



territorium • 22

RISCOS

TERRITÓRIOS DE CONVERGÊNCIA

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

2015



**RISCOS RESULTANTES DA ATUAÇÃO ANTRÓPICA NA CONSTITUIÇÃO DE ATERROS.
OS GRANDES ATERROS DO CONCELHO DO FUNCHAL***

**RISKS RESULTING FROM ANTHROPOGENIC ACTION IN LANDFILLS CONSTITUTION.
THE MAJOR LANDFILLS IN MUNICIPALITY OF FUNCHAL**

Duarte Nuno Gouveia Araújo

Associação Insular de Geografia
dnunoaraujo@gmail.com

Maria José Roxo

Universidade Nova de Lisboa
maria.roxo@gmail.com

João Baptista Pereira Silva

Unidade de Investigação, GEOBIOTEC, FCT, Universidade de Aveiro
madeirarochas@netmadeira.com

RESUMO

Existem na Ilha da Madeira inúmeros aterros formados por materiais de escavação e de construção. As investigações realizadas permitiram definir os níveis de vulnerabilidade, de perigosidade e de risco dos vinte e dois principais aterros de média e grande dimensão no concelho do Funchal. Pretende-se que os resultados obtidos e os elementos de suporte apresentados sirvam de base à decisão, promovendo a tomada de medidas sobre a localização, monitorização e manutenção dos antigos e atuais aterros, reduzindo o grau de risco para a população e o meio ambiente.

Palavras-chave: Aterros, vulnerabilidade, perigosidade, riscos, decisão.

ABSTRACT

There are several landfills in Madeira Island formed by excavation and construction materials. The investigations carried out allowed to define levels of vulnerability, hazardousness and risk for the twenty-two major and medium landfills in the municipality of Funchal. It is intended that the obtained results and the presented supporting elements provide a support for decision making, urging the realization of measures on the location, monitoring and maintenance of current and former landfills, reducing the degree of risk to the population and the environment.

Keywords: Landfill, vulnerability, hazard, risk, decision.

RESUMEN

Riesgos derivados de la acción humana en la constitución de vertederos - Los grandes vertederos del Municipio de Funchal - En la Isla de Madeira existen numerosos vertederos formados por materiales de excavación y de construcción. Las investigaciones permitieron definir los niveles de vulnerabilidad, de peligro y riesgo de los veintidós principales vertederos medianos y grandes existentes en el municipio de Funchal. Se pretende que los resultados obtenidos y los elementos de soporte presentados proporcionen la base para la decisión, instando a la realización de medidas sobre la ubicación, la vigilancia y el mantenimiento de los vertederos actuales y anteriores, lo que reduce el grado de riesgo para la población y el medio ambiente.

Palabras clave: Vertederos, vulnerabilidad, peligro, riesgo, decisión.

RÉSUMÉ

Risques resultant de l'action humaine dans la construction d'enfouissement - Les grandes décharges du Funchal - Il y a dans l'île de Madeira nombreux décharge formé par des matériaux d'excavation et de construction. Les investigations ont permis de définir les niveaux de vulnérabilité, de dangerosité et de risques des vingt-deux moyennes et grandes décharges dans la municipalité de Funchal. Il est prévu que les résultats présentés dans cet article et les éléments de support fournissent servir de support à la décision, exhortant la réalisation de actions sur la localisation, la surveillance et la maintenance des décharges actuels et anciens, réduisant le degré de risque pour la population et l'environnement.

Mots-clé: Décharges, vulnérabilité, danger, risque, décision.

* O texto deste artigo foi submetido em 30-01-2015, sujeito a revisão por pares a 30-04-2015 e aceite para publicação em 27-07-2015. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 22, 2015, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

O conhecimento do território, nomeadamente dos elementos que neste podem oferecer riscos, é um fator fundamental no âmbito das atividades do planeamento e do ordenamento do território, contribuindo para uma gestão equilibrada da atividade humana sobre o meio envolvente, ao prevenir ou minimizar situações de perigo e atenuar os seus efeitos.

Tendo por “cenário de atuação” o concelho do Funchal, de orografia extremamente vigorosa, caracterizada por profundos e extensos vales encaixados, sujeito a condições climáticas muito particulares e com um passado marcado por episódios catastróficos com movimentos de massa, fluxos hiperconcentrados (os fluxos são considerados hiperconcentrados quando apresentam uma concentração de sedimentos superior a 40% do total da massa (A. D. Miall, 1996; Y. K. Sohn *et al.*, 1999). Estes podem formar-se, pela redução do material sólido dos fluxos de detritos ou pela junção de caudal líquido (20% - 60% do volume ou 40 a 80 % do peso), apresentando um comportamento de grande turbulência com o aparecimento de ondas - *roll waves* (D. Rodrigues *et al.*, 2010) e pelas águas torrenciais das ribeiras, o território foi sendo ocupado pelos seres humanos ao longo de quase seis séculos. Sendo o solo apto à fixação humana tão escasso e valioso, nas últimas décadas foram colocados/ despejados elevados volumes de materiais de escavação e de construção em locais não licenciados, dando origem a depósitos de pequena, média e grande dimensão, que em alguns casos atingem os 20 metros de espessura. Tudo indica ter sido um antigo depósito de materiais de escavação e de construção, sem licenciamento, que esteve na origem de uma das situações mais dramáticas ocorridas na aluvião de 20 de fevereiro de 2010.

A prévia pesquisa e o contacto estabelecido com diferentes instituições públicas e privadas, permitiram constatar a não existência de estudos sobre a inventariação, localização, caracterização e vulnerabilidade associada aos grandes depósitos de materiais de escavação e de construção existentes no concelho do Funchal. Por entre as pesquisas realizadas, a nível nacional, constatou-se igualmente a ausência de trabalhos científicos sobre esta temática.

Partindo deste pressuposto, e por se tratar de um tema de extrema utilidade face à problemática atual da gestão do território, no que diz respeito a esta matéria, o primeiro autor deste artigo, orientado pelos segundos, apresentou e defendeu uma dissertação de mestrado (D. Araújo, 2013) abordando este assunto. Foi objetivo da dissertação de mestrado que está na génese deste artigo, fornecer às

entidades competentes regionais um documento onde conste o inventário, cartografia e caracterização dos principais depósitos de materiais de escavação e de construção (aterros), distribuídos aleatoriamente pelo concelho do Funchal, contribuindo para um melhor conhecimento da suscetibilidade destes poderem vir a conferir algum grau de vulnerabilidade à população, às infraestruturas e aos ecossistemas, no âmbito do planeamento de emergência da área em questão.

São objetivos deste artigo partilhar elementos de suporte e de decisão; contribuir para um melhor conhecimento da suscetibilidade dos aterros; promover a tomada de medidas sobre a sua localização, manutenção e monitorização; reduzir os graus de risco para a população e o meio ambiente; e enfatizar a prevenção e a mitigação do risco.

Neste artigo são ainda incluídos um conjunto de considerações e de recomendações, com o propósito de serem úteis na tomada de decisões relacionadas com a gestão do território (ordenamento e planeamento).

A área de estudo

O presente artigo tem como objeto de estudo o concelho do Funchal, capital da Região Autónoma da Madeira. O arquipélago da Madeira localiza-se em pleno domínio atlântico, a oeste da costa norte de África e é constituído pelas ilhas da Madeira e do Porto Santo e ainda pelas reservas naturais das ilhas Desertas e das ilhas Selvagens. Este arquipélago constitui, juntamente com os arquipélagos dos Açores, Canárias e Cabo Verde a região biogeográfica da Macaronésia.

O edifício vulcânico que constitui o arquipélago, tem idade Mio-Holocénica. Desenvolve-se em forma de um grande vulcão escudo (fig. 1), localizando-se em plena Placa Africana, a sul da Diretriz de Compressão Açores-Gibraltar e a este da Crista Média Atlântica. A origem do vulcanismo que está na génese deste relevo submarino é consensualmente atribuída a um ponto quente - hotspot (A. Silveira *et al.*, 2010a).

O clima na ilha da Madeira é fortemente condicionado pela intensidade e localização do anticiclone dos Açores, sendo o relevo, a configuração e a orientação da ilha fatores preponderantes na génese dos diferentes microclimas que existem por toda a ilha. O acidentado do relevo, além do efeito da altitude, induz uma diferenciação climática local, consequência da configuração alongada da ilha e da sua orientação E-O, perpendicular à direção do vento dominante de Norte. Estes condicionalismos geram temperaturas do ar e precipitações (fig. 2) distintas à mesma cota em vertentes com diferente exposição aos ventos dominantes (A. Silveira *et al.*, 2010a).



Fig. 1 - Perfil sul-norte do vulcão-escudo da ilha da Madeira, visto a partir da Ponta de São Lourenço para oeste (Fonte: A. Silveira *et al.*, 2010a).

Fig. 1 - South-north Madeira Island shield volcano profile, seen from Ponta de São Lourenço overlooking west (Source: A. Silveira *et al.*, 2010a).

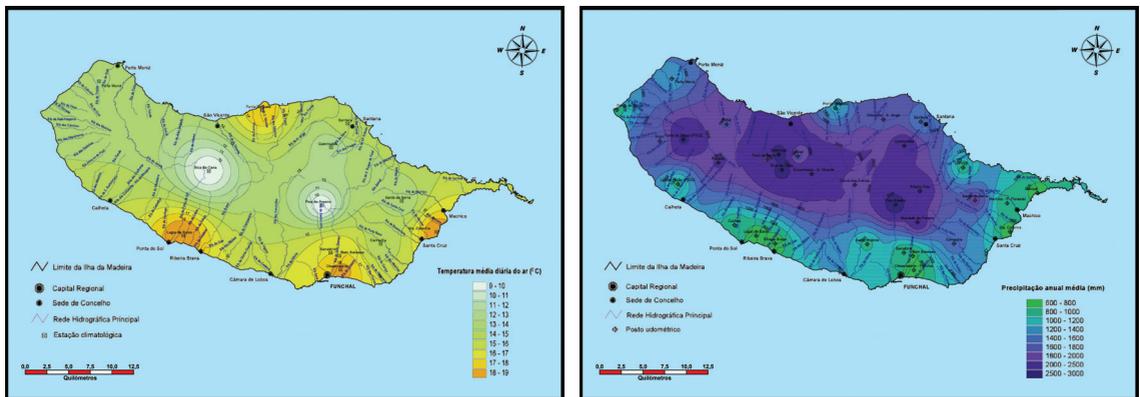


Fig. 2 - Distribuição da temperatura média diária e precipitação média anual na ilha da Madeira (Fonte: Plano Regional da Água da Madeira (PRAM), 2003).

