



## O CONTRIBUTO DA AÇÃO ANTRÓPICA NA EXPOSIÇÃO AOS PERIGOS NATURAIS NO ARquipélago DOS AÇORES\*

11

### THE CONTRIBUTION OF ANTHROPOGENIC ACTION TO EXPOSURE TO NATURAL HAZARDS IN THE AZORES ARCHIPELAGO

**Ana Malheiro**Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores (Portugal)  
[ana.mm.malheiro@azores.gov.pt](mailto:ana.mm.malheiro@azores.gov.pt)**Paulo Amaral**Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores (Portugal)  
[Paulo.AP.Amaral@azores.gov.pt](mailto:Paulo.AP.Amaral@azores.gov.pt)**Filipe Marques**Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores (Portugal)  
[filipe.mp.marques@azores.gov.pt](mailto:filipe.mp.marques@azores.gov.pt)**Aulédia Câmara**Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores (Portugal)  
[auledia.ra.camara@azores.gov.pt](mailto:auledia.ra.camara@azores.gov.pt)

#### RESUMO

O enquadramento geotectónico complexo onde se insere o arquipélago dos Açores confere às ilhas uma elevada exposição a diversos perigos naturais (e.g. sismos, movimentos de vertente, vulcões, galgamentos e inundações costeiras e fluviais, etc.), a que se somam fatores de ordem climática. Por outro lado, a articulação desajustada entre a atividade humana no território e o funcionamento dos fenómenos naturais que nele se verificam conduzem ao incremento da vulnerabilidade, por via da expansão da população e das atividades para zonas que sempre estiveram expostas a perigos naturais (e.g. leitos de cheias, proximidade de taludes, etc.).

Neste artigo, são ilustradas algumas das situações com que o Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores (LREC) se deparou ao longo dos anos, nas quais foi bem patente a intervenção antrópica no desencadear de situações que colocaram em risco pessoas e bens. De todas as situações analisadas, as mais recorrentes são, sem dúvida, as relacionadas com os processos de instabilidade hidro-geomorfológica.

**Palavras-chave:** Perigos naturais, riscos, ação antrópica.

#### ABSTRACT

The complex geotectonic setting of the Azores archipelago means that the islands are highly exposed to various natural hazards (e.g. earthquakes, slope movements, volcanoes, overtopping waves, and coastal and river flooding), in addition to climatic factors. Moreover, the disjointed relationship between human activity in the territory and the functioning of the natural phenomena that occur in it leads to increased vulnerability, through the expansion of the population and activities into areas that have always been exposed to natural hazards (e.g. floodplains, proximity to slopes).

This article illustrates some of the situations that the Regional Civil Engineering Laboratory of the Azores (LREC) has encountered over the years, in which man-made intervention was clearly evident in triggering situations that put people and property at risk. Of all the situations analysed, the most recurrent are undoubtedly those related to hydro-geomorphological instability processes.

**Keywords:** Natural hazards, risks, anthropogenic action.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no VI Congresso Internacional de Riscos, tendo sido submetido em 09-10-2023, sujeito a revisão por pares a 17-11-2023 e aceite para publicação em 31-01-2024. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 32 (N.º Especial), 2025, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

O enquadramento geológico complexo onde se insere o arquipélago dos Açores confere às ilhas uma elevada exposição a diversos perigos naturais (e.g. sismos, movimentos de vertente, vulcões, galgamentos e inundações costeiras e fluviais, tsunamis, etc.), a que se somam fatores de ordem climática.

No caso particular dos Açores, o seu peculiar enquadramento geológico reflete-se, naturalmente, na grande atividade sísmica e vulcânica registada na região, que normalmente é geradora de fenómenos secundários, como os movimentos de vertente. A situação atlântica dos Açores é, por outro lado, propícia à ocorrência de períodos marcados por elevadas precipitações, fator que, com relativa frequência, tem estado na base de importantes movimentos de vertente (Amaral, 2005), como comprovam as diferentes ocorrências registadas desde o seu povoamento (Frutuoso [1522-91], 1981; Silveira *et al.*, 2003; Valadão *et al.*, 2002; Marques *et al.*, 2008).

Por outro lado, a articulação desajustada entre a atividade humana no território e o funcionamento dos fenómenos naturais que nele se verificam, conduzem ao incremento da exposição e consequente vulnerabilidade, por via da expansão da população e das atividades para zonas que sempre estiveram suscetíveis a perigos naturais (e.g. leitos de cheias, taludes, etc.).

Os movimentos de vertente constituem um perigo geológico-geotécnico de origem natural, sendo responsáveis por relevantes perdas económicas e de vidas humanas em todo o globo terrestre. À escala global, os movimentos de vertente podem ser despoletados por diversos fatores. Neste sentido, em regiões vulcânicas a deflação ou inflação do solo pode originar a instabilidade de vertentes dos edifícios vulcânicos (Antonello *et al.*, 2004; Puglisi *et al.*, 2004) favorecendo a ocorrência do seu colapso. No entanto, na maioria dos casos, outros fenómenos como os sismos e períodos de precipitação intensa e/ou prolongada são determinantes no despoletar de movimentos de vertente (Gaspar *et al.*, 1997; Zêzere, 2000; Valadão, 2002).

