Almeida, by the Director of the Faculty of Arts.*



**Fot. 2** - Momento de atribuição do prémio “Dedicção à Riscos” ao Coronel Eng.º Alberto Maia e Costa, pelo Magnífico Reitor da Universidade de Coimbra.

*Photo 2 - Moment of the attribution of the “Dedication to Risks” award to Colonel Eng. Alberto Maia e Costa, by the Magnificent Rector of the University of Coimbra.*



**Fot. 4** - Aspeto da assistência durante a sessão de abertura.

*Photo 4 - View of the crowd during the opening session.*

- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, Dr. António Júlio Veiga Simão; Presidente da Direção da Associação de Professores de Geografia, Dr.ª Emília Sande Lemos; Dr. Nelson Bettencourt, em representação do Presidente do Serviço Regional de Proteção Civil da Madeira, que só pôde chegar no dia seguinte; Eng.ª Susana Silva, em representação do Presidente da Escola Nacional de Bombeiros; Sr. Carlos Ferreira, em representação do Presidente da Direção da Associação Nacional dos Bombeiros Profissionais; Dr.ª Maria Madalena Ribeiro Carrito, da Divisão de Comunicação e Sensibilização, bem como diversos outros técnicos e operacionais da Autoridade Nacional de Proteção Civil.



Fot. 5 - Vista da audiência da sessão de abertura.  
Photo 5 - View of the audience of the opening session.

## Conferências

O Congresso contou com a presença de quatro conferencistas convidados, especializados em diferentes tipos de riscos, que proferiram as conferências de abertura dos trabalhos ao início da manhã de cada um dos dias e, também, a de encerramento.

A conferência de abertura do Congresso, decorreu obviamente durante a sessão de abertura, pelo que teve lugar na manhã do dia 23. Foi proferida pela Doutora Irina Pavlova (fot. 6), da Secção da Redução de Riscos Naturais, da Divisão de Ecologia e Ciências da Terra, da UNESCO, tendo abordado o tema “*O papel da UNESCO na Educação e ciência - um importante contributo para a redução dos riscos de catástrofes*”, com moderação da Professora Doutora Fátima Velez, da Faculdade de Letras.

No dia seguinte, 24 de maio, a manhã abriu com a conferência do Eng.º Alan Ager, dos Serviços Florestais dos Estados Unidos da América, moderada pelo Eng.º Tiago Oliveira (*The Navigator Company*) (fot. 7), trazendo para debate o tema “*O planeamento da paisagem como*

*forma de mitigar o risco de incêndio florestal - alguns exemplos de erros de escala no oeste dos EUA*”.

No dia 25, quarta-feira, realizaram-se duas conferências. A habitual, no início da manhã, com moderação do Tenente-General António Campos Gil, versou sobre “*Velhos Riscos, Novas Ameaças*”, tendo sido proferida pelo Major Sérgio Trindade, Chefe da Repartição CIMIC/Assuntos Cívicos/G9, do Comando das Forças Terrestres do Exército Português (fot. 8), que trouxe para reflexão um tipo de risco que é pouco habitual nestes fóruns, mas que cada vez é mais importante pela sua atualidade, no mundo global em que vivemos.

A segunda conferência deste dia 25 decorreu ao final da tarde, integrada na sessão de encerramento do Congresso. A moderação esteve a cargo da Professora Doutora Adélia Nunes, da Faculdade de Letras, e foi proferida pelo Professor Doutor Sérgio Claudino (fot. 9), do IGOT - Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, da Universidade de Lisboa, tendo versado sobre “*Educação, Riscos e Currículos Escolares*”.



Fot. 6 - Doutora Irina Pavlova, Conferencista Convidada da UNESCO.

Photo 6 - Dr. Irina Pavlova, invited key Note speaker of UNESCO.



Fot. 7 - Eng.º Alan Ager, conferencista convidado, dos EUA, à direita, acompanhado pelo moderador da sessão, Eng.º Tiago Oliveira, da *Navigator Company*, à esquerda.

Photo 7 - Eng. Alan Ager, invited key Note speaker, from USA, on the right, accompanied by session moderator, Eng. Tiago Oliveira, from the *Navigator Company*, on the left.



**Fot. 8** - Pormenor da conferência proferida pelo Major Sérgio Trindade (à direita), com moderação do Tenente-General António Campos Gil (à esquerda).

*Photo 8 - Detail of the conference given by Major Sérgio Trindade (on the right), moderated by Lieutenant General António Campos Gil (on the left).*

Todas estas conferências foram muito participadas e deram origem a vivos debates, que tiveram sempre como pano de fundo o papel da educação

#### Mesa Redonda sobre “Mais Educação, Menos Risco”

A encerrar os trabalhos do dia 24 e com moderação da Professora Doutora Ana Teresa Peixinho, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, realizou-se uma mesa redonda, sobre “*Mais Educação, Menos Risco*”, que, na primeira parte, contou com a apresentação de dois projetos educativos relacionados com a redução do risco, um deles internacional, patrocinado pela UNESCO e a decorrer na América do Sul, apresentado pela Doutora Irina Pavlova e, o outro, de cariz nacional, dado



**Fot. 10** - Pormenor da apresentação dos dois projetos educativos para a redução de riscos, com o Dr. Jorge Lage, Coordenador Distrital do PROSEPE, e a Doutora Irina Pavlova, da UNESCO, à direita, numa sessão moderada pela Doutora Ana Teresa Peixinho, à esquerda.

*Photo 10 - Detail of the presentation of the two educational projects for risk reduction, by Dr. Jorge Lage, District Coordinator of PROSEPE, and by Dr. Irina Pavlova of UNESCO, on the right, in a session moderated by Prof. Dr. Ana Teresa Peixinho, on the left.*



**Fot. 9** - O Prof. Doutor Sérgio Claudino, do IGOT, durante a sua Conferência.

*Photo 9 - Prof. Dr. Sérgio Claudino, from IGOT, during his Conference.*

na redução do risco e, por conseguinte, a redução das consequências das suas plenas manifestações, materializadas pelas catástrofes.

a conhecer pelo Dr. Jorge Lage, enquanto Coordenador Distrital (Braga) do PROSEPE - Projeto de Sensibilização e Educação da População Escolar (fot. 10).

Na segunda parte desta mesa redonda foi dada voz aos representantes das instituições que têm responsabilidades na gestão dos riscos que mais afetam Portugal (fot. 11), designadamente à Autoridade Nacional de Proteção Civil, representada pelo Eng.º Carlos Mendes, Diretor



**Fot. 11** - Mesa redonda sobre “Mais Educação, Menos Risco”, com representantes da APA (Eng.ª Celina Carvalho), ICNF (Eng.º Rui Almeida), à esquerda, e ANPC (Eng.º Carlos Mendes), à direita, numa sessão moderada pela Doutora Ana Teresa Peixinho (FLUC), ao centro.

*Photo 11 - Roundtable on “More Education, Less Risk”, with representatives of the APA (Eng. Celina Carvalho), ICNF (Eng. Rui Almeida) on the left, and ANPC (Eng. Carlos Mendes) in a session moderated y Prof. Dr. Ana Teresa Peixinho (FLUC), in the center.*

de Serviços de Riscos e Planeamento; ao Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, representado pelo Eng.º Rui Almeida, Chefe de Divisão de Defesa da Floresta e Valorização de Áreas Públicas; e à Agência Portuguesa do Ambiente, representada pela Eng.ª Celina Carvalho, Diretora Regional da Administração da Região Hidrográfica do Centro.

Além dos participantes estrangeiros, a assistência a esta sessão (fot.12) ficou também marcada pela presença de um grande número de participantes provenientes das entidades envolvidas, com destaque para elementos tanto da Proteção Civil como do Instituto de Conservação da Natureza e Florestas e, ainda, de Professores de diferentes estabelecimentos e níveis de ensino.

### Workshop sobre Incêndios Florestais

Aproveitando a deslocação a Portugal do Eng.º Alan Ager, a RISCOS promoveu também, na tarde do dia 24 e em colaboração com o Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas, a *The Navigator Company* e a Associação Nacional dos Municípios Portugueses, um *workshop* sobre incêndios florestais, dirigido sobretudo a um público-alvo especializado, de carácter técnico-profissional, uma vez que se abordou o tema “*Faixas de Gestão de Combustíveis: uma ferramenta de apoio à decisão, para a gestão de combustíveis à escala da paisagem*”.

O workshop decorreu no auditório da Associação Nacional dos Municípios Portugueses, em Coimbra, e contou com a presença de mais de uma centena de participantes, vindos de norte a sul do País, na sua grande maioria técnicos e profissionais dos Gabinetes Técnicos Florestais e do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas, pois representam as competências e responsabilidades diretas na gestão dos espaços florestais em Portugal.

A sessão teve início com uma intervenção do Professor Doutor Luciano Lourenço, na qualidade de promotor do workshop, a que se seguiram intervenções do Eng.º Rui Almeida, do ICNF, sobre “Exploração de ferramentas de informação para incêndios florestais e para acesso em web” e do Professor Paulo Fernandes, da UTAD, sobre o “Estado da Arte” referente às faixas de gestão de combustível. Depois, seguiu-se uma exposição mais longa, do já antes mencionado Eng.º Alan Ager, um reputado especialista em gestão florestal e na implementação de faixas de gestão de combustíveis (fot. 13).

Seguiu-se uma mesa redonda, para debate do Sistema de Defesa da Floresta Contra Incêndios (SDFCI), que foi moderada pelo Eng.º Tiago Oliveira, da *The Navigator Company*, e que contou com representantes dos três pilares institucionais de DFCL: Comandante Operacional de Agrupamento Distrital de Operações de Socorro do Centro



Fot. 12 - Aspeto da assistência à conferência sobre “*Mais Educação, Menos Risco*”.

*Photo 12 - View of the audience attending the conference on “More Education, Less Risk”.*



Fot. 13 - Intervenientes do workshop sobre “*Faixas de gestão de combustíveis*”. Em cima: à esquerda, Prof. Doutor Luciano Lourenço, da UC, e à direita, Eng.º Rui Almeida do ICNF. Em baixo, à esquerda, Prof. Doutor Paulo Fernandes, da UTAD, e à direita, Eng.º Alan Ager, dos EUA.

*Photo 13 - Participants in the workshop on “Fuel management bands*. Top left : Prof. Dr. Luciano Lourenço, from UC, and to the right, Eng. Rui Almeida from ICNF. Below left, Prof. Dr. Paulo Fernandes, from UTAD, and on the right, Eng. Alan Ager, from the USA.

Sul, Dr. Luís Manuel Belo Costa, da Autoridade Nacional de Proteção Civil; Chefe de Divisão de Gestão Operacional e Fiscalização Eng.º Rui Rosmaninho, do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas; Major João Fernando de Sousa Caleiras, da Guarda Nacional Republicana, contando também com a participação dos Professor Paulo Fernandes, da UTAD, e do Eng.º Alan Ager, dos EUA, especialista em prevenção (fot.14).

O balanço deste workshop não podia ter sido mais positivo, não só por ter esgotado completamente a capacidade do auditório (fot.15), mas também e sobretudo pela qualidade da discussão promovida em torno das faixas de gestão de combustível.



**Fot. 14** - Aspeto da mesa redonda, durante o debate do Sistema de Defesa da Floresta Contra Incêndios. Da esquerda para a direita: Major João Fernando de Sousa Caleiras (GNR); CADIS Dr. Luís Belo Costa (ANPC), Eng.º Rui Rosmaninho (ICNF), Prof. Paulo Fernandes (UTAD), Eng.º Tiago Oliveira (*Navigator*) e Eng.º Alan Ager (USDA Forest Service).

*Photo 14* - View of the roundtable, during the debate on the Forest Wildfire Defence System . From left to right: Major João Fernando de Sousa Caleiras (GNR); CADIS Dr. Luís Belo Costa (ANPC), Eng. Rui Rosmaninho (ICNF), Prof. Paulo Fernandes (UTAD), Eng. Tiago Oliveira (*Navigator*) and Eng. Alan Ager (USDA Forest Service).



**Fot. 15** - Vista geral da assistência durante o Workshop sobre incêndios florestais realizado no auditório da ANMP, Coimbra.

*Photo 15* - Overview of the audience during the Workshop on forest fires held in the auditorium of ANMP, Coimbra.

#### Prémio Melhor Poster Científico de Jovem Investigador

Após a realização do workshop sobre “Faixas de Gestão de Combustíveis” e da mesa redonda sobre “Mais Educação, Menos Risco”, o programa da tarde do dia 24 terminou com a apresentação dos posters científicos dos jovens investigadores que participaram no concurso promovido pela RISCOS (fot.16).

Com efeito, a associação RISCOS decidira promover um concurso que designou “melhor poster científico de jovem investigador”, para promover a realização de estudos científicos sobre Riscos, Perigos e Crises e, também, como forma de incentivar a investigação junto dos mais jovens, em que os três melhores posters submetidos ao concurso seriam premiados.

De entre as regras estabelecidas, além da idade do investigador candidato, até 35 anos, destaca-se a qualidade do trabalho e a apresentação oral do trabalho (um momento especial para divulgação, pela visibilidade de que se revestiu) a um júri que foi constituído por três associados da RISCOS, membros da Comissão Científica do Congresso: a Professora Doutora Adélia Nunes (em representação da Comissão Organizadora), o Professor Doutor António Betâmio de Almeida (representante nacional) e a Professora Doutora Carla Juscélia Souza (representante estrangeiro), que de forma muito empenhada, questionaram os participantes e



**Fot. 16** - Aspetos da apresentação de posters científicos de jovens investigadores realizada na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

*Photo16* - Views of the presentation of scientific posters of young researchers held at the Faculty of Arts of the University of Coimbra.



classificando cada trabalho de acordo com uma série de parâmetros pré-estabelecidos, procederam à respetiva avaliação. Dos 96 posters expostos, foram submetidos a concurso 16.

Os vencedores foram revelados durante a sessão de encerramento e, para além desse momento que ficará marcado na memória de cada um, levaram para casa uma pequena lembrança, de valor mais simbólico do que material, para mais tarde recordarem esse momento marcante na iniciação de uma carreira que desejamos brilhante.

### Sessão de encerramento

A mesa da sessão de encerramento, sob a presidência do Presidente da Direção da RISCOS Prof. Doutor Luciano Lourenço, contou com representantes dos seus três Órgãos Sociais, o Prof. Doutor Romero Bandeira, Presidente do Conselho Fiscal, o Prof. Doutor João Vítor Silva Pereira, Vice-Presidente da Assembleia Geral e a Prof.ª Doutora Fátima Velez de Castro, Secretária-Tesoureira da Direção, bem como com o Diretor do Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras, Prof. Doutor Norberto Santos, e com o Coordenador do Grupo 1 do CEGOT - Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Prof. Doutor Lúcio Cunha (fot. 17), tendo servido não só para relatar as conclusões retiradas dos três dias de intenso trabalho, a cargo da Doutora Fátima Velez, mas também para revelar as datas dos próximos Encontros de Riscos.

Assim, no ano de 2018, em colaboração com o Serviço Municipal de Proteção Civil de Lisboa, realizar-se-á o XI Encontro Nacional de Riscos que, 30 anos depois, irá refletir tanto sobre o “Incêndio do Chiado”, a última catástrofe que assolou a cidade de Lisboa, bem como sobre outros grandes incêndios urbanos, centrando-se por isso na temática dos “Incêndios Urbanos”.