Fig. 2 - Average daily temperature and average annual rainfall distribution in Madeira Island (Source: Plano Regional da Água da Madeira (PRAM), 2003).

A região conta com um clima ameno assente numa temperatura média anual de 18,7°C e uma amplitude térmica de apenas 6,4°C. Agosto é o mês mais quente (22,3°C) em contraponto com Fevereiro, que se apresenta como o mês mais fresco (15,9°C). Com a altitude a crescer sucedem-se os microclimas, que fomentam uma notável variação da vegetação (R. Quintal, 2007). As médias anuais de precipitação aumentam com a altitude, sendo, por norma, mais elevadas na encosta norte comparativamente às registadas na encosta sul, para a mesma altitude. Os valores médios anuais de maior precipitação são registados nas estações meteorológicas da Bica da Cana (1560 m) e do Areeiro (1510 m) com valores totais máximos próximos dos 3000 mm/ano; a precipitação média anual para toda a ilha da Madeira é de 1636 mm (S. Prada *et al.*, 2003).

O concelho do Funchal, capital da Região Autónoma da Madeira (RAM), situa-se na metade sul da ilha da Madeira, tendo por limites a norte, os cumes do maciço montanhoso central, que divide as vertentes das costas norte e sul da ilha, e a sul o Oceano Atlântico. As vertentes no concelho apresentam declives bastante acentuados (fig. 3). Mais de metade do concelho apresenta declives superiores a 30%, considerados muito acentuados, o que condiciona

fortemente a ocupação do território (J. Silva *et al.*, 2010). O concelho do Funchal é entalhado (“rasgado”) por cinco cursos de água principais que são relativamente extensos e que apresentam uma orientação aproximadamente perpendicular à linha de costa.

No concelho do Funchal afloram sobretudo as formações eruptivas mais recentes da ilha da Madeira, o designado Complexo Vulcânico Superior (fig.4). Este complexo é composto por lavas maioritariamente alcalinas que deram origem a basanitos e a basaltos. Muitos destes afloramentos estão cobertos por diversos tipos de depósitos sedimentares mais recentes, surgindo afloramentos do Complexo Vulcânico Intermédio apenas nos vales encaixados dos cursos superiores das principais ribeiras que atravessam o concelho, como é o caso do aterro da Brimade, localizado no curso superior da ribeira de Santa Luzia, que iremos fazer referência mais à frente nos casos de estudo.

A altitude média da ilha é de 650 m, e esta apresenta 35% da sua superfície com altitudes superiores a 1000 m. Se se considerarem as cotas superiores aos 500 metros aí está representado cerca de 90% do seu território. Já durante as diferentes etapas da formação da ilha, os



Fig. 3 - Perspetiva marítima da zona central do “anfiteatro” do Funchal (Foto: Duarte Araújo, 2007).

Fig. 3 - Maritime perspective of Funchal “amphitheater” central area (Photo: Duarte Araújo, 2007).

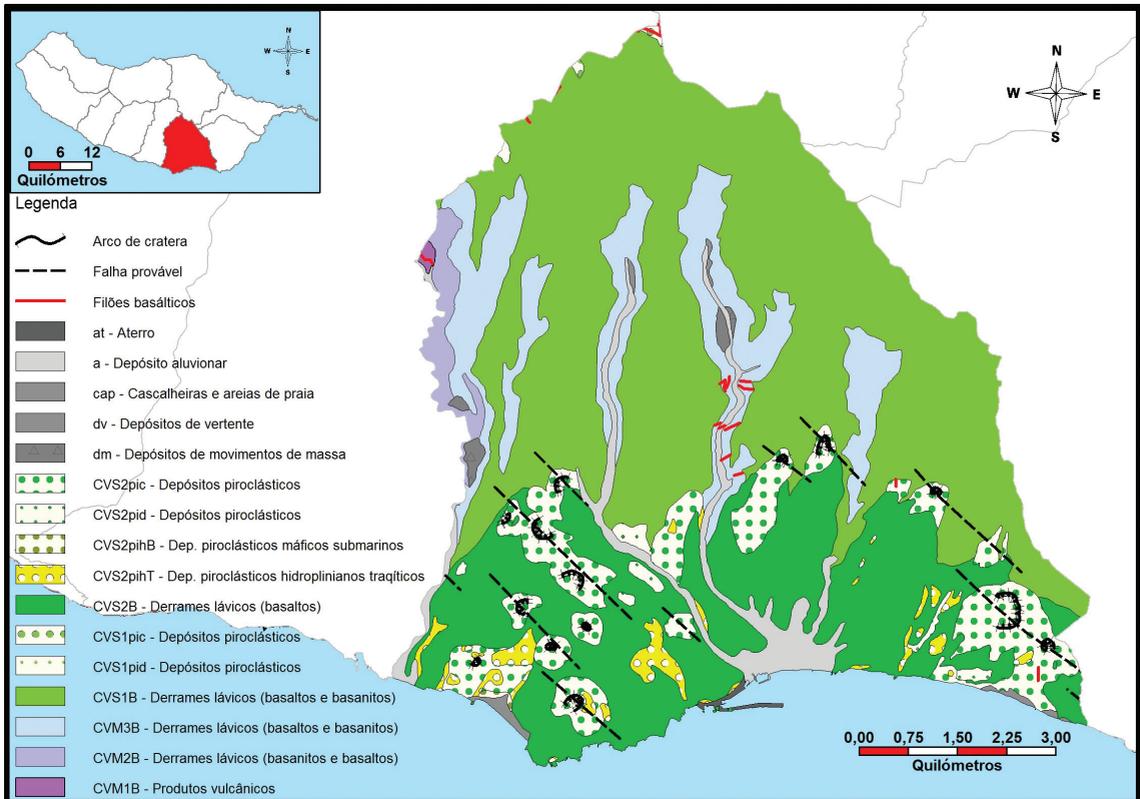


Fig. 4 - Excerto da Folha B da Carta Geológica da Ilha da Madeira em Sistemas de Informação Geográfica (Fonte: Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais (SRA), 2010).

Fig. 4 - Excerpt from Sheet B of Madeira island Geological Chart in Geographical Information Systems (Source: Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais (SRA), 2010).

agentes modeladores externos, destacando-se aqui o fator água, começaram o seu trabalho erosivo, dando a atual morfologia à ilha.

No Funchal contam-se cinco grandes bacias hidrográficas com um nível de hierarquização bastante forte e que ocupam grande parte do concelho. A rede hidrográfica da ilha da Madeira apresenta indícios de uma extrema juventude que se traduz, por exemplo, na pouca extensa erosão lateral das vertentes e das capturas, bem como nos perfis longitudinais com declives acentuados (fig. 5) que se observam mesmo nas ribeiras com maior grau de maturidade. Daqui resultam vales

recentes e bastante encaixados. Consoante a natureza e dureza dos materiais geológicos, estes apresentam-se mais apertados na base e mais amplos no topo (em forma de “V”) quando associados a materiais geológicos mais resistentes (escoadas lávicas e/ou depósitos piroclásticos coesos), com secções estreitas e desenvolvimento de paredes verticais a subverticais; ou largos, tanto no topo como na base (vales encaixados de fundo plano), com paredes subverticais quando estão associados à presença de materiais mais brandos, como sejam os depósitos piroclásticos pouco coesos e/ou alterados (J. Silva *et al*, 2010).

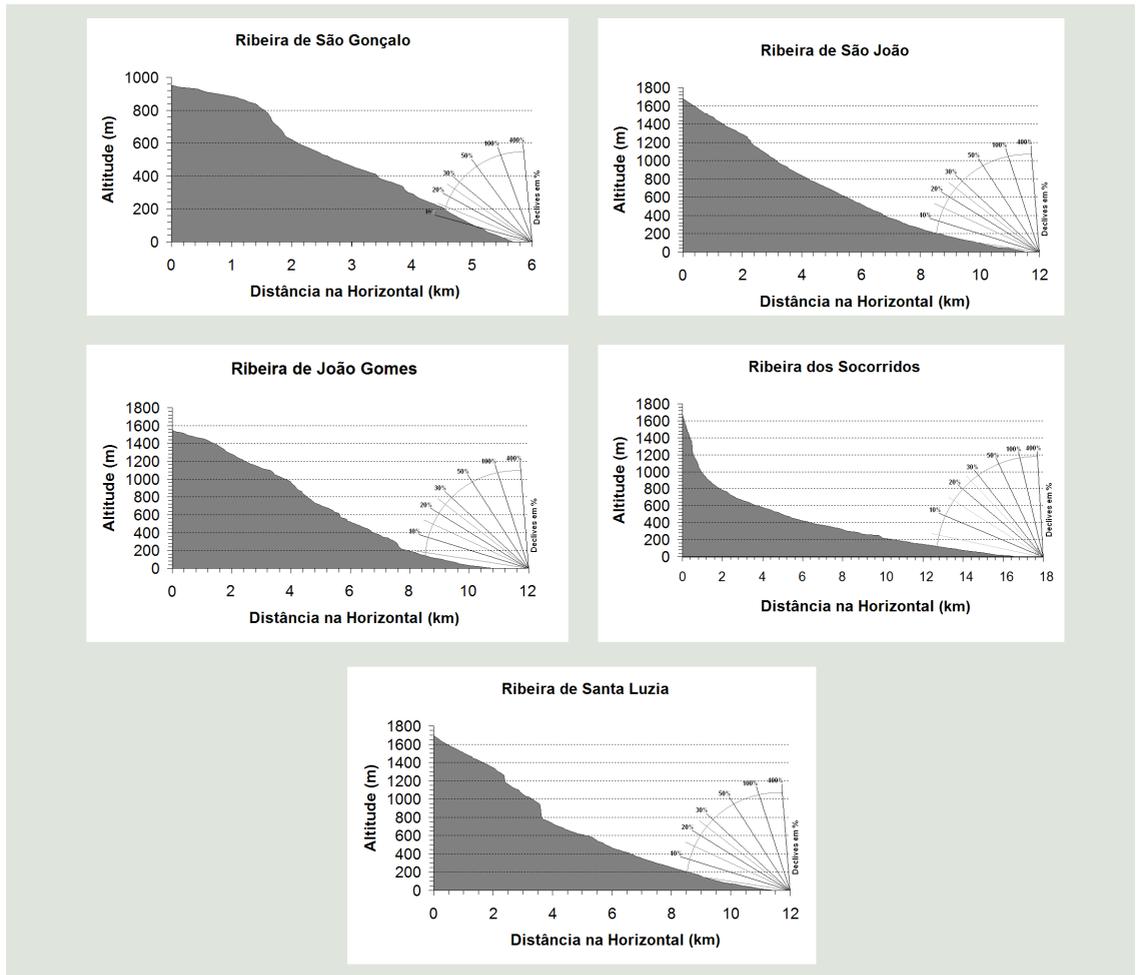


Fig. 5 - Perfis longitudinais, com as respetivas classes de declive, das principais ribeiras que desaguam no concelho do Funchal (Fonte: D. Araújo, 2013).