Segundo Zêzere (2005), os fatores condicionantes que conduzem à ocorrência de movimentos de vertente subdividem-se em fatores de predisposição e preparatórios. Os primeiros são estáticos e, por si só, não causam a instabilidade (e.g. características do terreno, litologia, estrutura geológica, morfologia). Os preparatórios são dinâmicos no tempo. São responsáveis por fomentar a diminuição da segurança à estabilidade, sem, no entanto, causar a rotura. Incluem, por exemplo, os processos físicos (e.g. meteorização física, precipitação, sismos, subida do nível de água, os processos geomorfológicos (e.g. levantamentos

tectónicos, erosão fluvial e marinha) e os processos antrópicos (e.g. sobrecargas, deficientes sistemas de drenagem, escavações a meia vertente ou na base).

Os fatores desencadeantes constituem a causa imediata, originando o movimento de vertente (e.g. precipitação intensa e/ou prolongada, sismos, ações antrópicas). A diferença entre os fatores preparatórios e os desencadeantes dizem respeito à intensidade/duração com que atuam no terreno, bem como o estádio prévio da vertente em termos do Factor de Segurança (Popescu, 1996).

No domínio dos processos antrópicos, a ação humana tem tido um contributo importante na preparação e no despoletar, de forma isolada e/ou combinada com outros processos, de ocorrências de processos de instabilidade geomorfológica. Este contributo manifesta-se essencialmente pelo direcionamento de águas pluviais/residuais para o corpo de taludes/arribas, pela alteração do tipo de uso ou coberto vegetal, pela abertura de taludes em vertentes potencialmente instáveis para a construção de estradas e de casas, não precedida de estudos de estabilidade e de medidas preventivas e corretivas de estabilização, entre outros. Neste contexto, tem-se constatado que a ação antrópica interfere direta ou indiretamente nos processos de instabilidade natural potenciando, frequentemente, a sua ocorrência, assim como, aumentando o grau de exposição aos mesmos.

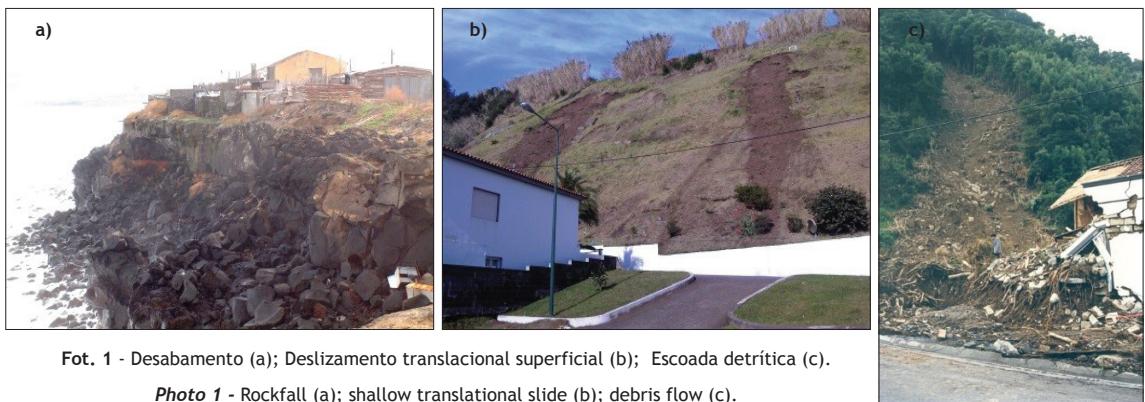
Neste artigo, são ilustradas algumas das situações com que o Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores (LREC) se deparou ao longo dos anos, envolvendo movimentos de vertente, sismos e inundações, nas quais foi bem patente a intervenção antrópica no potenciar de situações que colocaram em risco pessoas e bens. De todas as situações analisadas, as mais recorrentes são, sem dúvida, as relacionadas com os processos de instabilidade hidro-geomorfológica.

O objetivo deste trabalho é apresentar um resumo de várias situações de risco em que o contributo humano teve um papel decisivo na exposição e na contribuição para a ocorrência de fenómenos naturais no arquipélago dos Açores.

Pretende-se ainda com este trabalho alertar para a necessidade de se proceder à implementação de políticas de planeamento e ordenamento do território que visem, essencialmente, a prevenção, mitigação e correção dos danos e prejuízos provocados por catástrofes.

### Movimentos de vertente

No caso das ilhas dos Açores, o contexto geológico e morfológico é propício à ocorrência de movimentos de vertente com diferentes tipologias, sendo as mais frequentes os desabamentos, os deslizamentos e as escoadas (fot. 1).