No ano seguinte, em 2019, será a vez de realizar o III Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, a organizar

### Visitas técnicas

O dia 26, sexta-feira, último dia do Congresso, ficou reservado à realização de viagens de estudo, que se consumaram com a realização de três visitas técnicas, dedicadas à observação dos três tipos de manifestações de riscos mais frequentes no centro de Portugal:

- (i) incêndios florestais, visita que percorreu a área afetada pelo maior incêndio de 2016;
- (ii) erosão costeira, uma viagem por uma área litoral, frequentemente ameaçada por investidas do oceano;

Os jovens investigadores vencedores do concurso foram, respetivamente:

- 1.º lugar - Carolina Hotta, com o poster “*Metodologias para a hierarquia de riscos de desastres: um estudo comparativo em Santos/SP, Brasil*”;
- 2.º lugar - David Espín Sánchez, com o poster “*Seismic risk assessment and damage estimation of the axis Caravaca-Cehegin-Bullas area, Murcia region, Spain*”;
- 3.º lugar - Fernanda Gonçalves Rocha, com o poster “*Características Atmosféricas de grandes escala em evento climático extremo na Bahia*”).

em colaboração com a Universidade Federal da Uberlândia, pelo que decorrerá nesta cidade do Estado de Minas Gerais, no Brasil, de 17 a 20 de junho de 2019 .

Em 2020, regressaremos à cidade de Coimbra, onde terá lugar o V Congresso Internacional de Riscos, esperando uma conjuntura económica mais favorável do que a atual, por forma a permitir uma maior participação de investigadores e operacionais.

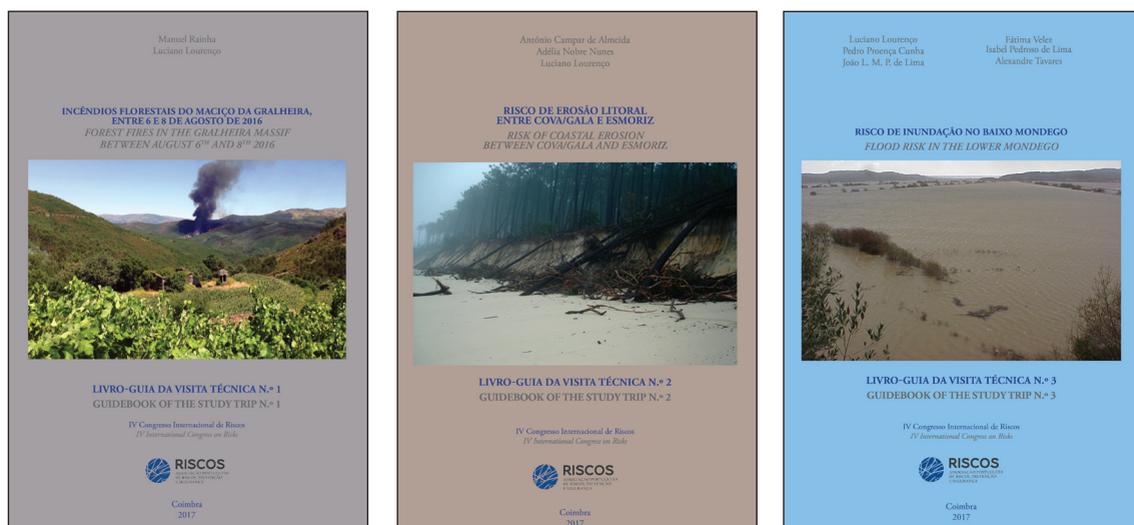


Fot. 17 - Vista da mesa de encerramento do IV Congresso Internacional de Riscos.

Photo 17 - View of the closing table of the IV International Congress on Risks.

- (iii) inundações, uma visita no vale do Mondego, a montante e jusante de Coimbra.

As viagens foram guiadas por técnicos profissionais e investigadores científicos profundamente conhecedores do risco associado a cada um dos temas em análise, tendo sido facultado a todos os participantes um livro-guia (fot.18) que serviu para complementar alguma informação, a qual agora pode também ser consultada na página web da RISCOS <http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/pub/guias>.



Fot. 18 - Capas dos livros-guia das visitas técnicas realizadas no âmbito do IV Congresso Internacional de Riscos, para observação de diferentes manifestações de riscos.

*Photo 18 - Covers of the guidebooks of the technical visits carried out within the scope of the IV International Congress on Risks, to observe different manifestations of risks.*

#### VT 1 - Maciço da Gralheira (Incêndios florestais)

A primeira delas, versou sobre risco de incêndio florestal, aquele que mais afeta Portugal, tendo por destino os incêndios florestais que, entre 6 e 8 de agosto de 2016, afetaram o maciço da Gralheira (fot.19). Esta viagem teve a orientação do Prof. Doutor Luciano Lourenço, da FLUC, e do Eng.º Manuel Rainha, do ICNF, que enquanto especialistas em incêndios florestais, respetivamente nas vertentes científica e técnico-operacional, explicaram a importância das boas práticas de prevenção, o comportamento do incêndio e os seus efeitos.

Ficaram bem patentes os benefícios, entre outras práticas, do uso do fogo controlado em pequenas parcelas,

como forma eficaz de prevenir e gerir a intensidade e propagação de incêndios florestais, bem como de obter uma regeneração mais rápida e homogênea da vegetação nas áreas ardidas, através de exemplos observados na Serra de S. Macário.

Apesar de terem decorrido mais de nove meses sobre a manifestação do risco de incêndio nas serras da Gralheira, as suas consequências ainda estavam bem marcadas na paisagem. Tratando-se de uma região com elevada reincidência de incêndios, este contribuiu fortemente para a degradação da paisagem, dada a extensa área que queimou.



Fot. 19 - Aspetos da visita técnica n.º 1, ao Maciço da Gralheira, para observação das áreas afetadas pelos incêndios que ocorreram entre 6 e 8 de agosto de 2016.

*Photo 19 - Views of technical visit no. 1, to the Gralheira Massif, to observe the areas affected by the forest fires that occurred between 6 and 8 of August, 2016.*

## VT 2 - Litoral Centro Norte (Erosão costeira)

A segunda visita, orientada pelo Professor Doutor António Campar de Almeida, da FLUC, destinou-se a analisar o risco de erosão costeira (fot. 20), no litoral compreendido entre Cova/Gala e Esmoriz, área que tem registado o maior recuo da linha de costa de Portugal e que, conseqüentemente, tem colocado em

perigo a segurança das populações, bens e atividades aí presentes. Ficou patente a pressão humana exercida na zona costeira e a necessidade de adoção de atitudes de segurança e prevenção, assentes num planeamento do território pensado, que evite a materialização deste tipo de riscos com efeitos negativos para as populações.



Fot. 20 - Aspetos da visita técnica n.º 2. Conseqüências da erosão litoral na praia de S. Pedro da Maceda (à esquerda) e a Praia da Cova/Gala (à direita).

*Photo 20 - Views of technical visit no. 2. Consequences of coastal erosion on S. Pedro da Maceda beach (on the left) and Cova / Gala beach (on the right).*

## VT 3 - Vale do rio Mondego (Inundações)

Por sua vez, a terceira visita foi dedicada a um risco particularmente sentido nas imediações de Coimbra e que diz respeito ao risco de inundação do Baixo Mondego, tendo contado com a orientação de cinco docentes da UC: Prof.<sup>a</sup> Doutora Fátima Velez de Castro, do Departamento de Geografia e Turismo (FLUC); Prof. Doutores Pedro Proença e Alexandre Tavares, do Departamento de Ciências da Terra (FCTUC); Prof. Doutores Isabel Pedroso de Lima e João Pedroso de Lima, do Departamento de Engenharia Civil (FCTUC).

Nesta visita foram analisados diversos aspetos relativos às conseqüências das cheias do rio Mondego, entre eles a evolução da percepção do risco por parte das populações que se encontram em áreas de inundação, antes e depois da construção da barragem da Aguieira (fot. 21).

Apesar de terem decorrido mais de quinze anos sobre a última grande inundação do Baixo Mondego, ainda foi possível observar alguns dos danos que ela provocou.



Fot. 21 - Aspetos da visita técnica n.º 3: Barragem da Aguieira (à esquerda) e ponte pedonal no Baixo Mondego, junto ao Centro Náutico de Montemor-o-Velho (em baixo).

*Photo 21 - Views of technical visit no. 3: Aguieira Dam (on the left) and pedestrian bridge in Baixo Mondego, near the Nautical Centre of Montemor-o-Velho (on the right).*

## Oferta turística

Tendo em conta o número de participantes estrangeiros que esta reunião científica acolheu, a RISCOS promoveu também algumas atividades com o objetivo de dar a conhecer, aos participantes e acompanhantes, o património cultural da cidade de Coimbra.

144

De entre elas destacou-se, no final dos trabalhos do primeiro dia, a realização de uma visita noturna aos espaços nobres da Universidade de Coimbra (fot. 22), onde os participantes tiveram a oportunidade de conhecer os espaços mais emblemáticos, com destaque para a Biblioteca Joanina, a Prisão Académica, a Sala dos Capelos e a Capela de São Miguel.

O ambiente noturno proporcionou uma nova perspectiva tanto da Universidade como da cidade, bem diferente daquela de que se desfruta durante a habitual visita diurna e que, apesar do cansaço sentido no final do dia, muito agradou aos participantes.

## Conclusão

A realização desta reunião científica, acreditada tanto pela Escola Nacional de Bombeiros, enquanto ação de formação para os bombeiros a registar no RNBP, como pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua, como ação de formação para Professores, ficou caracterizada pela presença de uma grande diversidade de instituições e entidades, que trouxeram até Coimbra especialistas, técnicos, professores, estudantes, operacionais e outros profissionais de várias áreas, nacionais e estrangeiros. Todos eles se deslocaram motivados pelo seu interesse por temáticas que envolvem abordagens multidisciplinares, sobre os variados domínios de saberes cindínicos, tais como: conceptualização e análise de risco; previsão, prevenção e mitigação das consequências de catástrofes; e estudo de casos de plenas manifestações de riscos, nomeadamente quando visam promover o exercício de uma cidadania ativa,



Fot. 22 - Visita noturna aos espaços na Univ. de Coimbra.

*Photo 22 - Night visit to the spaces at the Univ. of Coimbra.*

no que concerne à prevenção dos riscos e à mitigação das suas consequências, dando ênfase à importância de que se reveste a educação, a qual constitui uma das mais importantes e poderosas ferramentas na construção de novos conceitos, na mudança de hábitos e no diálogo intergeracional.

Neste contexto, a promoção de uma cultura de segurança, através da educação, representa um desafio transversal à sociedade, por envolver tanto as comunidades escolar e científica, como os agentes e as instituições de proteção civil e de emergência, e sobretudo cada cidadão, nas suas ações individuais e/ou coletivas.

Estamos certos de que o IV Congresso Internacional de Riscos contribuiu para ajudar a alcançar este desiderato, promovendo a segurança e reduzindo os riscos através de educação.

## PRÉMIO “DEDICAÇÃO À RISCOS”

Fernando Félix

Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais e RISCOS, Universidade de Coimbra (Portugal)  
[ffelix@fl.uc.pt](mailto:ffelix@fl.uc.pt)

Luciano Lourenço

Departamento Geografia e Turismo, CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra (Portugal)  
[luciano@uc.pt](mailto:luciano@uc.pt)

A Direção da RISCOS, em reunião do passado dia dois de fevereiro de 2017, analisou uma proposta para criação de um prémio, de valor meramente simbólico, a instituir na Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, destinado a distinguir anualmente dois Associados que, pelos seus feitos e dedicação à Associação RISCOS, sejam merecedores de tal distinção. Um dos prémios seria atribuído a um associado que, na área científica, se distinguisse pela sua dedicação à RISCOS e, o outro, destinar-se-ia aos associados que, não sendo académicos, pela mesma razão se distinguissem na componente operacional.

Depois da análise que foi efetuada e tendo sido ponderados diferentes aspetos inerentes à criação desse prémio, foi entendido que ele poderia estimular uma maior aproximação dos associados às atividades da RISCOS e, por isso, a proposta foi aprovada por unanimidade.

Foi também deliberado que o prémio então instituído viria a ser constituído por uma peça ornamental a conceber em material acrílico, com alusão à RISCOS e com uma referência ao tipo de prémio, gravada em chapa metálica (fig.1), bem como por um certificado (fig.2) que atestaria a atribuição do Prémio “Dedicação” à RISCOS aos associados que viessem a ser distinguidos, respetivamente nas componentes “Ciência” e “Operacionalidade”.

Depois de analisar os méritos de vários associados que seriam merecedores de tal distinção, a Direção deliberou que os prémios referentes ao ano de 2016 seriam atribuídos aos associados Coronel Engenheiro Alberto Maia e Costa (componente operacional) e ao associado Professor Engenheiro António Betâmio de Almeida (mérito científico) por, neste ano de 2016, se terem destacado em termos de dedicação à RISCOS.

A entrega dos prémios aos galardoados decorreu no dia 23 de maio de 2017, durante a Sessão de Abertura do IV Congresso Internacional de Riscos, realizada no Teatro



Fig. 1 - Vista geral da peça produzida em material acrílico, que constitui o prémio "Dedicação à RISCOS".

*Fig. 1 - General view of the piece produced in acrylic material, which constitutes the "Dedication to RISCOS" award.*

Paulo Quintela da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. O Magnífico Reitor da Universidade de Coimbra, Prof. Doutor João Gabriel Silva, que presidiu à sessão, fez a entrega do prémio “Operacionalidade” ao Coronel Eng.º Alberto Maia e Costa e o Diretor da Faculdade de Letras, Prof. Doutor José Pedro Paiva, procedeu à entrega do prémio “Ciência” ao Prof. Eng.º António Betâmio de Almeida

O bom acolhimento que esta iniciativa granjeou junto dos associados presentes incentiva a que se lhe dê continuidade nos próximos anos, pois trata-se de uma ação que mais não visa do que demonstrar publicamente o agradecimento e o reconhecimento da Associação pela qualidade do trabalho desenvolvido pelos seus associados e que muito contribui para elevar o prestígio e o nome da RISCOS.

É natural que, de futuro, a entrega destes prémios possa ser realizada numa cerimónia concebida especialmente para esse efeito e sem que os homenageados sejam colhidos de surpresa, como aconteceu nesta primeira atribuição, pelo que sendo previamente informados, poderão preparar uma intervenção e usar da palavra

durante o ato, o que poderá contribuir para dar maior relevo aos premiados e maior dignidade à cerimónia. Se vier a ser esta a decisão, as intervenções dos galardoados serão divulgadas nos próximos números da *Territorium*.

Parabéns aos homenageados!



Fig. 2 - Reprodução dos certificados entregues aos galardoados com os Prémios de "Dedicção à RISCOS".

Fig. 2 - Reproduction of the certificates handed out to the winners of the "Dedication to RISCOS" Prizes.



RISCOS



## ALCAFACHE 30 ANOS DEPOIS

147

Fátima Velez de Castro

Departamento de Geografia e Turismo, CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra (Portugal)  
[velezcastro@fl.uc.pt](mailto:velezcastro@fl.uc.pt)

O livro “Alcafache 30 anos depois”, coordenado por Luciano Lourenço e publicado pela Imprensa da Universidade de Coimbra, resulta da compilação de trabalhos apresentados durante a realização do X Encontro Nacional de Riscos e II Jornadas Técnicas dos Bombeiros do Distrito de Viseu, que decorreram no dia 28 de maio de 2016, na cidade de Viseu.