Fig. 5 - Longitudinal profiles, with the respective slope classes, of the main streams that flow into municipality of Funchal (Source: D. Araújo, 2013).

Nas principais ribeiras que atravessam o concelho do Funchal, e em termos de caudal, o quadro geral é o de torrentes vigorosas e muito ativas nas estações chuvosas, com transporte de abundante carga sólida, heterométrica, e com grande capacidade de transporte até ao mar (O. Ribeiro, 1985). Ao longo dos séculos o registo de aluviões não é raro, e bem presente na memória dos madeirenses continua a aluvião de 20 de fevereiro de 2010 (fig. 6). Durante o período de verão, os leitos das ribeiras encontram-se, no geral, praticamente secos e repletos de detritos grosseiros, incluindo grandes blocos, que se imobilizam a meio do transporte por perda de competência das águas, até que novas enxurradas possam retomar o seu transporte a caminho do litoral (S. Prada *et al.*, 2003).

Este tipo de acontecimento (aluvião) não é um fenómeno novo na Madeira, antes pelo contrário. Os terrenos da baixa citadina do Funchal compreendem, essencialmente, depósitos fluviais e marinhos do Plistocénico que, muitas



Fig. 6 - Perspetiva sobre os materiais de origem torrencial que foram transportados, transbordados e depositados na baixa do Funchal, na aluvião de 20-02-2010. (Foto: Duarte Araújo, 2010).

Fig. 6 - Perspective on the materials of torrential source that were transported, overflowed and deposited in downtown Funchal, in alluvial 20/02/2010. (Photo: Duarte Araújo, 2010).

vezes, cobrem depósitos vulcânicos piroclásticos e/ou derrames lávicos (G. Zbyszewski *et al.*, 1975). Tratam-se de materiais pétreos de transporte torrencial, muito heterométricos e heterogêneos (bloco, calhau, areia, silte e argila), mal calibrados e pouco coesos (sendo o teor dos materiais finos, areia, silte e, particularmente, de argila, responsável pela maior ou menor coesão). Os materiais pétreos dos depósitos fluviais e marinhos apresentam, normalmente, porosidade e permeabilidade elevada, podendo hoje ser observados aquando da abertura de valas ou em escavações em obras subterrâneas na baixa citadina do Funchal, até à cota dos 30 metros, aproximadamente (J. Silva *et al.*, 2006).

A morfologia da paisagem em que a área urbana funchalense se implanta, apresenta-se como um “anfiteatro de grandes dimensões”, que sobe rapidamente desde o nível do mar até um conjunto montanhoso que culmina para além dos 1800 metros de altitude, no Pico do Areeiro. Segundo os autores da mais recente Carta Geológica da ilha da Madeira (A. Silveira *et al.*, 2010a), a forma de “anfiteatro” deve a sua morfologia, ao designado “Mega Deslizamento do Funchal”. Os autores descrevem que esta depressão terá sido originada por um grande deslizamento num setor do flanco sul do vulcão da Madeira, cuja rampa lateral (NNE - SSO) intercepta a arriba litoral entre o Cabo Girão e Câmara de Lobos. Esta estrutura de colapso gravítico e a sua posterior “fossilização” estará pois na origem da atual morfologia “em anfiteatro”.

Na morfologia da ilha da Madeira, para além da forma do vulcão escudo (forma convexa idêntica à dos escudos usados pelos antigos guerreiros), na parte imersa do edifício vulcânico da Madeira, conhece-se também a presença de canhões submarinos na continuação dos vales terrestres, até à base do edifício vulcânico, a cerca de 3 400 metros de profundidade (fig. 7). Num estudo realizado por Giermann, 1967 e citado por Rodrigues, 2005, estes canhões submarinos funcionam como condutas que drenam, para águas mais profundas, os sedimentos resultantes da erosão verificada nas ribeiras entre a Ribeira Brava e a Ponta de São Lourenço. Neste sector, foram identificados quatro sistemas fluviais terrestres e um sistema fluvial imerso, sendo clara a relação entre a disposição das linhas de água, da parte emersa, com os vales da parte imersa. Deste modo, o autor concluiu que a rede fluvial terrestre tem continuidade em vales submarinos. Da mesma forma que existem afluentes na parte emersa, existem afluentes que surgem por completo na parte imersa.

Existe uma teoria que defende que “...os canhões submarinos são a consequência dos processos erosivos, que formam os vales na parte emersa da ilha, através dos quais as torrentes de fluxos de detritos e de sedimentos, com grande capacidade erosiva, atingem

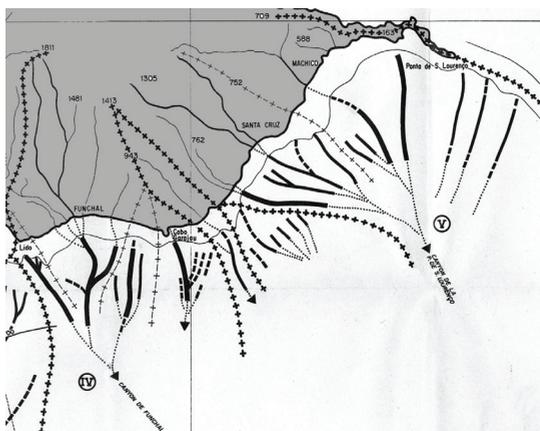


Fig. 7 - Localização dos canhões submarinos do Funchal e da Ponta de São Lourenço identificados por G. Giermann, 1967, na costa sul da ilha da Madeira (Fonte: D. Rodrigues, 2005).

Fig. 7 - Location of Funchal and Ponta de São Lourenço submarine canyon, identified by G. Giermann, 1967, on Madeira island south coast (Source: D. Rodrigues, 2005).

a parte submersa da vertente, continuando a sua forte acção erosiva e formando os canhões submarinos. A presença, de muitos canhões próximos da foz das ribeiras corrobora esta teoria. Estes canhões submarinos funcionam como condutas que drenam para as zonas mais profundas os sedimentos resultantes da erosão... (D. Rodrigues, 2005, p. 126-128).

Em toda a ilha da Madeira a distribuição da população é feita de uma forma bastante assimétrica. Segundo os dados dos Censos 2011, na metade Sul da ilha habitam 93,8 % dos residentes. O Funchal, que apenas ocupa cerca de 10 % do território, concentra 42,7 % da população, ou seja em cerca de 76 km² habitam perto de 112 000 pessoas o que daí resulta uma densidade populacional de aproximadamente 1470 hab/km², mais de 12 vezes superior à média nacional, facto que está bem patente na ocupação do território.

Com um crescimento populacional exponencial, nas últimas décadas o território foi sendo ocupado deste as cotas mais baixas, densamente edificadas, até à cota dos 800/900 metros (fig. 8). Depois de inicialmente ter ocupado locais menos vulneráveis (linhas de cumeada e afastados das linhas de água) o ser humano insular procurou contrariar a Natureza, instalando-se e desenvolvendo as suas atividades ao longo de linhas de água, em áreas de leito de cheia, e em terrenos declivosos, propícios a movimentos de massa.

Sendo o solo apto à fixação humana tão escasso e valioso, e fruto do crescimento populacional e consequente aumento do volume de construções e de material disponível, nas últimas décadas foram colocados/ despejados elevados volumes de materiais de escavação e de construção em locais não licenciados, dando



Fig. 8 - Ocupação do território nas zonas altas da freguesia de Santo António, até à cota dos 800/900 metros (Foto: João Silva, 2010).

Fig. 8 - Territory occupation in the high areas of Santo Antonio parish, to a height of 800/900 meters (Photo: João Silva, 2010).

origem a grandes, volumosos e espessos depósitos. Para a maioria destes depósitos de origem antrópica não foram desenvolvidos estudos prévios de localização, e estes não foram projetados para o acondicionamento de resíduos, tendo estes despejos vindo a criar situações que põem em causa não só o ambiente, mas sobretudo a segurança das populações.

Legislação

À luz da atual lei, e no que diz respeito à localização, um aterro tem de ter em consideração a distância do seu perímetro relativamente às áreas residenciais e recreativas, cursos de água, massas de água e outras áreas agrícolas e urbanas; a existência na zona de águas subterrâneas ou costeiras, ou de áreas protegidas; as condições geológicas e hidrogeológicas locais e da área envolvente; os riscos de cheias, de aluimento, de desabamento de terra ou de avalanches na área; e a proteção do património natural e cultural.

Importa referir que todos os aterros inventariados neste estudo têm o seu início de atividade antes do atual regime jurídico. No que diz respeito à deposição de resíduos em aterro e aos requisitos gerais a observar na conceção, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros, a realidade constatada no concelho do Funchal é bem distinta da preconizada pela lei. À luz do atual quadro jurídico nenhum dos vinte e dois aterros estudados teria condições para se instalar nos locais onde agora se encontram, ora por se localizarem junto a áreas residenciais e recreativas, cursos de água, áreas protegidas ou águas costeiras, ora pelo facto dos locais onde estão implantados não oferecerem condições geológicas e hidrogeológicas capazes de evitar riscos de movimentos de massa (D. Araújo, 2013).

Apesar disso alguns deles continuaram ativos depois da entrada em vigor da lei, sem que tivessem sido levadas em linha de conta as novas determinações jurídicas. Refira-se a título de exemplo o aterro existente junto à Ribeira da Lapa (fig. 9), no sítio da Volta da Malhada, Eira do Serrado, freguesia de Santo António, que teve o seu início de atividade no ano de 2002 resultado da iniciativa pública de neste local depositar os materiais provenientes da abertura do túnel rodoviário de acesso à freguesia do Curral da Freiras, sem que tivessem sido acauteladas as devidas medidas de proteção ambiental.