Contudo, não se trata de um livro de atas, mas antes de uma obra onde está patente a discussão em torno dos riscos associados ao transporte ferroviário, tendo como base analítica o acidente de Alcafache, ocorrido a 11 de Setembro de 1985.

O livro parte da análise global dos acidentes ferroviários para depois, descendo de escala, se centrar na escala local, de modo a dar a compreender o entorno da referida catástrofe, com o objetivo de serem fornecidos elementos úteis a todos aqueles que poderão vir a prestar auxílio em situações semelhantes de plena manifestação de risco, ou seja, de crise na ferrovia.

“Alcafache 30 anos depois” é composto por 7 capítulos. O primeiro, da autoria de Ricardo Fernandes, procura fornecer uma panorâmica sobre os grandes acidentes ferroviários, a partir de uma análise multiescalar (mundial, europeia e nacional). A ideia é encontrar linhas de continuidade entre as diversas situações, que permitam identificar formas de atuação eficazes, as quais possam dar resposta a acidentes com características semelhantes, embora em territórios diferentes.

Cristina Queirós, Sérgio Fonseca, Fabienne Guimarães e Vitor Martins, assinam o segundo capítulo dedicado à dimensão do fator humano na segurança rodoviária, particularizando os estados emocionais dos profissionais do ramo. Os investigadores partem da identificação de situações stressantes para os trabalhadores da ferrovia, estudando as consequências que a exposição a este tipo de contextos lhes poderá provocar, nomeadamente em termos de stress pós traumático. Defendem que a gestão do stress e prevenção do trauma poderá evitar ações negativas por parte destes profissionais, ou seja, ajudará a mitigar a probabilidade de ocorrência de erros humanos no transporte ferroviário.

Os dois capítulos seguintes referem-se a casos internacionais de relevo. Assim, o terceiro, assinado por

Patrick Hertgen, Lautre Droin e Romero Bandeira, diz respeito à organização do socorro em acidentes ferroviários, tomando como exemplo o caso de França. Trata-se de uma abordagem descritiva e explicativa da estrutura organizacional e operacional do SSSM - *Service de Santé et de Secours Medical* - sendo que se particulariza o caso francês da organização do socorro em acidentes ferroviários. O quarto capítulo é da autoria de José Antonio Iglesias Vazquez, Mario Lopez Pérez e Viviane Ferreira Leite, que tratam o caso do acidente ferroviário de Angrois - Santiago de Compostela (24 de Julho de 2013), em termos de organização da assistência às vítimas, mais especificamente o atendimento inicial pré-hospitalar e o alerta e preparação da recepção hospitalar. Este acidente constituiu-se como uma oportunidade de colocar em prática simulações e

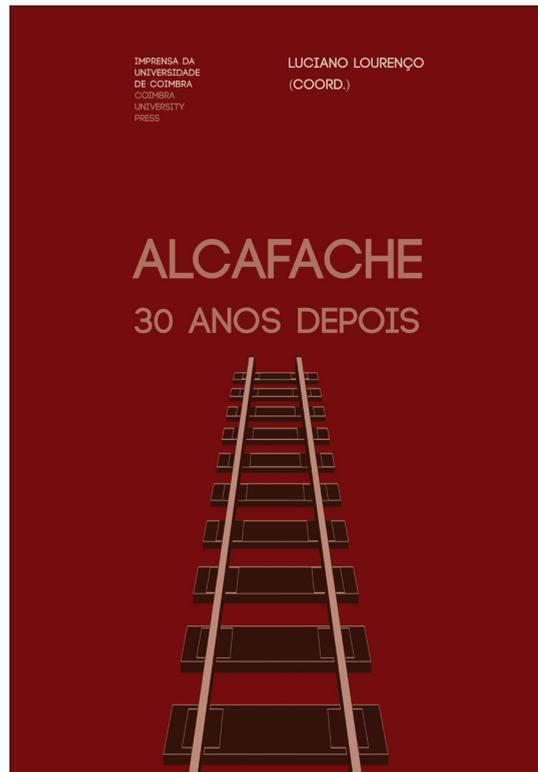


Fig. 1 - Frontispício do livro Alcafache. 30 anos depois (Fonte: <http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/src/SRCV>).

Fig. 1 - Frontispiece of the book Alcafache. 30 years later (Source: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos\\_eng/src/SRCV](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos_eng/src/SRCV)).

exercícios anteriores, que puderam ser avaliados e melhorados após o socorro e que permitem mostra como evoluiu o socorro às vítimas de acidentes ferroviários no lapso de tempo que mediou entre os dois acidentes ferroviários, ou seja, em 28 anos.

148

Nesta linha casuística, Maria Gouveia e Luciano Lourenço, no quinto capítulo, refletem sobre um estudo de caso registado recentemente em Portugal, mais propriamente sobre a ocorrência da linha do Tua (12 de Fevereiro de 2007). A partir da análise de revistas, entrevistas e reportagens da altura, os autores reconstituem a sequência dos acontecimentos, colocando a tónica na análise do socorro, dos meios envolvidos e da situação específica de cada uma das vítimas.

Depois da reflexão efetuada em torno do quadro epistemológico e dos casos práticos relacionados com o risco de acidentes rodoviários, a última parte do livro é dedicada à catástrofe de Alcaface (11 de Setembro de 1985). No sexto capítulo, José Laranjeira, Albano Ribeiro de Almeida e Américo Pais Borges (à época, respetivamente, Presidente do Serviço Nacional de Bombeiros, Inspetor Regional de Bombeiros do Centro e Comandante do Corpo de Bombeiros de Canas de Senhorim), descrevem aspetos relacionados com o acidente e, em particular,

com a forma como então foi prestado o socorro às vítimas. Além disso, discutem a influência que este caso teve para a melhoria das condições de segurança nas vias férreas e também para a ampliação dos conhecimentos da medicina de catástrofe.

O sétimo e último capítulo é da autoria de António Cabral de Oliveira, que dá a conhecer, a partir da sua visão de jornalista que no local acompanhou o acidente, o cenário trágico das horas que se seguiram ao acidente.

“Alcaface 30 anos depois” constitui, assim, uma obra de referência na área dos riscos, pois parte de uma discussão mais ampla em torno do enquadramento conceptual e teórico no domínio dos riscos “tecnológicos” ligados aos meios de transporte ferroviário, à escala internacional, para desembocar numa discussão analítica de casos particulares de estudo em França, Espanha e Portugal. No caso nacional, além do acidente da linha do Tua, ganha ênfase Alcaface, não só pela efeméride (30 anos), mas também pelos danos materiais e pelas consequências catastróficas em termos de perdas humanas. Desta forma, o leitor pode contar com uma obra que traz a público um importante contributo para a discussão do paradigma de prevenção e de resposta a acidentes desta natureza.

## A TRANSIÇÃO FLORESTAL E A GOVERNANÇA DO RISCO DE INCÊNDIO EM PORTUGAL NOS ÚLTIMOS 100 ANOS

149

João Ferrão

Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa (Portugal)  
[joao.ferrao@ics.ulisboa.pt](mailto:joao.ferrao@ics.ulisboa.pt)

A tese de doutoramento de Tiago Martins de Oliveira é tão ambiciosa quanto necessária. De facto, recolher, sistematizar e analisar informação relativa a 100 anos é um trabalho de monta, apenas possível dado o entusiasmo e persistência do autor e a sua capacidade invulgar de mobilizar, dentro e fora da academia, uma rede de contactos e colaborações individuais e institucionais de natureza muito diversa. Quanto à necessidade do trabalho desenvolvido, se já era amplamente reconhecida durante a sua elaboração tornou-se, pelas piores razões, indiscutível após a tragédia que ocorreu em Pedrógão Grande a 17 de junho de 2017, escassas 3 semanas antes da realização das provas de doutoramento em que esta obra foi apresentada e discutida: 64 mortos, mais de 250 feridos, 200 habitações destruídas, um número idêntico de postos de trabalho afetados, milhares de hectares arditos e muitos milhares de euros de prejuízos.

A obra tem como ponto de partida uma verificação empírica: depois de um processo milenar de desflorestação, em meados do século XIX iniciou-se em Portugal um período de expansão da área arborizada que começa a desacelerar a partir de 1970 e que se inverte duas décadas mais tarde, quando a incidência de sucessivos fogos, afetando o equivalente a metade da área do país, induz um decréscimo da superfície florestal.

Esta verificação empírica vem acompanhada por uma tese: durante o Portugal rural 'tradicional', descrito por Orlando Ribeiro e outros autores, a expansão florestal ocorre tendo por base soluções informais e locais de conhecimento e de gestão da floresta e do território desenvolvidas pelas comunidades; a evolução demográfica e socioeconómica entretanto verificada em muitas áreas rurais - emigração, despovoamento, envelhecimento, desaparecimento de atividades agropastoris tradicionais e marginalização das produções do setor primário no contexto da modernização da economia portuguesa - destruiu essa interação virtuosa, sendo que os processos de transição florestal e de governança do risco de incêndio prevalentes nas últimas décadas dificilmente conseguirão assegurar uma transição florestal sustentada. Nesta formulação do problema, transição florestal e governança do risco de incêndio tornam-se os dois conceitos-chave da tese de Tiago Oliveira.

Estando orientada para o futuro, no sentido de visar identificar soluções para os problemas encontrados, esta obra corresponde, em boa medida, a um estudo de história agrícola e florestal, já que, na perspetiva do autor, a construção de futuros desejáveis apenas é possível a partir de uma visão dinâmica que entenda, de forma articulada, o passado, o presente e as diversas dimensões de natureza prospetiva. Evolução dos padrões de ocupação do solo, enquadramentos institucionais e legislativos, atores responsáveis e envolvidos nos processos de decisão, modos de formulação dos problemas e soluções propostas fazem, pois, parte de um puzzle complexo cujas espácio-temporalidades revelam as principais condicionantes das mudanças ocorridas ao longo de um século mas também as vulnerabilidades essenciais com que as áreas arborizadas se confrontam hoje no nosso país.

A tese inclui três artigos em coautoria - dois publicados e um submetido para publicação - devidamente enquadrados por uma Introdução e uma Conclusão, ambas da respon-



Fig. 1 - Frontispício da dissertação de doutoramento de Tiago Oliveira  
Fig. 1 - Frontispiece of Tiago Oliveira Phd dissertation.

sabilidade exclusiva do autor. Aliás, e esse é um aspeto a ser realçado num contexto em que se multiplicam as teses de doutoramento por artigos, o autor identifica, para cada um deles, o seu contributo específico.

O capítulo introdutório inclui, sem surpresa, os elementos habituais em dissertações de doutoramento: formulação do problema, motivação, objetivos e tese. Do que aí é dito e lembrado, salientaremos sete ideias-base, cujo encadeamento, da nossa responsabilidade, poderemos apresentar do seguinte modo:

- I) Portugal teve uma das mais rápidas expansões de área florestal na Europa a partir de meados do século XIX;
- II) Cerca de 97% da propriedade florestal atual é privada;
- III) A incidência de fogos florestais é muito elevada, mas tem padrões espaciais bastante diferenciados;
- IV) Os incêndios florestais têm suscitado sobretudo soluções desenvolvidas numa ótica de combate e não de prevenção;
- V) O insucesso das soluções ensaiadas nos últimos 40 anos leva a que, no futuro próximo, a defesa da floresta se deva centrar mais nos atores e nas instituições que asseguram a governança do risco de incêndio em Portugal;
- VI) O conhecimento científico sobre a governança do risco de incêndio é diminuta no nosso país;
- VII) A relação entre alterações climáticas e florestas tenderá a ser cada vez mais estreita, tanto do ponto de vista da vulnerabilidade ao fogo como da mitigação dessas alterações através da conservação e manutenção das áreas arborizadas, o que torna ainda mais complexa a governança das florestas e do risco de incêndios florestais.

É, pois, à luz deste conjunto de ideias, objetivos e preocupações que a segunda parte desta obra, constituída por três artigos como acima se referiu, deve ser lida e analisada.

O primeiro artigo (secção 2.1) incide sobre a territorialização do processo de transição florestal ocorrido entre 1907 e 2006. Aí se efetua o estudo da evolução da ocupação do solo ao nível dos municípios do Continente, o que permite identificar quatro *clusters* regionais - ou, retomando uma expressão do autor, quatro “percursos geográficos” - em função do modo como essa evolução se processou ao longo dos vários subperíodos temporais considerados para o efeito.

O segundo artigo (secção 2.2) é sobre a governança do sistema de risco florestal. Com esse objetivo, analisam-se o quadro institucional, os diplomas governamentais (1910-2013) e as estruturas de governação no domínio dos incêndios florestais, tendo por base uma minuciosa análise documental e ainda entrevistas a atores relevantes.

Finalmente, o terceiro artigo (secção 2.3), de natureza mais técnica, corresponde a uma avaliação *ex ante* da eficácia da principal proposta de prevenção formulada

após a crise de 2003/5 - as faixas lineares e as redes regionais de gestão de combustíveis - tendo como estudo de caso o Algarve.

No capítulo final sistematizam-se os principais resultados obtidos. Mais do que reproduzi-los exaustivamente, ainda que de forma sumária, salientaremos três ideias-chave, associadas a cada um dos artigos que integram esta obra. Primeira ideia-chave (secção 2.1): caso se mantenha o descontrolo do problema dos incêndios, e apesar do esforço para arborizar artificialmente grande parte do território, a paisagem do país aproximar-se-á cada vez mais daquilo que era no início do séc. XX, isto é, uma paisagem dominada pelos matos. Segunda ideia-chave (secção 2.2): as soluções informais e de proximidade de governança do risco de incêndio foram deixando de funcionar a partir dos anos 1950 e as sucessivas soluções formais desenvolvidas a partir da década de 1970, tanto no âmbito do paradigma florestal como, mais tarde, no contexto do paradigma da proteção civil, não conseguiram dar uma resposta cabal, nomeadamente por falta de envolvimento de todos os atores relevantes, incluindo os privados. Terceira ideia-chave (secção 2.3): mesmo que o sistema de faixas de proteção tivesse sido concretizado na região estudada (Algarve), não teria sido possível reduzir substancialmente a proporção e a severidade do fogo.

A relevância do tema, a pertinência da análise efetuada, a centralidade científica e estratégica dos conceitos de transição florestal e de governança do risco de incêndio e, ainda, a urgência das ‘alterações transformacionais’ cujo sentido é preconizado pelo autor tiveram o seu verdadeiro teste não no dia das provas de doutoramento, face a um júri composto por membros competentes e exigentes, mas antes durante o longo verão quente que se prolongou, simbolicamente, de 17 de junho (data da tragédia de Pedrógão Grande) a 15 de outubro (o “pior dia do ano em incêndios”) de 2017. Tudo previsível, tudo anunciado. E mais uma vez se confirma uma tendência que tem sido recorrente neste domínio: apenas em contextos de crise, e em função de cada crise, se introduzem alterações relevantes nas políticas florestais e nas práticas de governança do risco de incêndio.

Esta é, portanto, uma obra a ler com atenção e admiração: pela riqueza da informação recolhida e sistematizada, pela originalidade e perspicácia das análises efetuadas, pelos caminhos que abre ou deixa antever. E também, não menos importante, pelo avanço que representa e dinamiza ao nível do conhecimento científico, da formulação de políticas públicas e do desenvolvimento de plataformas - formais e informais - de governança inclusiva e colaborativa do risco de incêndios florestais e, de modo mais abrangente, de governança territorial em áreas de baixa densidade e (ainda) com intensa ocupação arbórea.



RISCOS



INCÊNDIOS FLORESTAIS EM PORTUGAL CONTINENTAL FORA DO “PERÍODO CRÍTICO”, ESTUDADOS NUMA TESE QUE FORNECE IMPORTANTES CONTRIBUTOS PARA O SEU CONHECIMENTO

151

Luciano Lourenço

Departamento Geografia e Turismo, CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra (Portugal)

[luciano@uc.pt](mailto:luciano@uc.pt)

Os muitos incêndios florestais e alguns deles de grande dimensão que, no início de outubro de 2017, lavraram sobretudo no Norte e Centro de Portugal, trouxeram-me à memória outros grandes incêndios que, por uma ou outra circunstância acabei por nela reter, designadamente o de Águeda, em 1986 (L. Lourenço, 1988) e, mais recentemente, o de Castanheira de Pera, em 2011 (L. Lourenço e J. Fernandes, 2012) e, no ano seguinte, os de Penela. Ora, por todos eles terem atingido dimensões significativas e se terem desenvolvido fora do chamado “período crítico” (correspondente à anteriormente designada “época de fogos”), mereceram ser tratados numa tese de mestrado, que deu azo a esta recensão, a qual pretende contribuir para a divulgação deste importante trabalho sobre um tema pouco conhecido.

Com efeito, com maior frequência do que habitualmente se considera, fora do chamado “período crítico”, ocorrem incêndios florestais que, quando as condições meteorológicas são favoráveis ao seu desenvolvimento, podem alcançar elevada intensidade e perdurar durante vários dias, reduzindo a cinzas extensas áreas de floresta, como sucedeu com vários incêndios registados entre 6 e 10 de outubro e, sobretudo, depois, com os que alastraram no fatídico dia 15 de outubro, cuja área total de momento ainda não foi apurada, mas que deverá ter sido superior a 100 000 ha.

Por essa razão e com o objetivo de perceber a dimensão e as características deste fenómeno, a Licenciada Sofia Fernandes propôs-se estudá-lo como tema da sua dissertação de mestrado (S. Fernandes, 2015), um estudo (fig. 1) que, entre outros objetivos e no dizer da autora, pretendeu “*contribuir para um conhecimento mais amplo das condições meteorológicas e das causas humanas, que estão na origem dos incêndios florestais que deflagram fora da época da sua maior incidência, ou seja, num período em que o Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais (DECIF) se encontra alocado às fases ALFA, BRAVO, DELTA e ECHO, caracterizadas por um menor número de meios de combate (terrestres e aéreos) e menos recursos humanos disponíveis, ao contrário do que sucede na época de maior incidência, na qual vigora a fase CHARLIE, onde há um reforço geral do dispositivo*” (o. c., p. 21), fase esta (CHARLIE) que coincide com o chamado “período crítico”.

A autora desenvolveu o seu raciocínio partindo da caracterização dos “incêndios florestais em Portugal Continental”, que serve de título e trata no primeiro capítulo da tese, o qual funciona como nota introdutória aos restantes, na medida em que aborda, de forma sucinta, a temática dos incêndios florestais em Portugal Continental, focando o seu enquadramento no contexto europeu, na sua evolução temporal e distribuição espacial (por distritos), bem como nas respetivas tendências, distinguindo os incêndios florestais que ocorrem dentro do “período crítico” daqueles que se registam fora dele.

Depois, no segundo capítulo, denominado “incêndios florestais registados em Portugal Continental fora do ‘período crítico’, entre 1981 e 2012”, inicia o tratamento da temática em análise, apresentando um estudo detalhado sobre as ocorrências de incêndios florestais fora do “período crítico”, que distribuiu em função da

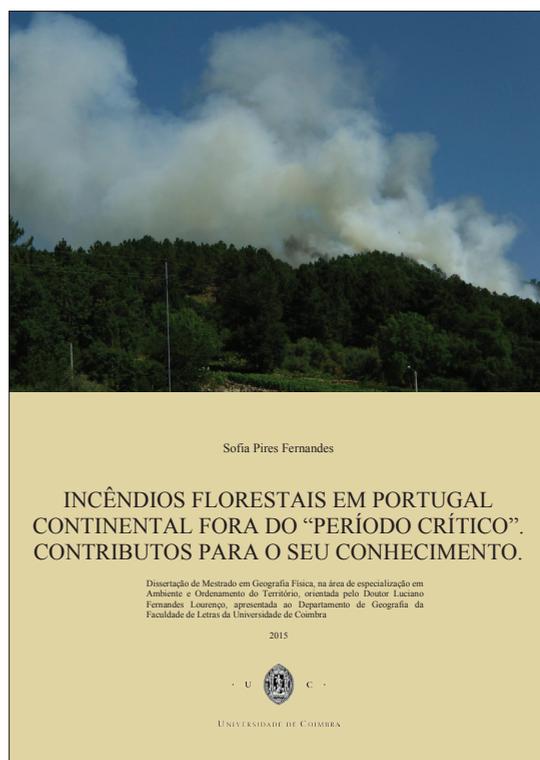


Fig. 1 - Frontispício da dissertação de mestrado de Sofia Fernandes.

Fig. 1 - Frontispiece of the Sofia Fernandes Master's Dissertation.

sua tipologia, fogachos e incêndios florestais, bem como da anterior ocupação das áreas ardidas, povoamentos florestais e matos. Mostrou, ainda, a diferente incidência regional, por distritos, das ocorrências registadas fora da “época crítica”, o que possibilita conhecer a distribuição espacial do fenómeno dos incêndios florestais em Portugal durante a maior parte do ano, ou seja, fora da época estival.

O terceiro capítulo é dedicado aos “grandes incêndios florestais ocorridos em Portugal Continental fora do ‘período crítico’, entre 1981 e 2012” e nele analisa não só a ocorrência de grandes incêndios florestais ( $\geq 100$  ha) fora do “período crítico”, mas também a sua distribuição espacial, a nível de distrito. A autora considera ainda as razões que, nos anos de 2005, 2011 e 2012, contribuíram para uma elevada ocorrência de incêndios nesses anos, precisamente fora do chamado “período crítico”.

No quarto capítulo, intitulado “causas dos incêndios florestais que, fora do ‘período crítico’, eclodiram entre 1995 e 2012”, a autora estudou, de forma suficientemente detalhada, as diversas fontes de ignição de incêndios florestais registadas fora do “período crítico”, de acordo com as causas apuradas pelas entidades responsáveis, no local da ocorrência, referentes quer ao número de ocorrências, quer às áreas ardidas, e mostrou, ainda, a respetiva repartição espacial. Concluiu que as causas humanas são as principais responsáveis pela eclosão destes incêndios florestais e ilustrou a diferente incidência regional de cada uma das principais causas.

O quinto e último capítulo versa sobre “condições meteorológicas e ocorrências de incêndios florestais fora do ‘período crítico’: análise sinótica e índice de risco de incêndio florestal”. Nele é tratada a influência que determinadas condições meteorológicas, associadas a diferentes situações sinóticas, mesmo quando observadas fora da “época crítica” de incêndios, podem ter na ignição e progressão de incêndios florestais.

Deste modo, no quinto capítulo, foi feita uma abordagem à circulação atmosférica à superfície (n. m. m.) e em altitude (500 hPa), registada nos 380 dias correspondentes aos das semanas mais críticas e que, posteriormente, relacionou com o número de ocorrências e com as áreas ardidas nesses dias. Além da componente sinótica, fez também uma comparação de elementos meteorológicos (precipitação, temperatura e humidade relativa do ar) registados em seis estações dispersas de Norte a Sul do país, com a ocorrência dos incêndios florestais, para verificar a relação existente entre essas condições meteorológicas, vertidas no Índice Meteorológico de Risco de Incêndio Florestal, e a ocorrência de incêndios florestais.

Feita a apresentação genérica dos principais assuntos abordados, não podemos deixar de salientar a importância da dimensão que alguns destes incêndios

alcançaram, dos quais, os quatro maiores, mereceram referência no Quadro VII, da p. 76, correspondendo a incêndios que se desenvolveram nos municípios de:

1. Águeda - o incêndio ocorreu entre 13 e 15 de junho de 1986, tendo consumido 4 499 ha. Este incêndio não só foi o maior do período analisado, mas também foi o mais mortífero, uma vez que ceifou a vida a 13 bombeiros e a 3 civis.

Por casualidade, no ano de 2017, Águeda voltou a registar outro grande incêndio fora do período crítico, no dia 28 de abril, embora de dimensão bem inferior, mas que, ainda assim, queimou 282 ha (ICNF, 2017).

2. Mação - o incêndio ocorreu entre 26 e 30 de junho de 1991, tendo queimado 4 017 ha, cifrando-se por isso como o segundo maior incêndio do período considerado. Este município voltou a ser palco de grandes incêndios no verão de 2017, designadamente em 1 de julho, 16 de agosto e 23 de setembro, incêndios que somaram uma área queimada de 7795 ha (ICNF, 2017);

3. Vila Velha do Ródão - neste caso o incêndio lavrou de 10 a 12 de junho de 1999 e reduziu a cinzas 3 150 ha. Trata-se de outro município que, em 2017, voltou a sofrer com os incêndios florestais, sobretudo nas imediações das conhecidas Portas do Ródão, um monumento natural de rara beleza, que lhe é conferida pela dureza dos quartzitos que se elevam em crista, tanto para Norte como para Sul do rio Tejo, e cuja vegetação foi incinerada na sua quase totalidade, ao longo da crista quartzítica.

4. Tavira - registou um incêndio entre 30 de junho e 2 de julho de 2004, que queimou 3 242 ha. Aliás, este foi o segundo grande incêndio desse ano no concelho de Tavira, uma vez que o primeiro tinha ocorrido três dias antes, a 27 de junho, tendo queimado 557 ha (DGRF, 2004).

De facto, este ano de 2004 começou muito mal no distrito de Faro e, porque se seguiu ao anterior de 2003, o mais traumático em termos de incêndios florestais anteriores a 2017, começou por ser muito preocupante. Com efeito, a 25 de julho, registaram-se quatro grandes incêndios, nos municípios de Monchique, Alcoutim, Castro Marim e Faro que, respetivamente, queimaram 1 079, 2 654, 4 087 e 187 ha (DGRF, 2014). Todavia, como se isso já não fosse suficiente, o maior incêndio desse ano ainda estava para vir.

Esse incêndio teve início no dia seguinte, 26 de julho, e apesar de ter começado no distrito de Beja, acabou por avançar para sul e terminar no de Faro, tendo reduzido a cinzas 25 717 ha (DGRF, 2004).

Deste modo, nesse ano e só no distrito de Faro, terão ardido mais de 30 000 ha até final de julho, o que deixava pressupor um novo ano traumático, mas,

felizmente, o mês de agosto foi fresco, o que permitiu uma certa acalmia, depois de um início de “época” algo atribulado, sobretudo na região algarvia.

Em contrapartida, ao contrário do sucedido nos municípios anteriores, o ano de 2017 não registou nenhum grande incêndio no distrito de Faro.

Além destes quatro, a autora menciona outros grandes incêndios e também não resistimos a fazer uma pequena referência a alguns deles. O primeiro teve início a 14 de abril de 1995, no concelho de Albergaria-a-Velha e rapidamente evoluiu para um violento incêndio que foi responsável por devastar 2 104 ha de área florestal, sendo visto como o segundo mais crítico do distrito de Aveiro, registado fora do “período crítico”, entre 1981 e 2012, já que o primeiro tinha sido o supramencionado de Águeda (S. Fernandes, 2015, p. 76).

A autora refere este incêndio com o objetivo de comparar a semelhança das condições meteorológicas em que ele se desenvolveu, com aquelas em que progrediu o incêndio da Águeda, ou seja, ambas caracterizadas por baixos valores da humidade relativa do ar, a rondar 40%, ausência de precipitação, temperatura máxima do ar acima de 20°C e vento moderado, por vezes forte, do quadrante Nordeste.

Cabe ainda fazer menção a duas outras situações, por serem mais recentes, pois dizem respeito aos dois últimos anos do período estudado e porque a primeira delas se desenvolve depois do “período crítico”, enquanto que a outra se desenvolve antes dele e corresponde a dois incêndios, geograficamente próximos, mas que sendo posteriores àquele, se desenvolvem antes do início do novo “período crítico”, ou seja, o primeiro diz respeito ao ano de 2011, enquanto que os segundos se registaram em 2012.

Assim, no final do ano de 2011, mais precisamente a 5 de outubro, teve início no concelho de Castanheira de Pera, distrito de Leiria, um incêndio florestal que rapidamente assumiu grandes proporções e alastrou ao concelho de Pedrógão Grande, tendo queimado 501 ha de floresta e mato e ameaçado várias povoações ao longo do seu percurso.

Apesar da sua importância e de ele se ter desenvolvido fora do “período crítico”, tal como sucedeu com o que em 2017 teve início no vizinho concelho de Pedrógão Grande, a 17 de junho, por conseguinte, também fora do “período crítico”, as respetivas consequências não são comparáveis, quer em termos de área, com este a deixar um rasto de destruição incomparavelmente maior, com a redução a cinzas de 27 363 ha de espaços florestais e, sobretudo, em termos de vítimas, já que este ceifou a vida a 64 pessoas, tendo-lhes causado a morte, razão pela qual o ano de 2017 saltou para o topo das estatísticas, passando a assumir o primeiro lugar em

número de mortos provocado por incêndios florestais e, muito provavelmente após o apuramento da área queimada em outubro, o primeiro lugar no ranking da quantidade de área ardida.

Por fim, os últimos dois grandes incêndios estudados fora do “período crítico” dizem respeito ao concelho de Pene-la, do distrito de Coimbra, tendo deflagrado, respetivamente, a 28 de março de 2012, na freguesia de Espinhal, onde arderam 972 ha, e a 29 de março de 2012, na freguesia de São Miguel, onde se queimaram 910 ha (ICNF, 2012).