Passados quase dez anos, é novamente uma obra pública a responsável pelo crescimento deste aterro. Desta feita, em 2011, a abertura da ligação rodoviária entre as zonas altas das freguesias de Santo António e de São Roque ao Pico do Areeiro serviu de mote para novamente aí serem depositadas elevadas quantidades de materiais de escavação (terra e fragmentos rochosos de diferentes calibres) provenientes desta empreitada pública. Esta foi na ocasião uma situação considerada, pelo empreiteiro e pelas entidades oficiais responsáveis pela obra, como sendo provisória, mas o que é facto é que o aterro lá continua, sem que para tal tenham sido observadas as determinações do atual regime jurídico.



Fig. 9 - Aterro junto à Ribeira da Lapa, sítio da Volta da Malhada, Eira do Serrado (Foto: Duarte Araújo, 2012).

Fig. 9 - Landfill alongside Ribeira da Lapa, in sítio da Volta da Malhada, Eira do Serrado (Photo: Duarte Araújo, 2012).

Atualmente a instalação de um aterro só é autorizada se, face às características do local, no que se refere aos aspetos acima mencionados, e às medidas corretivas a implementar, não acarretar qualquer risco grave para o ambiente e saúde pública. Relativamente à estabilidade o Decreto Lei nº 183/2009 determina que a deposição dos resíduos nos aterros deve ser realizada de modo a assegurar a estabilidade da massa de resíduos e das estruturas associadas, nomeadamente no sentido de evitar deslizamentos e/ou outros movimentos de massa similares. Sempre que for criada uma barreira artificial, deve garantir-se que o substrato geológico, considerando a morfologia do aterro, é suficientemente estável para conseguir evitar assentamentos (pressão vertical) que possam danificar essa barreira.

Metodologia

O despejo de materiais de escavação e de construção na ilha da Madeira tem vindo a criar situações que põem em causa não só o ambiente, mas sobretudo a segurança das populações. Segundo os dados da Direção Regional do Ambiente (DRAmb), e só em termos de Resíduos de Construção e de Demolição (RCD), considerando o valor de referência, 500kg RCD / per capita / ano, estima-se uma produção deste tipo de resíduos na ordem das 350 toneladas / dia na Região Autónoma da Madeira (C. Alves, 2009) durante o “boom” da construção, entre a década de 90 do século passado e a primeira década do século XXI.

Ao longo dos anos, a maioria dos materiais de escavação e de construção teve como destino final o despejo em aterros não licenciados, muitas vezes os mesmos usados para os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), ou o despejo em áreas protegidas, diretamente no mar, nas bermas das estradas e ao longo das margens e leitos de várias ribeiras existentes um pouco por toda a ilha onde eram abandonados longe do olhar das entidades licenciadoras/fiscalizadoras. Esta situação, motivada pela grande pressão exercida pelo crescimento económico e pelo consequente aumento do volume de obras públicas e privadas nas últimas três décadas, levou a que fossem cometidos vários atentados ambientais e a que fossem colocadas em risco as próprias populações.

Dada a inexistência dum inventário, de cartografia ou de estudos que caracterizassem os antigos e atuais depósitos de materiais de escavação e de construção, procedeu-se inicialmente à recolha da reduzida informação oficial existente sobre um ou outro aterro. Para a inventariação, localização e cartografia dos depósitos de materiais de escavação e de construção, principalmente os mais antigos, começou-se no campo por recolher os testemunhos orais de profissionais que trabalharam diretamente no sector ou que de alguma forma tivessem conhecimento pormenorizado sobre a localização, características e modo de funcionamento dos aterros. Esta recolha oral foi acompanhada pela impressão de dois ortofotomapas e de duas cartas em papel no formato A0 e à escala 1/10 000 onde foram assinalados, numa primeira fase esses testemunhos orais. Numa fase posterior, foi essa informação digitalizada em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com recurso ao software GeoMedia Professional 6.1.

Depois de criado o projeto SIG, procedeu-se à impressão de novas cartas, individualizadas para cada um dos aterros identificados, no formato A4, a uma escala mais próxima da realidade. Nessas novas cartas, foram digitalizados os elementos até aí recolhidos, passando-se de seguida ao trabalho de campo para aferição e confirmação desses dados e recolha de novos elementos

no local. Processada toda a informação, procedeu-se depois à criação do Modelo Digital do Terreno (MDT) para uma determinada secção do Aterro da Cancela que iremos dar destaque mais à frente nos casos de estudo.

Inventariação, cartografia e caracterização

No âmbito deste estudo, foram identificados 22 aterros de média e grande dimensão no concelho do Funchal. Estes estão dispersos um pouco por todo o município, com especial incidência na região centro norte do concelho onde se localiza a grande maioria dos aterros. De acordo com os objetivos definidos, aqui não é feita referência aos inúmeros pequenos depósitos de materiais e que resultaram dos despejos ao longo de caminhos, encostas, arribas, orla costeira e espaços florestais mais escusos. No entanto recomenda-se a inventariação e monitorização destes pequenos depósitos, pois alguns deles, numa pequena escala, poderão oferecer algum tipo de risco às populações, infraestruturas ou meio ambiente. Neste estudo, foi ainda tido em conta o aterro situado na margem direita da foz da ribeira dos Socorridos, que apesar de estar implantado no concelho vizinho de Câmara de Lobos, pode apresentar algum risco para o concelho do Funchal, caso algum episódio de movimentos de massa e/ou fluxos hiperconcentrados aí ocorra, obstruindo a foz da referida ribeira e afetando a montante deste local, por inundações, importantes equipamentos públicos de vital importância (Estação Termoelétrica da Vitória, instalações da Empresa de Eletricidade da Madeira, silos da Gaslink - Gás Natural e silos da empresa Cimentos Madeira) na margem esquerda da ribeira, concelho do Funchal.

Os vinte e dois aterros inventariados neste estudo foram cartografados (fig.10 e QUADRO I), tendo sido elaborados mapas de localização com indicação dos seus limites reais e prováveis. A dimensão média dos vinte e dois aterros estudados é de cerca de 51.000 m². O aterro que apresenta maior dimensão é o das Carreiras ocupando uma área com 272.277,4 m², seguindo-se os aterros da Brimade, da Herdade da Achada Grande e Montado do Coelho, todos acima da centena de metros quadrados. Os de menor dimensão são os aterros da Fundoa de Baixo, do Pico da Cruz e da Fundoa II.

Localizam-se preferencialmente (18) no interior do concelho e junto às linhas de água, existindo quatro situados junto à orla costeira (Cancela e Montanha no topo de uma arriba sobranceira ao mar, Avenida do Mar e das Comunidades Madeirenses na bacia portuária do Funchal e o localizado junto à foz da ribeira dos Socorridos, concelho de Câmara de Lobos).

Para a caracterização, foi criada uma tabela resumo (D. Araújo, 2013) para cada um dos vinte e dois aterros onde foram registados todos os elementos observados

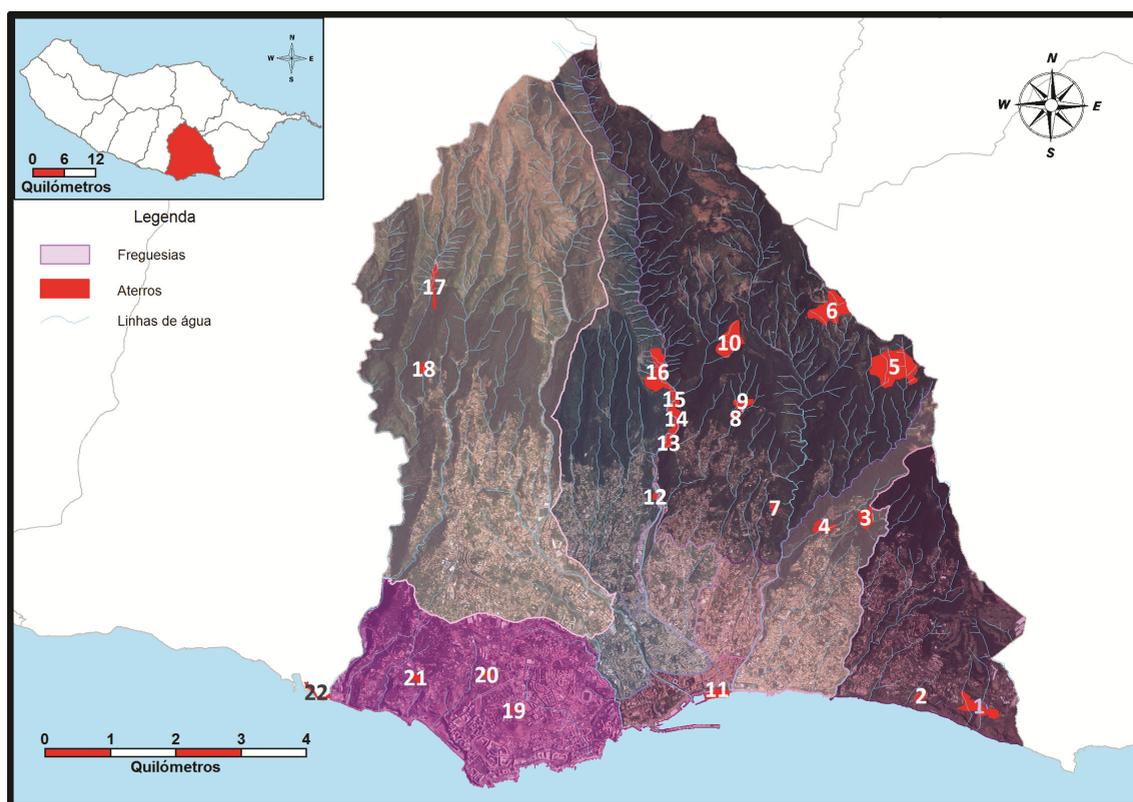


Fig. 10 - Planta de representação da localização dos 22 grandes aterros inventariados, cartografados e caracterizados no concelho do Funchal (Fonte: D. Araújo, 2013).

Fig. 10 - Location map of the 22 large landfills inventory, mapped and characterized in municipality of Funchal (Ref: D. Araújo, 2013).

QUADRO I - Breve descrição dos 22 grandes aterros inventariados no concelho do Funchal (Fonte: D. Araújo, 2013).

TABLE I - Brief description of the 22 large landfills inventoried in municipality of Funchal (Ref: D. Araújo, 2013).

N.º	Nome	Área (m ²)	Posição Topográfica	Tipo Materiais Depositados	Estado Atual
1	Aterro da Cancela	87 783,6	No topo de arriba costeira	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
2	Aterro da Montanha	13 493,3	No topo de arriba costeira	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
3	Aterro do Estádio da Madeira	46 734,2	No topo de uma vertente	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
4	Aterro da Choupana	34 284,4	Numa vertente e junto a linha de água	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
5	Aterro das Carreiras	272 277,4	Numa vertente	Mistos (de construção e de escavação)	Ativo
6	Aterro da Herdade da Achada Grande	158 441,7	No topo de uma vertente	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
7	Aterro das Babosas	13 634,9	No topo de uma vertente	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
8	Aterro do Sr. Saúl	8 914,9	Ocupa o vale de uma antiga linha de água	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
9	Aterro da Tecnovia	20 236,5	Numa vertente	Fragmentos rochosos ("ganga" da pedraira)	Desativado
10	Aterro do Montado do Coelho	111 795,2	No topo de uma vertente junto a linha de água	Fragmentos rochosos ("ganga" da pedraira)	Ativo
11	Aterro da Avenida Do Mar	33 662,1	Junto à orla costeira	Provenientes das limpezas da aluvião	Desativado
12	Aterro da Fundoa de Baixo	5 445,7	Na margem de uma ribeira	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
13	Aterro da Fundoa I	13 871,8	Na margem de uma ribeira	Resíduos sólidos urbanos e inertes	Desativado
14	Aterro da Fundoa II	7 276,9	Na margem de uma ribeira	Mistos (de construção, de escavação e lamas)	Desativado
15	Aterro da Fundoa III	9 057,2	Na margem de uma ribeira	Resíduos sólidos urbanos e inertes	Desativado
16	Aterro da Brimade	175 334,6	Na margem de uma ribeira	Fragmentos rochosos ("ganga" da pedraira)	Ativo
17	Aterro da Ribeira da Lapa	27 157,5	Na margem de uma ribeira	Terra e fragmentos rochosos	Desativado
18	Aterro da Estrela	18 028,9	Numa vertente e junto a linha de água	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
19	Aterro do Pico da Cruz	6 758,6	Numa vertente	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
20	Aterro do Pico de São Martinho	12 056,5	Numa vertente	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
21	Aterro do Papagaio Verde	10 704,8	No topo de um antigo cone vulcânico	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado
22	Aterro Junto à Foz da Ribeira dos Socorridos	13 319,5	Junto à orla costeira	Mistos (de construção e de escavação)	Desativado

e registados em campo. Verificou-se que estes são constituídos por materiais muito idênticos, pois a sua esmagadora maioria (15) tem composição mista (materiais de construção e de escavação). Três deles são compostos por fragmentos rochosos e lamas provenientes da atividade extrativa e transformadora de agregados para a construção civil, dois constituídos essencialmente por resíduos sólidos urbanos, um por material de escavação e de desmonte (terra e fragmentos rochosos), e um essencialmente pelos materiais aluvionares provenientes das operações de limpeza da aluvião de 20/02/2012.

Avaliação da vulnerabilidade dos depósitos

O conceito de vulnerabilidade aqui assumido tem a ver com o risco a que estão sujeitas as populações, as infraestruturas e o ambiente, derivado de fenómenos extremos que possam envolver os referidos depósitos de materiais de escavação e de construção. Assim poderemos falar na suscetibilidade de os aterros favorecerem a ocorrência de fenómenos catastróficos que possam causar vulnerabilidade. A avaliação da vulnerabilidade que se refere neste artigo foi feita através da observação direta dos aspetos que envolvem os aterros e de alguns casos de estudo que envolveram trabalhos de prospeção sísmica e mecânica.

Tendo em consideração que os materiais que constituem os aterros, geralmente pouco compactos e coesos e mais permeáveis que aqueles que constituem o substrato rochoso do local sobre os quais estão assentes, encerram em si um potencial acrescido de poderem vir a ser mobilizados em situações de risco às quais possam vir a ser expostos. Não esquecer a água das chuvas e de infiltração como elemento capaz de poder promover a instabilidade deste tipo de depósitos. Na Madeira, as chuvas torrenciais não são raras, ocorrendo, geralmente, no Outono e início da Primavera (R. Quinta, 1999). Por vezes são mesmo desastrosas, por originarem caudais de enorme poder erosivo e transportador, com efeitos destruidores de bens materiais (pontes, estradas, terrenos agrícolas, casas e outras infraestruturas), causadores de mortes (pessoas e animais) e inundações nas zonas baixas, localizadas junto ao mar. Quando na execução de um aterro são ignorados os riscos inerentes à sua conceção este, em situações extremas, pode causar elevados prejuízos materiais e até pessoais. Há a considerar não só os riscos associados à estrutura do aterro em si (fatores endógenos), como também a toda a zona envolvente (fatores exógenos). Tendo em consideração a maior susceptibilidade dos materiais depositados nos aterros serem removidos por ação de fatores endógenos, iremos aqui dedicar maior atenção a estes.

Falamos de risco geomorfológico para exprimir as consequências provocadas pelos processos de evolução do relevo terrestre que ocorrem no contacto entre a

superfície terrestre e a atmosfera (A. Carvalho, 2003). Essas consequências podem atingir a segurança das populações, das infraestruturas e dos ecossistemas, sendo que esses processos são muito variados e dependem em grande parte das condições geológicas e climáticas de cada região. No presente artigo, vamos considerar dois tipos fundamentais de processos:

- Erosão hídrica - compreende a erosão pluvial, provocada pelo impacto das gotas de chuva no solo e a erosão relacionada com as várias formas de escoamento líquido ao longo das vertentes (escoamento superficial ou hipodérmico, escoamento em sulco, escoamento em ravina);
- Movimentos de vertente - movimento de descida numa vertente, de uma massa de rocha, solo ou mistura de materiais. O centro de gravidade do material afetado progride para jusante e para o exterior. Incluem desabamentos (quedas), tombamentos (balançamentos), deslizamentos (escorregamentos), expansões laterais e fluxos (escoadas). Os movimentos de vertente na Madeira são geralmente desencadeados pela precipitação abundante e intensa e por redefinição morfológica (gravidade e declive dos terrenos).

As consequências, em termos de risco para os aterros, destes dois processos geomorfológicos são diferentes. Enquanto a erosão hídrica traduz-se na mobilização que pode envolver quantidades consideráveis de materiais aí depositados, os movimentos de vertente traduzem-se, sobretudo, na instabilidade das vertentes que podem, em situações extremas, envolver todo o aterro. Estes processos geomorfológicos estão muito condicionados pelas condições físicas dos aterros. Enquanto a erosão hídrica é acelerada pela ausência ou degradação do coberto vegetal, os movimentos de vertente são muitas vezes desencadeados pela presença de taludes e vertentes artificiais de maior declive em condições de estabilidade deficientes. Não raras vezes estes processos não ocorrem isoladamente, existindo uma relação direta entre ambos (A. Gomes e H. I. Chaminé, 2005). No entanto, estes processos podem ser mitigados, estabilizados ou até mesmo evitados, se forem tomadas as devidas precauções aquando da edificação de raiz deste tipo de depósitos ou através de intervenções ao nível da realização de obras de engenharia em aterros já existentes e que apresentem algum tipo de risco.

Os movimentos de vertente podem ser potenciados por diversas causas (condicionantes) de origem natural ou antrópica (F. Rebelo, 2001). O primeiro fator é o hidroclimático, sendo a precipitação, na sequência de períodos abundantes, o principal fator desencadeante dos movimentos de massa em vertente. A duração e intensidade da precipitação são agentes importantes na saturação das massas sujeitas ao movimento, sendo a

intensidade especialmente importante nos movimentos de massa associados a depósitos de aterro, pois em momentos de pico de precipitação estes podem atingir rapidamente a saturação e desencadear movimentos rápidos e torrenciais.

Sendo a precipitação um fator condicionante ao movimento de massa em vertente, os seus efeitos estão dependentes das condições de infiltração, circulação e armazenamento da água no terreno que, por sua vez, determinam a sua competência de resistência à rutura. Os materiais que constituem os aterros estudados, em geral, apresentam-se pouco compactados, pouco coesos e com boa permeabilidade. Os diferentes materiais que constituem a litologia primitiva do local sobre os quais estão assentes os aterros (substratos rochosos mais competentes e impermeáveis) podem gerar uma superfície de descontinuidade no contacto entre as formações “*in situ*” e a circulação de água, e promover a instabilidade do depósito/aterro. Nos aterros há ainda a considerar os sistemas de drenagem. A sua ausência ou subdimensionamento pode originar a acumulação e aumentar a pressão da água no interior do aterro e potenciar movimentos de massa.

No caso concreto dos 22 aterros inventariados, cartografados e caracterizados neste estudo, identificamos em 14 deles vários fatores de instabilidade.

20 de fevereiro de 2010

No dia 20 de fevereiro de 2010, registou-se um nível de precipitação muito elevado (fig. 11), caracterizado por uma concentração espaço-temporal extremamente diminuta.

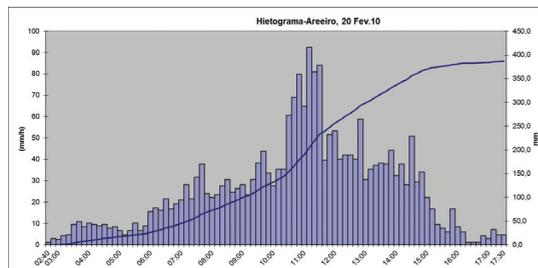


Fig. 11 - Hietograma (Pico do Areeiro) representando o dia 20 de fevereiro de 2010 (Fonte: J. Silva *et al.*, 2010).