A propósito destes e de outros incêndios, a autora desenvolve um conjunto de aspetos relacionados com as causas e com as condições meteorológicas que se revelam fundamentais para compreender o desenvolvimento dos incêndios fora do “período crítico” e que não cabe aqui desenvolver, mas que lhe permitiram retirar diversas conclusões, de entre as quais destacamos as seguintes:

1. A maioria das ocorrências registadas fora do “período crítico” corresponderam a fogachos ( $\leq 1$  ha);
2. A maior área ardida correspondeu a incêndios florestais ( $\geq 1$  ha), apesar do maior número de fogachos, uma vez que os incêndios de grande dimensão são preponderantes na atribuição deste valor;
3. Uma parte substancial dos grandes incêndios florestais que ocorreram fora do “período crítico” consumiram áreas situadas entre 100 e 500 ha e apenas uma pequena parte alcançou área superior a 1 000 ha, conclusão que foi contrariada com os incêndios de outubro de 2017;
4. A secura invernal, sobretudo quando se prolonga por vários meses, é propícia ao desenvolvimento de grandes incêndios florestais no início do ano, como sucedeu em 2005 e 2012;

Por sua vez, no que às causas diz respeito, a autora concluiu que:

1. Existem discrepâncias regionais na investigação das causas, bem notórias entre regiões que registam mais incêndios florestais e cuja investigação tende a ser menor, em contraponto com aquelas que, por registarem uma menor densidade de ocorrências por 100 km<sup>2</sup>, a investigação foi percentualmente maior;
2. A maioria dos incêndios florestais não foram investigados e quando o foram, na maior parte deles não houve apuramento da causa;
3. As ignições investigadas e cuja causa foi apurada, tiveram origem em ação humana, negligente ou intencional, em 55% dos casos, e em fenómenos naturais, em apenas 0,4% das situações. Os 44,6% restantes corresponderam a causas indeterminadas, uma vez que não foi possível identificar a respetiva origem;

4. O uso negligente do fogo, em atividades ligadas a queimadas, para efeitos de renovação de pastagens ou a queima de sobrantes, tem sido a causa que mais incêndios florestais tem originado fora do “período crítico” e com especial incidência nos distritos do Interior Norte e do Centro Norte.
5. As motivações intencionais, assentes em atos imputáveis e de vandalismo do património florestal, fizeram-se sentir sobretudo nos distritos do Norte e Centro Litoral.

Por fim, no que às condições meteorológicas diz respeito:

1. A situação sinótica que correspondeu a mais de 60% dos incêndios florestais registados, esteve associada a uma circulação de trajeto continental, por isso, com ventos provenientes do quadrante Este (NE/E/SE).
2. Por sua vez, em altitude, a circulação meridiana foi a mais frequente, tendo grande parte dos incêndios florestais deflagrado sob condições de bloqueio anticiclónico ou, então, sob dorsais de correntes ondulatórias.

Como nota final diremos que se trata de um trabalho relevante sobre um tema pouco conhecido e muito atual, em matéria de incêndios florestais, como os incêndios de junho e de outubro de 2017 bem demonstraram. Por outro lado, não se limita à análise dos factos, uma vez que propõe soluções cuja implementação ajudaria a mitigar as consequências das manifestações deste tipo de risco, razões pelas quais bem merece uma leitura.

#### Referências bibliográficas

- DGRF - DIRECÇÃO-GERAL DOS RECURSOS FLORESTAIS (2004). *Incêndios florestais - 2004. Relatório Provisório (01 de janeiro a 10 de outubro de 2004)*. Divisão de Defesa da Floresta contra Incêndios, Lisboa, 12 p. <http://www.icnf.pt/portal/florestas/dfci/relat/rel-if>
- ICNF - INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS (2012). *Relatório anual de áreas aridas e incêndios florestais em Portugal Continental - 2012*. Departamento de Gestão de Áreas Públicas e de Proteção Florestal, Lisboa, 52 p. <http://www.icnf.pt/portal/florestas/dfci/relat/rel-if>
- ICNF - INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS (2017). *8.º relatório provisório de incêndios florestais - 01 de janeiro a 30 de setembro de 2017*. Departamento de Gestão de Áreas Públicas e de Proteção Florestal, Lisboa, 16 p. <http://www.icnf.pt/portal/florestas/dfci/relat/rel-if>
- Fernandes, Sofia (2015). *Incêndios florestais em Portugal Continental fora do “período crítico”. Contributos para o seu conhecimento*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física, na área de especialização em Ambiente e Ordenamento do Território, apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Coimbra, 234 p. [https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/28373/1/Sofia\\_Fernandes\\_Incendios\\_Florestais\\_em\\_Portugal\\_Continental\\_fora\\_do\\_periodo\\_critico.pdf](https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/28373/1/Sofia_Fernandes_Incendios_Florestais_em_Portugal_Continental_fora_do_periodo_critico.pdf)
- Lourenço, Luciano (1988). Tipos de tempo correspondentes aos grandes incêndios florestais ocorridos em 1986 no Centro de Portugal. *Finisterra*, Lisboa, XXIII, 46, p. 251-270. <http://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/1975>
- Lourenço, Luciano; Fernandes, José (2012). *Serra da Lousã: Mudanças na paisagem em consequência de incêndios florestais (Livro-guia da Viagem B)*. VII Colóquio de Geografia de Coimbra, Coimbra, 11 de fevereiro, 58 p.; [http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Estudos\\_de\\_Colaboradores/PDF/Livros\\_e\\_Guias/2012\\_Serra\\_da\\_Lousa\\_0060.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Estudos_de_Colaboradores/PDF/Livros_e_Guias/2012_Serra_da_Lousa_0060.pdf)

SCIENCE FOR DISASTER RISK MANAGEMENT 2017  
KNOWING BETTER AND LOSING LESS

A. Betâmio de Almeida

Universidade de Lisboa (Portugal)  
[betamio.almeida@tecnico.ulisboa.pt](mailto:betamio.almeida@tecnico.ulisboa.pt)

### Introdução

Sob a égide da UE (*Directorate-General for Joint Research Centre, JRC*), o recém criado *Disaster Risk Management Knowledge Center (DRMKC)* elaborou (em 2017) um documento com o título *Science for Disaster Risk Management* (escrito em inglês), designado no presente texto por SDRM, com o objetivo de proporcionar uma revisão do estado dos conhecimentos dando particular ênfase à contribuição da ciência. O SDRM pretende apresentar, de um modo sintético, as evidências científicas dos processos associados a diferentes riscos com base em conhecimentos ou evidências atualizadas. Estes conhecimentos resultam de projetos de investigação da UE e de outras atividades relevantes a nível nacional e internacional.

O SDRM pode ser considerado como um misto de síntese do “estado da arte” e de guia orientador para desenvolvimentos futuros nos domínios em causa. Salienta-se o facto de o tema ser a gestão do risco de “*disasters*”. Não obstante o SDRM não definir com rigor o âmbito temático e as definições dos termos utilizados, entende-se que o mesmo pretende focar a atenção nos eventos que incidem em áreas territoriais significativas e que podem ter consequências relevantes. Não estão incluídos os eventos resultantes de atos de sabotagem ou de terrorismo.

Para a Cruz Vermelha Internacional, “*a disaster is a calamitous event resulting in loss of life, great human suffering and distress, and large-scale material damage*”. Em Portugal, a Lei de Bases da Proteção Civil (Lei n.º 27/2006, de 3 de Julho) adota a designação de catástrofe para um acidente grave com estas características. Nesta conformidade, considera-se mais adequada, no contexto nacional, a designação de catástrofe como tradução do termo “*disaster*” utilizado no SDRM.

O âmbito do documento é, assim, muito amplo mas não tem a pretensão de ser exaustivo. Na verdade, são descritos 17 tipos de riscos considerados relevantes mas não será difícil encontrar outros riscos que poderiam ter sido considerados.

O SDRM tem 554 páginas e o texto está estruturado em seis capítulos em que são abordados 14 tipos de riscos

de catástrofes. Quatro editores coordenaram a obra que teve a colaboração de 273 especialistas de 26 países (a maioria da UE, incluindo Portugal) e de 172 organizações. Cada capítulo é da responsabilidade de um conjunto de autores. Existe um resumo (Sumário Executivo) com 59 páginas. É uma obra de grande fôlego e que pretende ser uma contribuição de relevo da UE no designado “*Science and Technology Roadmap*” do “*Sendai Framework for Disaster Risk Reduction*”.

A presente recensão compreende uma apreciação geral em que se destacam as principais características do documento, uma apreciação pormenorizada na qual se apresenta de forma resumida o conteúdo de cada capítulo e, para terminar, apresentam-se as considerações do autor da recensão.

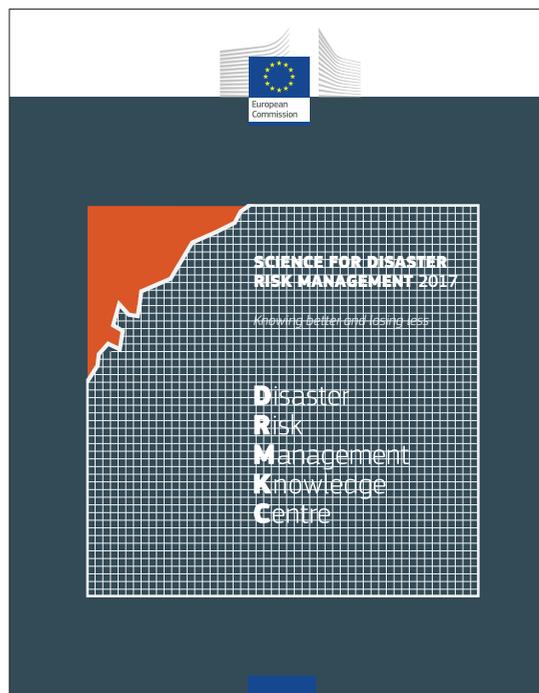


Fig. 1 - Frontispício do relatório: *Science for Disaster Risk Management* (Fonte: <http://drmkc.jrc.ec.europa.eu/knowledge/Challenges-Sharing>).

Fig. 1 - Frontispiece of the report: *Science for Disaster Risk Management* (Source: <http://drmkc.jrc.ec.europa.eu/knowledge/Challenges-Sharing>).

### Apreciação na generalidade

O SDRM destina-se a profissionais, políticos e especialistas em proteção civil e políticas de redução do risco de catástrofes. Em conformidade com a filosofia adotada no novo centro da UE (DRMKC), o SDRM pretende apresentar ou propor uma “ponte” entre a “Situação Atual” e os “Desafios Futuros”. Essa ponte abrange os seguintes elementos estruturais: compreensão dos riscos de catástrofes, comunicação do risco de desastre e gestão do risco de catástrofes. O cimento dessa ponte é a ciência (multidisciplinar) sendo realçados três instrumentos metodológicos: Parcerias, Conhecimento e Inovação.

É de referir que o SDRM, apesar de incidir com especial ênfase na Europa, não fica confinado a este continente. Com efeito, o SDRM pode ser considerado um documento internacional e global.

Da leitura do SDRM salientam-se os seguintes aspetos relevantes:

- Contém informação atualizada sobre a caracterização dos diferentes tipos de risco de catástrofes considerados e as metodologias recentes aplicáveis na análise e gestão desses riscos. A tentativa de harmonização metodológica é muito positiva;
- As referências bibliográficas, por capítulo, são muito numerosas e atuais possibilitando uma pesquisa mais aprofundada ao leitor interessado. Constitui, assim, um bom suporte de trabalho;
- O texto é de leitura muito fácil e agradável, exceto em algumas partes (poucas) em que é mais denso e um pouco confuso. Não tem expressões matemáticas mas contém um conjunto de figuras que exemplificam a aplicação de metodologias referidas no texto ou apresentam diagramas que explicam conceitos ou a estruturação de sistemas de análise;
- Os autores tentaram, dentro do possível, aplicar aos diferentes riscos uma estrutura metodológica sustentada cientificamente e consistente com o definido no primeiro Capítulo (estruturação metodológica). Neste aspeto, é de louvar o esforço de coordenação metodológica multidisciplinar apesar de não ter sido possível homogeneizar ou uniformizar a caracterização dos diferentes tipos de riscos;
- Os potenciais efeitos da mudança climática são considerados de um modo sistemático nas análises dos riscos sempre que tal se justifica;
- Destaca-se no SDRM uma referência alargada e sistematizada aos acontecimentos “multiriscos”, um aspeto envolvendo a interação de diferentes causas e efeitos. Um tema que pode ser considerado inovador;
- O SDRM tem um aspeto dinâmico na medida em que convoca o leitor para desenvolvimentos futuros e propõe caminhos inovadores e prioritários a percorrer.

O texto oferece ao leitor uma visão muito ampla e integrada dos processos físicos associados aos diferentes tipos de catástrofes e pode ser uma excelente ajuda ao especialista académico ou ao profissional no domínio da gestão do risco.

Não obstante os Capítulos terem diferentes e múltiplos autores, o estilo mantém-se suficientemente uniforme.

### Apreciação pormenorizada

Para além de alguma divulgação institucional, o SDRM tem seis capítulos que constituem o cerne do documento, a saber:

- Capítulo 1 - *Current status of disaster risk management and policy frameworks*;
- Capítulo 2 - *Understanding disaster risk: risk assessment methodologies and examples*;
- Capítulo 3 - *Understanding disaster risk: hazard related risk issues*.
- Capítulo 4 - *Communicating disaster risk*;
- Capítulo 5 - *Managing disaster risk*;
- Capítulo 6 - *Future challenges of disaster risk management*.

### Estado Atual da Gestão do Risco de Catástrofes

O Capítulo 1 tem por objetivo a apresentação do estado atual da gestão do risco de catástrofes a nível mundial. Os impactos económicos e sociais das catástrofes são evidenciados e faz-se referência à incapacidade atual de cada país poder enfrentar todos os tipos de risco. São referidas quatro razões para os impactos das catástrofes aumentarem de importância:

- Mudança climática;
- Urbanização crescente e rápida;
- Aumento da população;
- Degradação ambiental.

A necessidade da cooperação internacional é, assim, considerada essencial. As atividades e ações mais recentes da ONU e da UE neste campo são evidenciadas.

Segundo o SDRM, as estratégias para redução do risco de catástrofes estão muito ligadas às estratégias de adaptação à mudança climática. Estas estratégias estão associadas ao conhecimento científico e este depende de dados fiáveis sobre o ambiente. Melhorar os dados relativos a perdas (económicas) e danos (em infraestruturas) é também fundamental para permitir a aplicação de metodologias e modelos robustos para simulação de cenários e avaliação de riscos. Com o conhecimento científico e os dados é possível selecionar cenários de potenciais catástrofes que possibilitem a escolha de medidas de adaptação convenientes. A interface ciência-políticas públicas é, assim, realçada.

A investigação e o conhecimento são o suporte das medidas de gestão de crises, incluindo as fases de preparação e de resposta a crises. A aplicação dessas medidas tem contribuído para que as perdas de vidas humanas e de valores económicos sejam menores. Considera-se, no entanto, que a prevenção deve ser o primeiro patamar de ação.

É preconizado o reforço dos sistemas públicos de saúde para atuarem em situações de emergência, em particular na resposta a emergências provocadas por agentes ambientais, químicos, biológicos e de origem desconhecida. Referência especial às instalações nucleares (na UE) tendo em conta o que se passou na central de Fukushima, no Japão, em 2011. Uma referência especial é também feita ao sector da água (eventos hidrometeorológicos extremos, cheias, secas e proteção de zonas marítimas) e à Diretiva da UE relativa a inundações.

A previsão e alerta precoces são consideradas essenciais para a diminuição dos riscos de catástrofes (mitigação dos efeitos ou consequências). O SDRM cita os exemplos de sistemas transnacionais de alerta para fogos florestais e cheias, saúde pública e informação médica, avaliação de *tsunamis* e secas.

O apoio humanitário é fundamental no pós-catástrofe, em particular o apoio a países menos desenvolvidos ou economicamente fracos.

É referido que o Quadro de Sendai das Nações Unidas para a gestão do risco de catástrofes modifica a ênfase da gestão do risco orientada para a resposta aos eventos para uma gestão orientada para a mitigação do risco de catástrofes, com uma interface mais sistemática e reforçada de ciência-política.

Na perspetiva da ocorrência de catástrofes mais frequentes e severas torna-se evidente e indispensável na gestão dos riscos uma crescente dependência relativamente aos conhecimentos e ao acesso a dados existentes a diferentes níveis. Impõe-se saber transpor a complexidade do discurso científico em resultados úteis e inovadores na gestão dos riscos.

Após este Capítulo 1, introdutório e com um cariz bastante institucional nomeadamente no que respeita a UE, segue-se um capítulo muito importante e interessante.

### *Avaliação e Análise do Risco*

O Capítulo 2 pretende contribuir para uma estruturação teórica da avaliação e análise do risco. Para além de uma síntese do “estado da arte” no que respeita às metodologias mais relevantes que são aplicadas, o SDRM apresenta a estruturação considerada mais adequada e que é adotada nos Capítulos seguintes.

Como seria de esperar, o Capítulo 2 começa com a definição de Risco e considera o Risco, de acordo com a definição adotada em Sendai e a definição da UNISDR (2017), como sendo a resultante de três componentes fundamentais (p.40):

- “*Hazard*”<sup>1</sup> (ou PIPP), que traduz a probabilidade de ocorrência de um processo potencialmente danoso com uma determinada intensidade ou magnitude;
- Exposição, que corresponde ao conjunto de valores (pessoas, bens económicos ou patrimoniais, natureza, entre outros) sujeitos ou expostos ao impacto do PIPP;
- Vulnerabilidade, que traduz o grau de dano (físico, tangível ou intangível) ou de perdas económicas, diretas ou indiretas.

De acordo com o SDRM, a componente Capacidade<sup>2</sup> (como sendo a característica associada à capacidade de recuperação pós- catástrofe) considerada em Sendai pode ser incorporada na Vulnerabilidade.

É conhecido que o conceito Vulnerabilidade e a respectiva relação com a Exposição ainda não têm uma definição consensual entre os especialistas. Este aspecto evidencia-se também no SDRM. Enquanto na p. 40 e em diversas partes do texto se entende que *Hazard*, Exposição e Vulnerabilidade são componentes distintas e autónomas do risco (ver Figuras nas p. 76 e 77), com direito a subcapítulos distintos (2.2 e 2.3), em outras partes do SDRM tal não acontece (exemplo da Figura 2.10 na p. 72). Uma das diferenças conceptuais está na definição da Vulnerabilidade como grau de perdas ou danos (adimensional) como se exemplifica na Figura 2.13 (p. 79) ou como envolvente de um conjunto de conceitos operacionais (exposição, susceptibilidade ou fragilidade e resiliência) como na Figura 2.10<sup>3</sup>. Mesmo considerando que é uma mera questão de terminologia, conclui-se, tal

1 O termo *Hazard* é difícil de ser traduzido para português. Sabemos que em termos operacionais corresponde a um acontecimento com uma determinada intensidade ou magnitude danosa ao qual é atribuída uma probabilidade (composta) de ocorrência. É essa probabilidade que permite o cálculo do valor expectável das consequências. Para evitar a escrita do termo “*hazard*” adopta-se no presente texto o termo Processo incerto Potencialmente Perigoso ou PIPP.

2 O termo Capacidade pode considerar-se, neste contexto, como equivalente ao termo designado por resiliência. Pode incluir as medidas de prevenção e de minimização das consequências.

3 A ciência do risco e a análise do risco desenvolveram-se a partir de diferentes disciplinas e escolas científicas o que explica as diferentes opções conceptuais. O autor da revisão apoia a conceptualização do SDRM apresentada na p. 40 e a definição de Vulnerabilidade como grau de perdas ou danos adimensional. Esta definição está contemplada no “Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco...” (ANPC e Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano e Instituto Geográfico Português, 2009) no Quadro 1 (p. 21) e Figura 2 (p.22). Nesta conformidade, a análise quantitativa do risco, envolvendo probabilidades e vulnerabilidades adimensionais, conduz a que, por razões de coerência dimensional, a exposição deva ficar destacada para permitir que o risco resultante da formulação adoptada tenha as dimensões ou as unidades das grandezas que caracterizam as perdas ou danos associados aos PIPP.

como em outros aspectos, que a coordenação científica do SDRM não conseguiu um resultado totalmente consistente ou coerente.

Assinala-se a preocupação do SDRM em chamar a atenção para as incertezas e o caráter dinâmico das componentes do Risco, nomeadamente as alterações da Exposição e da Vulnerabilidade com o tempo<sup>4</sup>. A pressão da percepção pública relativa aos riscos pode influenciar a seleção de medidas prioritárias em detrimento de metodologias baseadas na avaliação de custos-benefícios tendo em conta a relativa limitação de recursos disponíveis. O SDRM realça a importância da aplicação de metodologias científicas na avaliação dos riscos mas avisa: as decisões de uma gestão do risco são, no final, políticas e que é impossível eliminar completamente um risco<sup>5</sup>.

A avaliação do risco deve ser um processo estruturado e suficientemente abrangente e transparente. O SDRM apoia-se na experiência da indústria seguradora: até 1980 a avaliação do risco era baseada na experiência histórica e em regras empíricas. Contudo, a necessidade de considerar eventos extremos ou raros, nomeadamente em resultado da mudança climática e as mudanças rápidas da sociedade tornam o conhecimento histórico e empírico insuficiente. De acordo com o SDRM, o artigo de Don Friedman, em 1984, marcou uma viragem (na indústria dos seguros) na metodologia a seguir na avaliação do risco de catástrofes. Esta metodologia adota composição do risco em PIPP, Exposição e Vulnerabilidade e a consideração probabilística dos acontecimentos e dos processos envolvidos<sup>6</sup>.

Nesta parte do texto nota-se, assim, a influência ou a visão metodológica da indústria seguradora.

Para aplicar as metodologias mais adequadas utilizam-se modelos computacionais complexos havendo a tendência para aceitar os resultados sem ter em conta essa complexidade e as incertezas inerentes. A exigência de dados com qualidade torna-se indispensável. No entanto, o próprio processo de modelação e avaliação do risco já é muito positivo pois potencia um conhecimento mais pormenorizado das situações e permite a identificação de problemas que poderiam estar ocultos. Na indústria dos seguros, a alteração das metodologias de avaliação do risco teve como consequência o aumento significativo dos recursos humanos dedicados à análise dos riscos<sup>7</sup>. Na

sequência destas avaliações e análises mais complexas e completas, passou a ser necessário definir critérios de aceitabilidade e tolerância de riscos (equilibrando, em alguns domínios, o designado apetite de risco). No caso dos acontecimentos desencadeados por fenómenos naturais que não possam ser controlados na origem, o cumprimento desses critérios pode implicar a redução da Exposição e da Vulnerabilidade.

A identificação ou seleção de potenciais situações que possam realizar um risco é particularmente relevante. Na verdade, há que considerar o maior número possível de cenários conducentes a catástrofes, os que já aconteceram e os que poderão acontecer no futuro. Há aqui um fator subjetivo ou de experiência pessoal que é importante.

Não há um método de avaliação ou de análise do risco universal. O SDRM refere um conjunto de métodos conhecidos qualitativos ou empíricos, semi-quantitativos e quantitativos ou probabilísticos (nomeadamente com aplicação do método de Monte Carlo). São referidos os métodos aproximados baseados em indicadores e matrizes de risco e os métodos conducentes a curvas probabilísticas do risco que relacionam consequências com probabilidades de ocorrência anuais (Figuras 2.23 e 2.24). Estas curvas podem ser consideradas o tipo de representação mais completo, exigente e consistente com a definição e análise quantitativa dos riscos.

Uma avaliação rigorosa de riscos exige uma modelação científica dos PIPP e um entendimento correto do conceito risco e de probabilidades. A modelação pode

aconselhar a decisão política mas os decisores devem interpretar e conhecer as limitações dos modelos sem juízos de ordem moral.

O Capítulo 2 inclui as definições e a apresentação das metodologias de avaliação das componentes fundamentais do risco, Exposição e Vulnerabilidade, nomeadamente avaliação de perdas e danos. O SDRM faz referência a inovações e a exemplos concretos. Atendendo à dificuldade ou impossibilidade de controlar alguns processos naturais que estão na origem de catástrofes, há que preparar as comunidades para um melhor controlo da Exposição e das Vulnerabilidades. Este Capítulo termina com uma descrição sistematizada da avaliação de “*multihazards*” e “*multirisks*”, ou seja a avaliação de combinações

4 A consideração das probabilidades e períodos de retorno já acontecia em alguns domínios nomeadamente, por exemplo, no controlo de cheias. No entanto, na Engenharia, procurava-se mais a avaliação da Segurança. O conceito de risco não foi muito aplicado até finais do séc. XX.

5 Esta afirmação pode ser considerada verdadeira no quadro dos acontecimentos possíveis de ocorrer. O risco pode ser nulo no caso de se conseguir demonstrar a impossibilidade de ocorrência ou a impossibilidade de exposição a um PIPP ou quando a vulnerabilidade, como grau de perdas ou danos no exposto, pode ser considerada nula face à intensidade dos impactos decorrentes do processo.

6 A consideração das probabilidades e períodos de retorno já acontecia em alguns domínios nomeadamente, por exemplo, no controlo de cheias. No entanto, na Engenharia, procurava-se mais a avaliação da Segurança. O conceito de risco não foi muito aplicado até finais do séc. XX.

7 Esta afirmação pode também ser aplicada ao sistema financeiro, aos bancos, e a outras instituições financeiras. Também em muitos outros sectores a análise e a gestão do risco conheceram, no final do séc. XX, um grande desenvolvimento e aceitação por parte de decisores políticos.

interligadas de processos e de riscos. Trata-se de apresentar conceitos inovadores relacionados com a interação de diferentes processos e com a variabilidade (no tempo) das condições de análise. A relativa complexidade do tema não é fácil de transmitir sem a utilização de uma linguagem matemática adequada. No nosso entender, o texto do SDRM não propicia a compreensão fácil dos conceitos associados nem do modo de aplicação dos mesmos.

Um documento que tem como um dos objetivos a aplicação da ciência à gestão dos riscos tem a obrigação de apresentar os conceitos de forma consistente e o mais rigorosa possível. Contudo, é compreensível que o elevado número de autores torne difícil o controlo da consistência das sucessivas formas de apresentar ou definir os conceitos. Para exemplificar este aspeto, registamos o modo inconsistente como é referido o conceito período de retorno ao longo do documento.

#### Referências ao Período de Retorno

Conforme foi referido, o texto do SDRM apresenta uma coerência de estilo e um esforço para garantir o rigor científico. No entanto, podem ser detetadas algumas falhas nomeadamente nas referências ao período de retorno. O conceito de período de retorno é usualmente vítima de mal entendidos pelo que se torna importante que esse conceito seja bem definido e interpretado ao longo de um documento. No entanto, em partes diferentes do texto do SDRM encontramos frases relacionadas com o período de retorno que potenciam o leitor menos avisado a uma interpretação menos correta:

- “A 1 in 100 event” could happen tomorrow” (p.12). Presume-se que os autores referem um acontecimento com o período de retorno de 100 anos mas não assinalam o período de tempo correspondente à probabilidade de 0,01. Admite-se que seria a probabilidade de excedência anual. No entanto, é aceitável afirmar que esse acontecimento pode ocorrer em “qualquer momento”, não existindo uma restrição rígida à respetiva ocorrência;
- “A 1-in-200 year loss is the worst loss that can be expected every 200 years, i.e. a loss with a return period of 200 years” (p.55). Esta afirmação pode induzir uma ideia errada: o evento com o período de retorno de 200 anos seria o pior que pode ocorrer em cada 200 anos o qual ocorreria uma vez em cada 200 anos. Na verdade, esse acontecimento tem a particularidade de ocorrer, em média, cada 200 anos de acordo com o padrão estacionário de ocorrências que tenha sido adotado. Na prática, as condições para a verificação objetiva de tal média exigiriam tempos de observação muito mais prolongados que 200 anos;

- Os autores de uma outra parte do texto já são mais rigorosos: “[...] for example, the 0.01 Annual Exceedance Probability threshold (also commonly known as the ‘100-year flood’ with a return period of 100 years, which is better understood as a flood that has a 1 % probability of occurring at any given location in any given year)” (p.201);
- Na p. 257, os responsáveis por esta parte do texto esclarecem de forma definitiva o conceito em causa mas de modo diferente das anteriores afirmações: “Occasionally, the term “return period” is misinterpreted to mean an event of a particular magnitude, so that an event with a return period of 1 in 20 years having once occurred will occur again only after 20 years have passed. This is incorrect, as at any one time the occurrence of a particular (event) will have a specific probability associated with it. Given this it is entirely possible to have two 1 in 20 year events in successive years or indeed in the same year”.

Seleccionámos este aspeto porque não obstante o conceito período de retorno ser relevante e muito utilizado na gestão do risco e na comunicação entre especialistas e leigos, o SDRM não está isento de uma falha de coordenação e de rigor que deveria ter sido detetada numa revisão.

#### Sistematização dos Riscos mais Relevantes

O Capítulo 3 descreve, de um modo sistemático ou estruturado, um conjunto selecionado de riscos associados a catástrofes relevantes. Para o efeito, o Capítulo desdobra-se nas quatro Secções seguintes:

- Secção I - Riscos Geofísicos (sismos, atividade vulcânica e tsunamis);
- Secção II - Riscos Hidrológicos (cheias, deslizamentos de terras, a ação de ondas e inundações costeiras);
- Secção III - Riscos Meteorológicos, Climatológicos e Biológicos (ciclones, tempestades convectivas e temperaturas extremas, secas, incêndios florestais e rurais e epidemias);
- Secção IV - Riscos Tecnológicos (químicos, nucleares e efeitos secundários tecnológicos provocados pelo impacto de processos naturais - riscos Natech em língua inglesa).

A seleção dos riscos adotada pelo SDRM não pretende ser exaustiva. Com efeito, não será difícil a um leitor encontrar algum tipo de risco que poderia ter sido considerado e não foi. Os riscos geofísicos, hidrológicos e meteorológicos estão bem exemplificados por tipos de eventos que são relevantes no contexto de catástrofes a nível mundial. Contudo, na Secção IV, referente a riscos tecnológicos, parece ser pertinente referir alguns tipos de catástrofes que poderiam ter sido considerados como, por exemplo,

os acidentes (rotura) em barragens, nomeadamente os provocados por cheias excepcionais, ou os acidentes em sistemas de transporte (e.g. acidentes de aviação).

No fim de cada Secção, os autores respetivos apresentam recomendações úteis que sintetizam o exposto e um conjunto numeroso de referências bibliográficas recentes.

A aplicação aos diferentes tipos de risco da metodologia de avaliação, análise e redução de risco de catástrofes referida no Capítulo 2 não é completa e uniforme. Com efeito, enquanto, na Secção I a modelação dos riscos apresentada inclui as componentes da análise quantitativa completa, como é o caso do risco sísmico, noutras Secções e em outros tipos de risco a descrição baseia-se, fundamentalmente, em metodologias próprias desenvolvidas autonomamente e incide em aspetos considerados mais adequados a cada caso.