Fig. 11 - Hietogram (Pico do Areeiro) representing the 20th February 2010 (Ref: J. Silva *et al.*, 2010)

Neste cenário, tudo indica ter sido um antigo aterro sem licenciamento que esteve na origem de uma das situações mais dramáticas ocorridas na aluvião do dia 20 de fevereiro de 2010. Este episódio deverá ter sido provocado por um movimento de massa associado a este antigo aterro que originou um fenómeno “tipo barragem”, seguido de rebentamento, ocorrido no ribeiro do Vale, freguesia do Monte, que provocou uma verdadeira “avalanche” de água, lama e carga sólida de grandes dimensões (pedras de vários calibres, troncos

de árvores) que deixou um grande rasto de destruição à sua passagem (fig. 12). O fluxo de materiais não se circunscreveu apenas ao leito normal deste ribeiro, tendo galgado o largo das Babosas seguindo o seu trilho de destruição encosta abaixo em direção ao centro do Funchal. Pelo caminho destruiu casas, estradas, automóveis e outros bens, ceifando igualmente a vida a cerca de uma dezena de pessoas.



Fig. 12 - Destrução causada pelo suposto deslizamento de terras num aterro não licenciado na freguesia do Monte a 20 de fevereiro de 2010 (Foto: D. Ramos, 2010).

Fig. 12 - Destruction caused by the supposed landslide in an unlicensed landfill in the village of Monte on the 20th February 2010 (Photo: D. Ramos, 2010).

V. S. Matos (2012) refere a este propósito “...a capela das Babosas, datada de princípios do século XX, foi totalmente arrasada (...) porque atrás existia um enorme aterro, feito de qualquer modo e sem nenhuma regra (despejo puro e simples, como aliás é normal acontecer) e que ao deslizar devido ao peso da água e à falta de contenção e proteção, destruiu a capela. Os materiais dessa destruição engrossaram a torrente devastadora que, após percorrer uma distância de cerca de 3-4 km, chegou ao cimo da Pena, no Funchal, deixando no caminho mortes e perca de bens de montante muito significativo...” (p.45).

Casos de estudo

Apresenta-se de seguida uma caracterização mais pormenorizada dos Aterros da Cancela, da Montanha e da Brimade, com base nos trabalhos desenvolvidos durante este estudo e nos resultados obtidos na campanha de prospeção geológico-geotécnica, no âmbito do Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil do Concelho do Funchal - PMEPCFX (J. Silva, *et al.*, 2011a). Os trabalhos de prospeção foram executados por uma equipa multidisciplinar e compreenderam prospeção geofísica (perfis sísmicos) e prospeção geomecânica (sondagens geológico-geotécnicas). Esta campanha visou o reconhecimento geológico-geotécnico superficial de áreas onde ocorreram, na aluvião de 20 de fevereiro de 2010, movimentos de massa e/ou em locais onde à

partida as autoridades municipais e equipas técnicas reconheciam algum potencial de perigosidade a pessoas e diversos tipos de infraestruturas (edifícios e vias de comunicação). As campanhas de prospeção sísmica e geomecânica realizadas complementam-se e permitiram obter conclusões similares, tendo o método se revelado eficaz e indicativo nos contrastes de materiais, permitindo estimar espessuras médias e estabelecer a interface entre materiais soltos ou pouco coesos (aterro ou solo de alteração) e materiais competentes do complexo vulcânico (rocha mãe, pouco alterada ou sã).

Cancela

O aterro da Cancela ocupa uma área de cerca de 88.000m². Neste aterro foram depositados durante as mais de duas décadas em que funcionou, milhares de metros cúbicos de materiais provenientes de obras públicas e privadas, incluindo os materiais resultantes das operações de limpeza da baixa da cidade do Funchal aquando da aluvião de 29 de Outubro de 1993, entre outros. Neste local, durante anos, procedeu-se também à extração de areão para ser utilizado como agregado na construção civil e obras públicas. É um aterro que por se encontrar no topo de uma vertente sobranceira ao mar, sobre a Reserva Natural do Garajau, com declive acentuado e sem qualquer tipo de contenção frontal, evidencia um avançado estado de retrocesso da escarpa em toda a sua extensão. Na base da vertente, ao nível das pequenas praias de calhau, identificamos vários depósitos de materiais provenientes dos diferentes episódios de movimentos de massa que têm ocorrido no local, sendo ainda perfeitamente visíveis as respetivas cicatrizes de deslizamento.

Nos trabalhos desenvolvidos, elaborou-se o Modelo Digital do Terreno (MDT) para esta secção específica do Aterro da Cancela (fig. 13). Este MDT foi produzido com recurso à cartografia raster e vetorial dos anos de 1967 e 2004. Procedeu-se igualmente ao cálculo de diferenças de quotas entre os dois modelos cartográficos (1967 e 2004) estimando-se assim as áreas de ganho (depósito) e de perda (extração de inertes) de cota para esta secção do aterro. Assim comprovou-se o preenchimento de quase todo o vale onde corria a Ribeira das Árvores com espessuras de materiais na ordem dos 30 metros, sob a pista de automobilismo e a jusante do local onde foi edificada a sede e o centro de formação do Serviço Regional de Proteção Civil (SRPC). Esta antiga linha de água foi, como já se referiu, colmatada por completo por uma espessa plataforma de aterro sem que tenha sido assegurada a eficaz drenagem da mesma e a sua contenção frontal. Na entrada do Clube de Tiro e Caça da Madeira são evidentes os sinais de instabilidade (antigas cicatrizes) e existem registos de inúmeros episódios de movimentos de massa ocorridos em períodos de precipitação mais intensa. Apesar disso, a jusante deste

local foi construída e já se encontra em funcionamento a sede e o centro de formação do Serviço Regional de Proteção Civil (fig. 14). Neste edifício foram já relatados alguns sinais de instabilidade, possivelmente estruturais, materializados em fissuras nas paredes e portas e janelas fora de esquadria (ângulo diferente de 90°), informação esta que corrobora as preocupações aqui levantadas.

Nos perfis sísmicos efetuados no aterro da Cancela constatou-se a existência de materiais pouco coesos que neste caso correspondem a depósitos de materiais de aterro, com espessura média na ordem dos 9 metros. A sondagem mecânica efetuada neste local determinou uma espessura máxima de aterro na ordem dos 20,6 metros. Este aterro apresenta, portanto, a maior espessura de níveis de aterro identificada nesta campanha e é, também, um dos aterros onde é evidente um maior grau de instabilidade, demonstrada por fenómenos de fissuração do pavimento, paredes e muralhas de betão, forte erosão e queda de materiais para a vertente e sopé da arriba (fig. 15). Na parte frontal do aterro, em função da cartografia analisada e dos dados disponíveis, registou-se um retrocesso da escarpa na ordem dos 20/30 metros em determinados sectores do aterro para um período de trinta e sete anos (1967-2004). Esta situação é corroborada pelos estudos apresentados no PMEPCFX (J. Silva, *et al.*, 2011b).

Montanha

Situado no sítio da Montanha, freguesia de São Gonçalo, e tal como no exemplo anterior, este foi um aterro que surgiu nos finais dos anos 70 / início dos anos 80 do século passado, resultante do despejo de materiais de construção e de escavação, por iniciativa privada e sem qualquer tipo de estudo ou planeamento. O aterro cresceu num terreno privado, no topo de uma escarpa sobranceira ao mar onde o seu proprietário, a troco de dois contos (moeda da altura) por cada 10m³, permitia a deposição dos mais diferentes tipos de materiais provenientes das escavações e obras de construção. Aqui procedia-se igualmente à venda de inertes. Nos trabalhos de campo foi possível observar que os materiais apresentam-se geralmente desagregados e/ou mal compactados sendo evidente que este aterro é o resultado da deposição de diversos tipos de materiais de empréstimo.

Dada a inexistência de cartografia ou de um inventário que referisse que neste local funcionou um aterro, a Câmara Municipal do Funchal, desprovida de informação fundamental, licenciou nos anos 90 uma urbanização sobre este espesso depósito. É portanto um antigo aterro que tem a particularidade de neste momento ter edificada sobre si grande parte de uma urbanização de luxo, onde pelo menos oito moradias estão em risco de ruir total ou parcialmente. Algumas destas moradias já evidenciam sinais dos movimentos que estão a ocorrer,

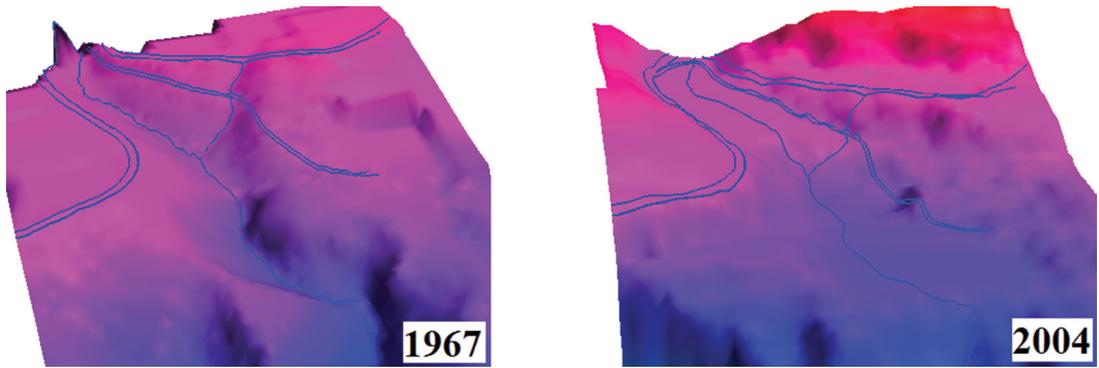


Fig. 13 - Modelos tridimensionais do vale da Ribeira das Árvores (atualmente colmatado por uma espessa plataforma de aterro) com base na cartografia de 1967 e 2004 (Fonte: D. Araújo, 2013).

Fig. 13 - Three-dimensional models of Ribeira das Árvores valley (currently filled in by a thick landfill platform) based on cartography from 1967 and 2004 (Source: D. Araújo, 2013).



Fig. 14 - Aspeto da sede e centro de formação do SRPC e da plataforma de aterro que colmatou por completo o vale da ribeira das Árvores (Foto: Duarte Araújo, 2015).

Fig. 14 - Aspect of the Civil Protection Service headquarters and landfill platform that has filled in completely the ribeira das Árvores valley (Photo: Duarte Araújo, 2015).