### “Wildfires”

Exemplificamos para o caso do risco associado a incêndios florestais e rurais<sup>8</sup>. O SDRM designa este risco climatológico por “wildfire” mostrando as definições diferentes que existem. De acordo com o texto (p.295), o termo “wildfire” é considerado mais geral que o termo incêndio florestal o qual é definido pela UE como sendo um incêndio que se propaga por um terreno com qualquer tipo de coberto e afeta áreas florestais (definidas de acordo com a FAO). Constata-se a dificuldade em adotar a terminologia apresentada e proposta no Capítulo 2 para o Risco. De entre as definições para o Risco exemplificadas está a da ISO 31000: “*Efeito da incerteza nos objetivos*”. Esta definição tão geral e abstrata parece estar deslocada numa aplicação tão específica. Defende-se a gestão integrada do fogo e dos combustíveis para redução do número de ignições o que poderá ser entendido como diminuição da Vulnerabilidade. São referidos como fatores desfavoráveis a seca prolongada e as ondas de calor. Não é, contudo, referido o regime de ventos.

Sem fazer a referência aos conceitos de “*multihazards*” e “*multirisks*” apresentados no Capítulo 2, o texto faz referência a consequências danosas resultantes deste tipo de incêndios como são os efeitos nas cheias, na erosão do solo e na saúde pública (poluição).

O SDRM aponta dois fatores que podem justificar um agravamento deste tipo de catástrofe: os efeitos da mudança climática e as consequências da deslocação da população das zonas rurais para zonas urbanas. Apesar de não ser referido no texto mas tentando enquadrar estes fatores na metodologia do Capítulo 2, pode-se considerar que esta deslocação tem dois efeitos opostos:

diminuição de potenciais danos e perdas pessoais (e. g. habitações), o que significa menos Exposição, e menor capacidade de gestão do combustível e das florestas e menor capacidade para atuação no controlo das ignições, o que significa maior Vulnerabilidade.

Os efeitos da mudança climática devem propiciar uma probabilidade maior de ignições e de condições para mais ocorrências de incêndios intensos. São referidos alguns exemplos mas não é fornecida uma informação quantificada sobre esta alteração nas condições ambientais. É dada mais ênfase aos aspetos sociais e à carência de investigação neste domínio por parte das ciências sociais. Uma alteração no comportamento humano poderá diminuir a Vulnerabilidade.

No que respeita à componente do conhecimento, um dos pilares do SDRM, é salientada a falta de critérios comuns de avaliação do risco deste tipo de catástrofes e a necessidade de ligar bem a investigação científica com a experiência operacional. Na componente de inovação refere-se o uso da modelação computacional para apoio ao combate (gestão de crise), o desenvolvimento de plataformas abertas para alertas precoces à população exposta proporcionando menor Vulnerabilidade e, eventualmente, menor Exposição em situação de crise (auto-evacuação ou refúgio seguro). Integração das medidas de redução do risco, de prontidão, de resposta e de recuperação pós - crise<sup>9</sup> mas sublinhando a necessidade da participação ativa da comunidade e de investimento na prevenção (gestão da floresta). Finalmente a necessidade de cooperação internacional.

Com este exemplo mostra-se que a coordenação metodológica coerente dos diversos temas abordados no Capítulo 3 não foi totalmente conseguida porque abrangem domínios técnicos que têm evoluído de uma forma autónoma e a equipa do SDRM não teria a disponibilidade para uma revisão e harmonização completa ou mais avançada<sup>10</sup>.

### Comunicação do Risco de Catástrofe

O Capítulo 4 apresenta o “estado da arte” em comunicação do risco de catástrofes e foca aspetos relevantes no domínio da psicologia social e dos processos de decisão. Assim, são desenvolvidos quatro tópicos destacados:

- Percepção pública do risco;
- Processo de decisão em ambiente de incerteza;
- Comunicação para a “última milha” (para uma zona em situação de catástrofe ou crise);
- Boas práticas e inovação na Comunicação do Risco.

8 Escolha muito motivada pelo período de incêndios deste tipo em Portugal no Verão de 2017. Um dos co-autores deste sub-capítulo é um distinto especialista português, o prof. Domingos Xavier da Universidade de Coimbra.

9 Em Portugal, após o verão de 2017, estes temas estão a ser objeto de muita reflexão.

10 As pequenas falhas ocorrem: por exemplo, a Figura 3.48 (p.297) diz respeito a secas e não a incêndios.

Compreender o modo como as pessoas têm a percepção dos riscos é fundamental para o sucesso da comunicação. O tipo tradicional de comunicar os riscos às populações era a partir de uma entidade emissora, com ascendência resultante do conhecimento especializado e poder político, para um receptor coletivo, a população, com menos conhecimentos e que deveria subordinar-se às informações transmitidas. O SDRM designa este modelo tradicional como o “*modelo de deficit*”. Desde há uns anos ocorre uma mudança substancial, nomeadamente nos países da Europa. Nesta nova situação manifesta-se um “direito a conhecer” e um enfoque mais forte na “responsabilização individual do cidadão”<sup>11</sup> ou seja uma maior participação dos cidadãos para enfrentar as catástrofes<sup>12</sup>. Como forma de sistematizar as diferentes tendências nos modos de comunicar o risco, o SDRM apresenta quatro tipos diferenciados de comunicação do risco: mensagem do risco; diálogo acerca do risco; mensagem governamental; e mensagem instrumental.

A mensagem do risco transmite a informação num sentido (“*one-way*”) pretendendo-se que a informação não sofra distorções ou mal-entendidos por quem a receba (ex: mapas de risco).

O diálogo acerca do risco aceita que o emissor e o receptor tenham capacidades para participarem em conjunto no processo de decisão relativo ao risco (“*two-way*”). Associa-se, assim, a capacidade de conhecimento aprofundado e especializado ao conhecimento local e individual. Uma base de confiança mútua pode e deve ser, então, conseguida.

O tipo de comunicação governamental pretende mudar determinadas atitudes consideradas ou comportamentos da população considerados prejudiciais. É um canal de comunicação de tipo “*one-way*”.

O tipo de comunicação instrumentalista pretende, também, mudar o comportamento das pessoas por forma a minimizar algum risco, mas tem a preocupação em perceber a interação entre a informação e as atitudes do receptor, bem como em compreender os fatores que podem motivar a autorresponsabilização pretendida (ex: folhetos pedagógicos que incentivam a autoproteção).

De acordo com o SDRM, a comunicação que não permita um diálogo fica limitada na capacidade de mobilização para uma auto-preparação e proteção. Refere-se que um conjunto fixo de mensagens emitido para uma população pode não ser compreendido do mesmo modo

por todas as pessoas. A interação permite a adaptação e o entendimento. No entanto, a informação num só sentido (“*one-way*”) pode também ter efeitos positivos. O aspeto importante não é tanto a informação em si mas o contexto local (subculturas de catástrofe) em que é recebido.

As crenças cognitivas e os sentimentos são fatores importantes na previsão de atitudes e são desencadeados pelo enquadramento que tiver a informação do risco na mensagem enviada.

No caso de uma ameaça iminente, em situação de crise, as autoridades necessitam de canais de comunicação que possam transmitir rapidamente alertas com rigor a um número elevado de pessoas expostas. O SDRM assinala, para esta situação, a utilização dos Alerta de Emergência sem Fios (*Wireless Emergency Alerts- WEA*).

Na atualidade, a utilização de telefones móveis (ex: sms) para este efeito é um dos exemplos apresentados. Parece que esta é uma solução promissora que permite o envio de indicações personalizadas tendo em conta a localização exata do receptor. Os efeitos e a eficácia destes meios merecem mais estudos e investigação.

Um outro tipo de canal de comunicação importante é o conjunto de redes sociais (Twitter, Facebook, blogs, etc.) que também permite o envio de indicações orientadas para determinados grupos de cidadãos e possibilita um diálogo.

Finalmente, o papel relevante da comunicação social que pode adaptar-se a qualquer dos quatro tipos de comunicação referidos anteriormente. Trata-se de um meio de informação com grande importância e muito influente nos comportamentos e na percepção dos cidadãos.

O subcapítulo seguinte é dedicado aos processos de decisão sujeitos a incertezas inerentes à ocorrência e à evolução dos acontecimentos. Para superar as incertezas utilizam-se modelos e dados de diferentes origens. Dados heterogêneos que podem também suscitar problemas de consistência e de rigor. A análise e gestão de uma grande quantidade de dados (época de tratamento automático de dados - “*big data*”) justifica propostas de novas estratégias de decisão a par das possibilidades de participação por parte dos cidadãos.

As incertezas afetam de maneira relevante os processos de decisão. As incertezas de tipo aleatório podem ser caracterizadas por probabilidades. Contudo, há que entender as hipóteses de base e as incertezas associadas

11 Em Portugal, os cidadãos colaboram quando tal é necessário, nomeadamente para defesa dos seus bens ou na defesa de vidas humanas. A ideia de colaboração ativa dos cidadãos em situação de crise ou de catástrofe ainda não está bem estruturada e interiorizada. Prevalece ainda a ideia que proteção deve estar quase exclusivamente a cargo dos bombeiros ou da proteção civil.

12 Em Portugal também se verifica esta tendência para o “direito a conhecer”, em particular através da atuação da comunicação social que, para além de informarem os factos, não se coíbe de fazer críticas à condução das operações em época de crise, mesmo pondo em causa a confiança na proteção civil (exemplo do que ocorreu com os incêndios no Verão de 2017). Tal como é referido no SDRM para as ações na fase pós-catástrofe (Capítulo 5), poderia ser referida uma conduta de comunicação, em período de crise, subordinada a princípios éticos excepcionais

aos modelos probabilísticos. Os modelos automáticos ou baseados em análises remotas com utilização de satélites e de inteligência artificial ou em análises de informações baseadas em Twitter têm incertezas diversas.

O SDRM assinala a ligação forte entre incerteza, informação e poder. A posse de informação pode conduzir a manipulações resultantes do poder e das capacidades associadas de manipulação. Há que tentar diminuir ou controlar as incertezas, mas há barreiras éticas que protegem a privacidade das pessoas. O texto desdobra-se em diferentes considerações sobre os diversos tipos de incertezas mas não apresenta um conjunto de recomendações práticas ou operacionais.

Em situação de emergência ou de crise, a comunicação do risco terá que ser dirigida para o grupo específico de cidadãos ameaçado e localizado numa área específica de impacto ou de catástrofe. Esta localização é designada, no subcapítulo do SDRM, por “última milha” (designação usada na área do Oceano Índico relacionada com o sistema instalado de alerta contra *tsunamis*). Toda uma panóplia de novas tecnologias pode ser utilizada (tecnologias de informação e comunicação) incluindo diversos tipos de monitorização e de redes sociais.

Quando a área de intervenção é muito abrangente e atinge mais do que um país, os diferentes sistemas de tecnologias podem constituir uma limitação na eficácia das medidas de gestão do risco de catástrofe. Esta diferença de “desenvolvimento digital” pode prejudicar as populações mais vulneráveis que não tenham acesso às novas tecnologias. As tecnologias mais avançadas (digitais) deverão ter como objetivo a mobilização do maior número possível de cidadãos e a disseminação eficaz de mensagens de alerta e de ação.

Refere-se no SDRM que o Quadro de Ação de Hyogo (2005-2015) reconhece que o alerta precoce é um instrumento eficaz para reduzir vulnerabilidades e para melhorar a resposta a catástrofes de origem natural (PIPP natural). Este tipo de alerta deve envolver quatro componentes essenciais:

- Conhecimento do risco, para compreensão de todos os aspetos do risco em causa e definição de prioridades;
- Monitorização, para acompanhar a evolução do risco e das vulnerabilidades;
- Capacidade de resposta, para garantir que em cada nível de atuação é possível reduzir o risco logo que os primeiros sinais de catástrofe sejam detetados;
- Comunicação de avisos, através de mensagens que devem poder ser bem entendidas pelos receptores.

O sistema de alerta precoce compreende duas componentes principais: a infraestrutura de comunicação, que deve ser muito fiável, composta por diferentes plataformas de comunicação (redundância) e tendo garantias de funcionamento durante e pós-catástrofe; e

as mensagens que devem ser eficazes a influenciarem a percepção do risco de catástrofe e o comportamento de autoproteção da população-alvo. As mensagens devem conseguir transmitir a importância e as características da ameaça e indicar a melhor forma de autoproteção. Estas mensagens devem ser transmitidas de modo a que possam ser captadas pelos diferentes grupos da população, com diferentes meios de comunicação.

Para melhorar a eficácia dos sistemas de alerta precoce preconiza-se um novo paradigma “centrado nas pessoas”, em vez de ser centrado em especialistas, e que começou a ser impulsionado pela Organização Meteorológica Mundial e é também preconizado pelo quadro de ação de Hyogo. Deste modo, espera-se que as comunidades sejam mais ativas e possam estar mais preparadas para desenvolverem ações de proteção contra as ameaças identificadas. Este tipo de paradigma exige um processo de preparação junto de cada comunidade por forma a desenvolver a receptividade à participação ativa e as capacidades necessárias para uma resposta eficaz em caso de crise, incluindo a execução de exercícios e simulações.

Para serem eficazes, os avisos e alertas em situação de emergência têm de ter uma sólida base científica e técnica, mas devem também estar fortemente direcionadas para as características das pessoas expostas ao risco em causa.

As estações de rádio e de televisão são importantes na transmissão de mensagens de emergência e na divulgação de opiniões pessoais. As redes sociais podem garantir um fluxo de informação constante e um canal de debate nos dois sentidos (“two-way”). A qualidade das informações transmitidas nas redes sociais pode, contudo, gerar incertezas e perturbações. O diálogo torna-se descentralizado e sem hierarquia. Refere-se no SDRM que a população mais jovem é a que mais utiliza as redes sociais. Há, assim, que diversificar os meios de comunicação em situação de crise para poder abranger os diferentes grupos etários, com diferentes hábitos e possibilidades de acesso aos meios de transmissão.

Uma atenção especial deve ser dada à possibilidade de uma eventual manipulação da informação através das redes sociais, nomeadamente na divulgação de boatos maliciosos ou tendenciosos.

No quarto subcapítulo são apresentados 12 princípios de boa prática na comunicação em situação de crise e que eram considerados como fundamentais no início do século XXI.

#### *Gestão dos Riscos de Catástrofes*

O Capítulo 5 é dedicado à prevenção e mitigação de riscos em conformidade com as recomendações de Sendai para a redução do risco (2015-2020). O SDRM sublinha a alteração na orientação adotada para uma gestão do

risco de catástrofe em oposição à gestão de catástrofes. O que significa uma maior ênfase na preparação contra as catástrofes antes dos mesmos ocorrerem. Neste Capítulo são abordadas as componentes de uma gestão do risco: medidas de prevenção e medidas de mitigação; planeamento para preparação e resposta; recuperação pós-catástrofe; e financiamento para as ações de mitigação e transferência dos riscos.

A prevenção é definida no texto de um modo muito abrangente como sendo o conjunto de medidas para evitar riscos existentes ou novos riscos. O SDRM reforça a importância das ações anteriores às catástrofes considerando que as medidas de prevenção e mitigação de riscos são mais eficazes economicamente do que as intervenções pós-catástrofes (valorização dos benefícios económicos associados às perdas potenciais evitadas). No entanto, os benefícios totais são de tipos diversos e superam a dimensão económica. A redução de desigualdades económicas e da pobreza é um dos aspetos, um dos fatores a ter em conta na mitigação das consequências.

Como é bem conhecido, não é possível eliminar todos os riscos, nomeadamente os associados a fenómenos da natureza, e a sua prevenção consiste, preferencialmente, na redução da exposição e das vulnerabilidades associadas. Nalguns casos poderá também ser possível atenuar as intensidades dos impactos por meio de medidas especiais de proteção local (diminuição da severidade do PIPP). Este tópico tem sido objeto de muitos estudos nas últimas dezenas de anos. A UE participa ativamente neste domínio desenvolvendo e promovendo diversas atividades com interesse teórico e prático conforme é referido no texto.

Como é conhecido, as medidas de mitigação podem ser de dois tipos: estruturais e não-estruturais. De entre estas medidas salienta-se o ordenamento da ocupação do solo como sendo um instrumento fundamental para diminuir ou controlar a exposição de pessoas e bens a determinados riscos. A seleção e implementação de medidas adequadas exigem uma concertação adequada das autoridades a diversos níveis e a participação dos cidadãos. Os meios urbanos suscitam a atenção e mobilizam esforços para que sejam mais resistentes ou resilientes aos riscos mais relevantes (em alguns casos, a indústria dos seguros tem promovido ações de informação). A divulgação de cartas de risco e a definição de zonamentos apropriados é um bom exemplo para orientar a ocupação do solo de acordo com uma gestão racional dos riscos (a implementação da Diretiva das inundações de 2007 é um exemplo deste procedimento).

#### *Proteção Civil e emergências*

No subcapítulo 5.2 é referida a génese e a função das organizações de proteção civil no contexto europeu. No

séc. XX, na sequência das organizações de defesa civil criadas durante a 2ª Grande Guerra e que continuaram durante a guerra fria, os estados europeus criaram estruturas de comando e coordenação do conjunto de forças destinadas à defesa dos cidadãos face às catástrofes: as organizações e agentes da proteção civil, com o apoio das estruturas militares quando necessário.

O SDRM refere os sistemas de cooperação no âmbito da proteção civil existentes no quadro da UE. A estruturação das organizações de proteção civil entre 1960 e 2000 contou com a influência relevante da ciência. A cooperação internacional no âmbito da proteção civil é considerada indispensável face aos novos desafios globais e tipos de catástrofes, nomeadamente os decorrentes das alterações climáticas. A cooperação em rede transnacional tem sido muito desenvolvida e aplicada em diversas crises que colocaram em risco a segurança dos cidadãos. São referidos exemplos concretos desta cooperação a nível da UE salientando-se alguns sistemas de alerta precoce e de apoio humanitário e económico em caso de catástrofes.

#### *Medidas de mitigação e recuperação e o financiamento*

De acordo com o SDRM, a preocupação das sociedades relativamente aos riscos públicos tornou-se tão intensa e crucial que a respetiva gestão e mitigação pode ser encarada como um tipo especial de regulação política: uma “regulação baseada no risco”. É mesmo referida uma faceta de governança baseada no risco e na emergência no contexto do período de austeridade e de recursos limitados na UE. Na verdade, o governo do território tende a ser suportado ou influenciado fortemente pela necessidade de uma gestão dos riscos eficaz. As catástrofes podem ser ocasiões para justificar decisões políticas excecionais. Uma chamada de atenção é feita no texto à problemática do respeito pelos valores e princípios morais e éticos em ambiente de emergência. Nas ações de preparação contra catástrofes há que salvaguardar os princípios éticos da democracia e proceder com equidade social.

A par da participação mais profissional das organizações de coordenação, regista-se a tendência de uma maior participação voluntária dos cidadãos nas tarefas de preparação de medidas e de resposta face a catástrofes. A integração eficaz destes grupos informais de voluntários, muitas vezes mobilizados pelas redes sociais, é um desafio para as autoridades de proteção civil.

A fase de recuperação pós-catástrofe é considerada uma fase muito importante e deve ser objeto de um planeamento, por forma a atender aos efeitos dos impactos sofridos pela comunidade. Impactos físicos no património construído, em pessoas e impactos sociais e ambientais. Não basta proceder a uma reconstrução rápida de edifícios. Os danos e perdas podem ser de

diferentes tipos. O ideal será existir uma preparação pré-catástrofe que potencie a recuperação.

Esta fase da recuperação deve ser aproveitada para iniciar a mitigação do risco que originou a catástrofe e, também, a mitigação de outros riscos futuros, já conhecidos ou novos. Nesta atividade, a participação e integração dos cidadãos é, mais uma vez, desejável. A catástrofe deverá ser aproveitada para implementar medidas que diminuam as vulnerabilidades tendo em conta os ensinamentos recolhidos no local ou os avanços científicos mais recentes.

O SDRM refere exemplos europeus de recuperação, nomeadamente portugueses. A recuperação económica é um dos aspetos mais relevantes ao tentar tornar as crises como novas oportunidades de desenvolvimento. O Capítulo 5 dedica muita atenção à recuperação psicossocial e às doenças mentais associadas aos diversos tipos de traumas mentais decorrentes das catástrofes.

O objetivo de tornar as comunidades mais resistentes (ou resilientes) é aparentemente consensual mas as capacidades de atuação adequada na fase de recuperação dependem de muitos fatores e existem frequentemente obstáculos políticos, sociais e financeiros que dificultam ou impedem a concretização dos objetivos racionais considerados indispensáveis.

O financiamento das medidas de gestão do risco é um dos aspetos mais difíceis. Na verdade o custo das medidas de prevenção ou de mitigação podem rapidamente exceder as capacidades orçamentais públicas e privadas de uma região ou de um país.

Acresce que os benefícios ou o valor acrescentado destas operações são de difícil concretização ou confirmação, o que tem implicado uma participação forte do Estado.

O SDRM apresenta no subcapítulo 5.4 um conjunto de possibilidades financeiras alternativas. A compreensão do tema não é, contudo, muito fácil. A descrição de alguns casos concretos parece até ser um pouco exagerada e de difícil extrapolação para outras situações. Referem-se alguns exemplos deste tipo: a descrição de parcerias público-privadas (provavelmente com partilha do risco mais ou menos equilibrada) ou a descrição do Consórcio de Compensação de Seguros instituído em Espanha em 1954. Esta descrição pode suscitar algumas interrogações ao leitor: será que este instrumento muito concreto não está datado? Será que pode ser um modelo a seguir?

Afigura-se que a questão do financiamento merecia um subcapítulo mais estruturado.

No entanto, o conceito de transferência de riscos com base em seguros é bem conhecido e a referência a modalidades de seguros que propiciam ou compensam a atenuação voluntária de vulnerabilidades é muito oportuna.

### *Desafios na Gestão do Risco de Desastres*

O Capítulo 6, o último capítulo do SDRM, apresenta uma síntese dos desafios futuros que se colocam a todos os agentes de mitigação do risco de catástrofes, aos especialistas científicos, aos decisores políticos e aos profissionais no que concerne os aspetos de Parcerias, Conhecimento e Inovação. Estes desafios constituem um resumo de tópicos desenvolvidos ao longo do texto e podem servir de referência para atividades futuras de investigação no quadro da UE ou das Nações Unidas

### **Considerações Finais do Autor da Recensão**

O documento em análise, o SDRM, atinge três objetivos importantes: (I) a divulgação institucional associada com atividades da EU no âmbito da gestão dos riscos, (II) a apresentação consistente da estrutura do conceito Risco e do conjunto de componentes a considerar na análise e gestão dos riscos e, finalmente, (III) a apresentação estruturada de diferentes tipos de riscos de catástrofes, numa visão integrada.

Salientam-se alguns dos aspetos específicos mais positivos do SDRM:

- A preocupação com os efeitos da mudança climática nos padrões das catástrofes;
- A importância da aplicação da ciência e da inovação na gestão dos riscos;
- O sublinhar da importância da percepção social do risco e do estudo dos comportamentos humanos na prevenção e gestão de crises;
- A ênfase dada à comunicação do risco na vertente da eficácia nas informações a fornecer aos cidadãos em risco, aplicando novas tecnologias, e na vertente de manutenção da confiança da comunidade nos serviços de proteção;
- A necessidade de cooperação ativa dos cidadãos e da estruturação da autoproteção dos cidadãos em situação de risco e de perigo;
- A mensagem da necessidade de cooperação internacional para enfrentar as catástrofes que tenham uma escala que ultrapassa a capacidade de um Estado. A cooperação internacional poderá, assim, ser um fator relevante na gestão de crises;
- A abordagem do conceito de multiriscos ou de riscos múltiplos e combinados é relevante do ponto de vista teórico e pode ajudar a estruturar a gestão dos riscos;
- A preocupação com os desafios identificados e as oportunidades de desenvolvimento de soluções através da investigação científica.

Salienta-se a apresentação, ao longo dos Capítulos do SDRM, do “estado dos conhecimentos” o qual é

sustentado num conjunto muito relevante de referências bibliográficas recentes. É de salientar o facto de o SDRM reunir um número vasto de autores especialistas de várias nacionalidades. Este aspeto deve ter provocado dificuldades na coordenação dos diferentes textos que constituem os sucessivos Capítulos. Conforme foi já referido com o exemplo do período de retorno, o rigor científico e a harmonização de conceitos e metodologias nem sempre estão conseguidos.

Eventualmente como outro reflexo da complexidade de coordenação, regista-se a ausência de um glossário com as definições dos termos adotados ou propostos no documento pelos diferentes autores. Este glossário seria muito útil.

Um documento deste tipo não pode conter toda a informação que é relevante e os temas seleccionados devem ter sido objeto de um escrutínio apertado. No entanto, permitimo-nos assinalar alguns tópicos gerais que entendemos serem faltas relevantes:

- O documento não refere, com a ênfase que julgamos ser adequada, as limitações das medidas de prevenção e proteção face às incertezas e aos processos perigosos com intensidade inusitada, nomeadamente em resultado das referidas alterações climáticas e mudanças na ocupação e utilização do território. A consideração das incertezas aleatórias e epistémicas permitiria evidenciar que a gestão dos riscos de catástrofes não pode ser encarada como um domínio científico ou operacional completamente fiável;
- As limitações decorrentes das capacidades financeiras e das pressões políticas e sociais condicionam os processos de decisão e de mitigação dos riscos impondo critérios, explícitos ou implícitos, de tolerabilidade social aos riscos. Uma apresentação estruturada da economia dos riscos das catástrofes e dos critérios éticos de decisão evidenciaria as dificuldades que podem existir em garantir níveis de segurança mais elevados. A cooperação internacional

em situações de crise pode constituir uma ajuda cuja eficácia depende do tipo de catástrofe, de uma cooperação institucional muito avançada e integrada e da escala territorial em causa. Os tempos de resposta podem tornar essa ajuda secundária ou no âmbito de uma gestão pós-crise.

O SDRM pode ser considerado um texto suficientemente completo e atualizado de divulgação da gestão do risco de catástrofes, permitindo uma leitura acessível. O SDRM pode ser um ponto de partida para o leitor iniciar um estudo aprofundado e de investigação em áreas que lhe suscitem algum interesse especial.

Pode dizer-se que o SDRM se situa entre um manual prático de apoio à compreensão da estrutura da análise e gestão do risco de acidentes e uma obra de divulgação de tópicos especiais e de exemplos de aplicação. Neste contexto, o SDRM pode ser sujeito à crítica por ser mais teórico do que prático. Ou seja, é um documento de síntese e de orientação para aprofundamentos em diversos domínios mas não apresenta recomendações operacionais ou dados estatísticos robustos e harmonizados relativos aos diversos tipos de riscos.

A ênfase na aplicação dos conhecimentos científicos e da inovação à gestão dos riscos já deveria ser consensual em pleno séc. XXI. No entanto, constitui um dos vetores principais do SDRM e um objetivo fundamental a atingir. Deste modo, convoca-nos para um renovado esforço em defesa do rigor na interpretação dos factos e de conhecimentos sustentados. Compreende-se que a adaptação à mudança climática é um domínio que exige conhecimentos científicos e uma gestão de incertezas e de vulnerabilidades muito apurada. O SDRM aborda a influência da mudança climática nos diferentes tipos de risco mas não apresenta informações novas muito concretas.

Não sendo um documento que divulgue conhecimentos complexos ou muito avançados, o SDRM cumpre uma função importante no contexto internacional e constitui uma boa apresentação das atividades de gestão dos riscos de catástrofes na União Europeia.

(Página deixada propositadamente em branco)

## NOTA DE ABERTURA

Luciano Lourenço .....	3
------------------------	---

## ARTIGOS

<b>João Sérgio Queiroz de Lima, Jader de Oliveira Santos e Maria Elisa Zanella</b> Impactos das chuvas na cidade de Fortaleza no triênio 2013, 2014 e 2015 .....	5	167
<b>Elvira Fátima de Lima Fernandes e Vicentina Socorro da Anunciação</b> Impactos hidrometeorológicos no alfa do Pantanal sul-mato-grossense/Brasil .....	23	
<b>P. Poseiro, C. J. E. M. Fortes, M. T. Reis e R. Reis</b> Utilização conjunta de ferramentas neuronais e SIG na avaliação da inundação do porto e baía da praia da Vitória) .....	39	
<b>Emanuel Sardo Fidalgo</b> Vulnerabilidade das infraestruturas rodoviárias aos efeitos de nevões na transição dos distritos do Porto e de Vila Real .....	47	
<b>Maria Francisca de Jesus Lírio Ramalho e Antonio José Teixeira Guerra</b> O risco climático da seca no semiárido brasileiro .....	61	
<b>Victor Quintanilla Pérez e Mauricio Morales Constanzo</b> Antecedentes sobre los impactos ecologicos de los fuegos y de otros factores antropicos en los bosques de <i>jubaea chilensis</i> (moll) baillon. Caso de estudio: microcuencas perurbanas de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, Chile .....	75	
<b>Luana Santos Oliveira Mota e Rosemeri Melo e Souza</b> Vulnerabilidade à erosão costeira e riscos associados à ocupação: estudo de caso do município de Aracaju Sergipe, Brasil .....	89	
<b>Mário Talaia, Leonor Teixeira e Isabel Tavares</b> Risco de fadiga em ambiente térmico frio: caso de uma indústria de peixe congelado .....	103	
<b>Sérgio Fonseca, Cristina Queirós, Fabienne Guimarães e Vitor Martins</b> Risco de <i>burnout</i> e trauma em profissionais da ferrovia com e sem experiência em acidentes .....	113	

## NOTAS

<b>Célia Campos Braga, Jonathan Castro Amanajás, Clênia Rodrigues Alcântara e Milena Pereira Dantas</b> Avaliação do albedo nos diferentes tipos de cobertura do cerrado do Amapá - Brasil com imagens MODIS .....	129
---	-----

## NOTÍCIAS

<b>Luciano Lourenço, Sofia Bernardino e Fernando Félix</b> IV Congresso Internacional de Riscos .....	135
<b>Fernando Félix e Luciano Lourenço</b> Prêmio “Dedicação à RISCOS” .....	145

## RECENSÕES

<b>Fátima Velez de Castro</b> Recensão crítica do livro “Alcafache 30 anos depois”, de Luciano Lourenço (coord.) (2017) .....	147
<b>João Ferrão</b> A transição florestal e a governança do risco de incêndio em Portugal nos últimos 100 anos .....	149
<b>Luciano Lourenço,</b> Incêndios florestais em Portugal continental fora do “período crítico”, estudados numa tese que fornece importantes contributos para o seu conhecimento .....	151
<b>António Betâmio de Almeida</b> Science for disaster risk management 2017. Knowing better and losing less .....	155



**RISCOS**  
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE RISCOS, PREVENÇÃO E SEGURANÇA

I  
IMPRESSA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
COIMBRA UNIVERSITY PRESS  
U

• U



C •