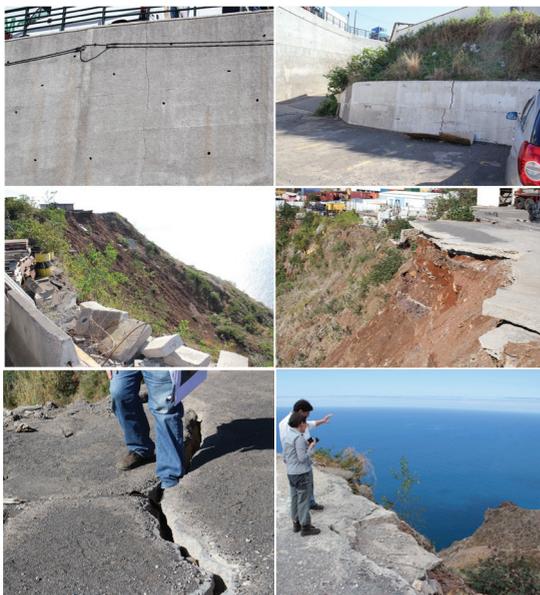


Fig. 15 - Evidências da forte instabilidade da plataforma, zona envolvente e parte frontal do aterro. (Fotos: Duarte Araújo, 2011 e 2012).

Fig. 15 - Evidence of the platform strong instability, surrounding area and landfill front. (Photos: Duarte Araújo, 2011 e 2012).

com fenómenos de fissuração de pavimentos, muros de contenção, paredes estruturais e pilares (fig. 16). Neste local há a salientar o colapso que ocorreu a 12 de Março de 2011 num dos módulos de uma das moradias existentes nesta urbanização.

Nos trabalhos de campo foi possível acompanhar as obras de recuperação da moradia que ruiu parcialmente, tendo-se constatado no local a repetição de alguns erros do passado, ou seja, algumas sapatas dos alicerces foram edificadas diretamente sobre o depósito de aterro sem a adoção de qualquer tipo de estacaria cravada diretamente na rocha mãe, que confira estabilidade ao prédio. Também a queda de materiais ao longo do tempo sobre a vertente e o sopé da arriba, revelam evidentes sinais de instabilidade da plataforma de aterro.

Brimade

Aterro e pedreira localizados no vale da ribeira de Santa Luzia, ao sítio da Fundoa, ocupando as duas margens desta importante ribeira que faz a fronteira entre as freguesias do Monte e de São Roque. O aterro é composto por um conjunto de células de aterro e depósitos de lamas (material muito fino resultante das

operações de lavagem dos agregados e floculação por via química em tanques), pois este é um local há muito marcado pela presença de empresas ligadas à extração e transformação de inertes. No total, a Brimade ocupa uma área superior a 175 000 m².

Os oito perfis sísmicos efetuados no aterro da Brimade revelaram em geral uma espessura média de 9,1 m, no entanto registaram-se espessuras máximas na ordem dos 20 metros. Neste foram identificados depósitos de aterro de materiais pétreos grosseiros e de materiais finos a muito finos (lamas), sobre rochas piroclásticas soldadas e rochas lávicas compactas. De acordo com a notícia explicativa da Carta Geológica da ilha da Madeira (A. Silveira *et al.*, 2010a) o depósito mineral do sítio da Fundoa de Cima é formado por derrames lávicos que alternam com materiais piroclásticos constituindo bancadas de tonalidade vermelha, amarela ou acastanhada de granularidade média a fina evidenciando, por vezes, clara estratificação. O conjunto é atravessado por diversos filões subverticais com orientação NE-SO de composição basáltica. O material de natureza piroclástica, que apresenta menor dureza e fácil desagregação, é separado na frente de desmorte. Este representa um material penalizante não fazendo parte por isso do material que constitui o pré-stock. A fragmentação e britagem dos materiais pétreos duros provenientes do desmorte têm lugar na central de britagem. Na última década foram produzidos em média 400 m³ de agregados por dia (britas de vários calibres) e grande quantidade de resíduos estéreis de rochas brandas (materiais piroclásticos) e materiais finos ou lamas.



Fig. 16 - Diversos tipos de perturbações estruturais observadas em várias moradias, devido ao movimento de massa lento em curso na Urbanização da Montanha (Fotos: Duarte Araújo, 2011 e 2012).

Fig. 16 - Various types of structural disturbances observed in several villas, due to slow mass movement in progress in Urbanização da Montanha (Photos: Duarte Araújo, 2011 e 2012).

O grande volume de desperdícios de pedra “mole” e de lama resultante da lavagem de agregados para a construção civil e obras públicas produzido pela empresa Brimade (fig. 17) levanta grandes preocupações quanto à deposição destes materiais, considerados resíduos, motivadas pelas dificuldades de acondicionamento e de gestão de espaços para o efeito. Os materiais foram sendo depositados ao longo dos anos nas diversas células que constituem o aterro da Brimade no vale da ribeira de Santa Luzia (fig. 18).

A produção média diária de lamas provenientes da fragmentação e lavagem dos inertes da Brimade, pode variar entre 10% e 15% por metro cúbico de agregado produzido (J. Silva *et al.*, 2000). No decurso da atividade da exploração, que teve início em 1981 e mantêm-se até à atualidade foram produzidos grandes volumes de materiais estéreis, que têm sido depositados ao longo das margens da ribeira de Santa Luzia.

Estes espessos depósitos formados por aterros de materiais grosseiros e finos apresentam, em alguns locais, fissuração, fendilhamento, sulcos de erosão torrencial, fenómenos



Fig. 17 - Pormenor dos materiais finos ou lamas, provenientes da lavagem de agregados para a construção civil (Foto: Duarte Araújo, 2012).

Fig. 17 - Detail of fine materials or sludge from washing aggregates for the construction (Photo: Duarte Araújo, 2012).



Fig. 18 - Perspetiva sobre os tanques de deposição de lamas da Brimade nas margens da ribeira de Santa Luzia (Foto: Duarte Araújo, 2011).

Fig. 18 - Perspective over Brimade sludge deposition tanks on the shores of Ribeira de Santa Luzia (Photo: Duarte Araújo, 2011).

de *creep* e cicatrizes de escorregamento (fig. 19). A instabilidade verificada e os escorregamentos ocorridos ao longo do talude para o interior da ribeira de Santa Luzia vêm-se repetindo por diversas vezes, tendo o último grande movimento de massa acontecido no dia 20 de fevereiro de 2010 (fig. 20). São enormes volumes de lamas e escórias que vão preenchendo o estreito vale e que poderão, numa situação extrema, originar fluxos de lama e fluxos hiperconcentrados que na sua trajetória até ao mar poderão atingir velocidades muito elevadas, fenómenos estes idênticos aos ocorridos, por exemplo, no Rio de Janeiro e no Estado de Vargas na Venezuela, em janeiro de 2011 e dezembro de 1999, respectivamente (J. Silva *et al*, 2010). Como exemplo veja-se o atrás referido relativamente a um pequeno aterro que existia junto ao Ribeiro do Vale, na freguesia do Monte que a 20 de fevereiro de 2010 tanta destruição causou. As consequências dum fenómeno idêntico a esse, neste local, seriam incalculáveis para a cidade do Funchal, uma vez que o aterro da Brimade está localizado no estreito vale da Ribeira de Santa Luzia, uma das mais importantes deste concelho e que o atravessa por entre áreas fortemente edificadas até ao centro da cidade.



Fig. 19 - Conjunto de sulcos de erosão torrencial e escorregamentos de materiais na vertente de um antigo depósito de lamas (Foto: Duarte Araújo, 2011).

Fig. 19 - Set of torrential erosion grooves and landslides materials on the side of an ancient sludge deposit (Photo: Duarte Araújo, 2011).



Fig. 20 - Cicatriz de escorregamento de materiais de aterro, para o interior do curso superior da ribeira de Santa Luzia (Foto: Duarte Araújo, 2011).

Fig. 20 - Mark of slipping of landfill materials, into the upper reaches of ribeira de Santa Luzia stream (Photo: Duarte Araújo, 2011).

Sugestões e recomendações

Tendo em conta o anteriormente descrito para os aterros da Cancela, da Montanha e da Brimade, recomenda-se, entre outras a adoção das seguintes medidas:

- a) No aterro da Cancela construção de muralhas de contenção frontal no sector do aterro a montante do edifício sede do Serviço Regional de Proteção Civil de forma a travar possíveis movimentos de massa que possam atingir as infraestruturas construídas;
- b) No aterro da Montanha aconselha-se um diagnóstico e avaliação de toda a zona. Seria de todo prudente a Câmara Municipal do Funchal (CMF) exigir estudos e projetos de especialidade que preconizem soluções técnico-científicas que garantam a total estabilidade estrutural de futuras moradias a serem edificadas nos lotes de terreno ainda disponíveis nesta urbanização ou nas obras de recuperação das moradias já existentes (processo muito dispendioso e que em alguns casos poderá mesmo inviabilizar o investimento necessário à edificação da moradia), ou até mesmo, numa situação extrema, interditar por completo novas construções/obras, caso o custo/benefício não torne viável o investimento;
- c) No aterro da Brimade, contenção das margens da ribeira com a construção de muralhas em betão ciclópico de forma a travar a erosão das margens e a escavação da base do talude do aterro e dos tanques de lamas;

Propomos ainda a adoção de uma série de estratégias e medidas estruturais relativamente à tipologia dos trabalhos que deverão ser realizados na generalidade dos aterros referidos. Aqui salienta-se uma:

- d) Atendendo à natureza e às diversas proveniências dos detritos que formavam o aterro da Avenida do Mar e da Comunidades Madeirenses, somos de opinião que estes materiais deveriam ter sido remobilizados, via marítima para o sector entre o Complexo Balnear da Barreirinha e o Ribeiro da Quinta, sendo aí construído um verdadeiro aterro marítimo (o conceito, a metodologia e as obras de engenharia que envolvem um aterro marítimo são muito diferentes das preconizadas na plataforma de aterro que agora deu origem à Praça do Povo). Um bom exemplo de um aterro marítimo foi o construído subjacente à pista do Aeroporto Internacional da Madeira, onde funciona atualmente o Centro Desportivo de Água de Pena e o Centro de Salvamento Costeiro - Estação de Salva-Vidas de Santa Cruz do Aeroporto da Madeira). Este aterro marítimo, construído de

raiz e obedecendo a todas as normas e requisitos preconizados pela legislação em vigor, seria uma ótima solução para o destino final a dar à enorme quantidade de materiais de escavação e de construção que continuam a ser depositados nas cotas altas da cidade, constituindo estes um colossal fator de risco, por a tendência natural ser sempre a de estes materiais serem arrastados até as cotas mais baixas. A ser efetivada esta solução ganharia o concelho do Funchal em duas frentes: por um lado, como já foi referido, resolveria a eterna questão de onde depositar este tipo de materiais; por outro assegurar-se-ia a proteção marítima deste setor da orla costeira que apresenta evidentes sinais de erosão, instabilidade, e que está em claro recuo. Este seria também o local indicado para a deposição de parte da carga sólida que se estima venha a ser retida nos açudes recentemente construídos nos cursos médios e superiores das ribeiras de São João, Santa Luzia e João Gomes. Somos da opinião que a grande maioria destes materiais (blocos, calhaus e areia) deverá ser utilizado na “alimentação” e recarga das praias litorais do concelho do Funchal, sendo o restante material (outros materiais pétreos, terra, lamas, matéria vegetal e outros), aparentemente sem valor económico, destinado à plataforma de aterro sugerida.

Conclusão

Os processos de perigosidade naturais provocam na Comunidade, especificamente na sua estrutura demográfica e socioeconómica, danos materiais e prejuízos humanos avultados. Neste contexto, urge a necessidade de promoção e adoção de medidas que, de algum modo, permitam atenuar/diminuir os efeitos nefastos perpetuados pelos fenómenos. Sabemos que é humanamente impossível eliminar por completo os riscos, mas muito poderá e deverá ser feito para tentar minimiza-los ao máximo.

Ao longo do tempo, e sem que tivessem sido devidamente planeados, foram surgindo no concelho do Funchal os vinte e dois aterros de média e grande dimensão objeto do presente estudo. A montante, a jusante e até sobre estes, identificamos uma série de importantes infraestruturas públicas e privadas, algumas das quais edificadas já depois da existência dos aterros, conferindo-lhes algum grau de risco. As infraestruturas são de vários tipos: empresariais, desportivas, de socorro e emergência (sede e centro de formação do Serviço Regional de Proteção Civil), centrais de transformação elétrica, subestações de distribuição energética, reservatórios de água de abastecimento público, centrais de camionagem,

centros de processamento e triagem de resíduos sólidos, habitacionais (unifamiliares e de habitação coletiva) e de rede viária (estradas, ruas e passagens hidráulicas). Como é óbvio, a maioria das infraestruturas referidas não podem ser retiradas dos locais onde estão, pelo que deverão ser adotadas as soluções técnico-científicas, estruturais e não-estruturais, mais indicadas, nomeadamente as que são referidas na dissertação de mestrado que está na génese deste artigo (D. Araújo, 2013).

As investigações realizadas permitiram estabelecer os níveis de vulnerabilidade, de perigosidade e de risco dos vinte e dois principais aterros (de média e grande dimensão) no concelho do Funchal. A inventariação, cartografia e caracterização física da área estudada seguida do uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para o tratamento dos dados recolhidos, foram determinantes para a obtenção dos resultados intermédios e finais.

Considera-se que este estudo constitui um primeiro passo na avaliação dos riscos associados aos grandes depósitos de aterro no Funchal. Os resultados obtidos podem e devem servir como ferramenta de base para a realização de novas abordagens e para o estabelecimento de prioridades, programas de monitorização e investigações mais aprofundadas. Nesse sentido, e cumprindo o acordado foi entregue à Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais e à Câmara Municipal do Funchal uma cópia integral em formato papel e digital, da dissertação de mestrado devido ao apoio prestado pelas instituições. Fica o contributo, na certeza porém que muito ainda haverá por fazer neste âmbito, no concelho do Funchal (inventariação, cartografia e caracterização dos pequenos aterros) e nos restantes dez concelhos da Região Autónoma da Madeira que comungam da problemática dos aterros na gestão do território.

Referências bibliográficas

- Alves / DIREÇÃO REGIONAL DO AMBIENTE (DRAMB) (2009). *Resíduos de Construção e Demolição (RCD) - Decreto-Lei nº 46/2008*, pdf. Disponível em: <http://dramb.gov-madeira.pt/berilio/docs/fileload/QVL8000810.pdf> [2015].
- Araújo, Duarte (2013). *Estudo da vulnerabilidade dos depósitos de materiais de escavação e de construção (aterros) no concelho do Funchal: inventariação, cartografia e caracterização*. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Funchal, 257 p.
- Araújo, Duarte (2013). O Risco dos Grandes Aterros do Concelho do Funchal. *Revista Mais do Diário de Notícias da Madeira*, 21 a 27 de julho de 2013. Funchal, p. - 8-13.

- Carvalho, Adalberto (2003). *Avaliação de Riscos Ambientais Associados ao Funcionamento dos Vazadouros de Terras*. Relatório de estágio na Direção Regional do Ambiente, Funchal, 48 p.
- Giermann, Günter (1967). Valles sous-marines sur la pente meridionale de i'lle de Madere. *Bulletin del'Institute Océanographique*, 67 p.
- Gomes, Alberto e Chaminé, Helder I. (2005). Cartografia geológica e geomorfológica para a caracterização de riscos naturais à escala do planeamento regional: aplicação ao concelho de Castelo de Paiva (NW de Portugal). *Xeográfica*, Universidade de Santiago de Compostela, nº 5, Espanha p. - 85-105.
- INSTITUTO DA ÁGUA (2003). *Plano Regional da Água da Madeira (PRAM)*, Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, Lisboa, 328 p.
- Matos, Violante Saramago (2012). *A História Num Instante - Madeira, 20 de Fevereiro de 2010*, Nova Delphi, Funchal, 45 p.
- Miall, Andrew D. (1996). *The Geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology*, Springer Verlag, Berlím, 582 p;.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (2009). *Decreto-Lei n.º 183/2009*, Diário da República, 1.ª série – N.º 153 – 10 de Agosto de 2009, Lisboa, 5184 p.
- Prada, Susana, Gaspar, Maria Alexandra, Silva, Manuel Oliveira da, Cruz, José Virgílio, Portela, Maria Manuela, Hora, Guilherme R. (2003). Recursos Hídricos da Ilha da Madeira. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 90, Funchal, p. 125-142.
- Quintal, Raimundo (1999). Aluviões da Madeira. Séculos XIX e XX. *Territorium. Revista de geografia Física aplicada ao Ordenamento do Território e Gestão de Riscos Naturais* N° 6, Minerva, Coimbra, p. - 31-48. Disponível em: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T06_artg/T06_artg04.pdf.
- Quintal, Raimundo (2007). *Estudo Fitogeográfico dos Jardins, Parques e Quintas do Concelho do Funchal*, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa, 536 p.
- Rebello, Fernando (2001). *Riscos Naturais e Acção Antrópica*, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 274 p.
- Ribeiro, Orlando (1985). *A Ilha da Madeira até meados do Séc. XX*, Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Lisboa, 139 p.
- Rodrigues, Domingos (2005). *Análise de risco de movimentos de vertente e ordenamento do território na Madeira. Aplicação ao caso de Machico*, Universidade da Madeira, Funchal, 382 p.
- Rodrigues, Domingos, tavares, Alexandre, abreu, Uriel (2010). Movimentos de vertente na ilha da Madeira. Eventos de Dezembro 2009 e de Fevereiro de 2010. e -*Terra*, Volume 9 - nº 7 2010 - VIII Congresso Nacional de Geologia, Braga, 4 p.
- SECRETARIA REGIONAL DO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (SRA) (2010). *Carta Geológica da Ilha da Madeira em Sistemas de Informação Geográfica*, shp., 2012.
- Silva, João, Gomes, Celso e Naudin, Jean Marie (2000). *Estudo das Propriedades de Agregados e Lamas Produzidos Pela Brimade - Sociedade de Britas da Madeira, SA*, EnGeoMad - Planeamento e Gestão de Recursos Naturais, Funchal, 29 p;.
- Silva, João, Almeida, Fernando e Gomes, Celso (2006). Impactos na estabilidade de estruturas e hidrogeologia do ambiente envolvente a obras de construção com grande desenvolvimento subterrâneo na baixa citadina do Funchal. *Revista do 10º Congresso Nacional de Geotecnia*, Lisboa, 120 p
- Silva, João, Almeida, Fernando, Araújo, Duarte e Gomes, Celso (2010). Aprender com a Natureza. Enxurradas e Inundações na Madeira. *Revista Mais*, 28 de Março de 2010, Diário de Notícias da Madeira, Funchal, p. - 6-19 (50.000 exemplares) e Destacável Geoartigos do mês de Abril 2010, Associação Insular de Geografia, Funchal, 22 p.
- Silva, João, Moura, Rui, Palácio, Alberto, Araújo, Duarte e Vieira, Romeu (2011a). *Estudos de prospecção sísmica para o Plano Municipal de Emergência de Protecção Civil do Funchal*. EnGeoMad - Geoengenharia e Consultadoria, GeoPresp e Tecnofix, Funchal, 62 p.
- Silva, J., Moura, Rui, Palácio, Alberto, Vieira, Romeu, Araújo, Duarte, Abreu, Uriel e Rodrigues, Domingos (2011b). *Relatório e Cartas de Risco do Plano Municipal de Emergência de Protecção Civil do Funchal, Região Autónoma da Madeira*. Municipia, E.M., S.A. Medfirst, EnGeoMad - Geoengenharia e Consultadoria, GeoPresp, Tecnofix e Universidade da Madeira, Funchal.
- Silveira, António Brum da, Madeira, José, Ramalho, Ricardo, Fonseca, Paulo e Prada, Susana (2010a). *Notícia Explicativa da Carta Geológica*

da Ilha da Madeira na escala 1:50000, Folhas A e B, Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, Governo Regional da Madeira, Região Autónoma da Madeira e Universidade da Madeira, Funchal, 47 p.

212

Silveira, António Brum da, Madeira, José, Ramalho, Ricardo, Fonseca, Paulo, Rodrigues, Carlos e Prada, Susana (2010b). *Carta Geológica da Ilha da Madeira à escala 1:50 000 folhas A e B*. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, Funchal.

Sohn, Young Kwan, Rhee, Chul Woo, KIM, Bok Chul (1999). Debris flow and hyperconcentrated flood-flow deposits in an alluvial fan, Northwestern part of the Cretaceous Yongdong Basin, Central Korea. *Journal of Geology*, v.107, p. - 111-132.

Zbyszewski, Georges, Ferreira, O. da Veiga, Medeiros, A. C., Aires-Barros, Luís, Silva, L. C., Munha, J. M. e barriga, Fernando (1975). *Notícia explicativa das folhas A e B (ilha da Madeira) da carta geológica de Portugal: 1/50 000, Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa, 74 p.