Estes processos geomorfológicos são responsáveis por danos em infraestruturas e moradias, cortes nas vias de comunicação e perda de vidas humanas. São desencadeados, maioritariamente, por precipitação intensa e/ou prolongada e por sismos. No entanto, são muitas vezes potenciados pelas atividades antrópicas desajustadas. Noutros casos, a atividade antrópica interfere direta ou indiretamente com os processos de instabilidade natural potenciando a sua ocorrência.

A inventariação de 656 relatórios numa base de dados desenvolvida em SIG relativa à ocorrência de movimentos de vertente em que o LREC emitiu parecer, permitiu verificar quais as causas principais de instabilidades geomorfológicas no arquipélago, desde 1981 até à atualidade. A base de dados contém informação georreferenciada do local de ocorrência e apresenta um conjunto de campos de preenchimento referente ao processo de instabilidade (tipologia, características morfométricas, geológicas e hidrológicas), principais causas e soluções de mitigação preconizada. Apresenta-se no gráfico (fig. 1) a percentagem relativa das principais causas extraídas da base de dados.

Pela análise do gráfico anterior, claramente sobressaem as causas múltiplas. As causas múltiplas são variadas e

nem sempre é possível identificar aquela que teve maior contributo na ocorrência. Estão normalmente associadas à combinação da ação marinha com ventos fortes e precipitação, ou com a precipitação e a ocorrência de sismos. Seguidamente vem o fator precipitação. A erosão marinha apresenta-se como responsável de 16% dos eventos. Este fator é explicável pela grande quantidade de situações de instabilidade que ocorrem ao nível das arribas, muitas vezes com impacto direto para a atividade humana. Entre as causas antrópicas destaca-se claramente o direcionamento de águas pluviais/residuais para o corpo de taludes.

Nos subcapítulos seguintes são apresentados vários exemplos de situações de instabilidade mais marcantes no arquipélago nos últimos 30 anos e que estão diretamente relacionadas com um desadequado ordenamento do território, o que levou a uma maior exposição de pessoas e bens ao perigo.

#### *Construção na base ou topo de taludes / arribas*

Uma das situações que mais problemas tem causado no arquipélago é a construção próximo à base ou topo de taludes, conduzindo frequentemente a graves prejuízos

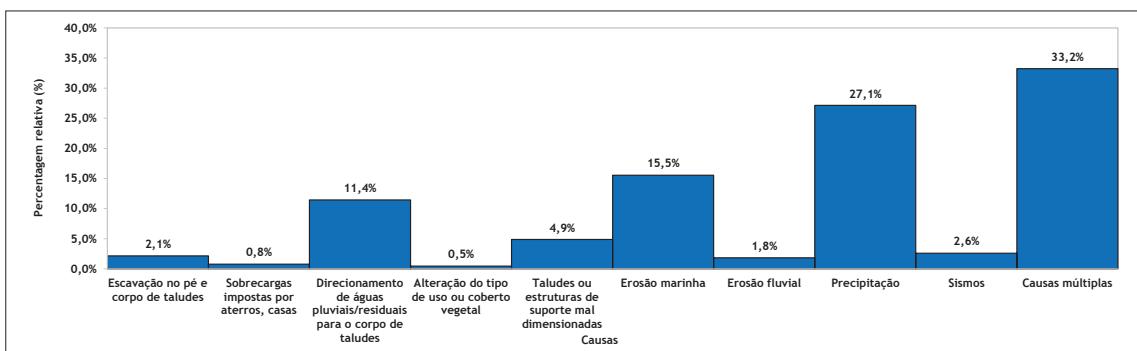


Fig. 1 - Principais causas de processos de instabilidade geomorfológica ocorridos no arquipélago dos Açores, tendo em conta a inventariação de 656 pareceres técnicos emitidos pelo LREC - Açores.

Fig. 1 - Main causes of geomorphological instability processes occurring in the Azores archipelago, taking into account the 656 technical reports issued by LREC - Azores.

materiais e, por vezes, envolvendo a perda de vidas humanas. Trata-se de um problema de ordenamento do território, mas que, pontualmente, as entidades competentes começam a ter uma maior preocupação e atenção face às áreas de proteção do litoral referentes às arribas e respetivas faixas de proteção da Reserva Ecológica. No entanto, para zonas interiores que não estão salvaguardadas por esta restrição de utilidade pública, os problemas subsistem.

Um exemplo bem marcante foi o que ocorreu em dezembro de 1987, na sequência de um episódio de precipitação intensa. O episódio de instabilidade geomorfológica deu-se na falésia sobranceira à Ponta da Fajã, na ilha das Flores. Tratou-se de um deslizamento/escoada que se iniciou no topo de uma falésia com uma altura de cerca de 500 m e uma inclinação superior a 50°. Este evento, que envolveu um volume de aproximadamente 150.000 m<sup>3</sup>, soterrou uma estrada, uma ermida e uma casa, bem como um automóvel, cobrindo ainda uma área considerável de terreno agrícola (fot. 2). Decorrente desta crise geomorfológica, a Ponta da Fajã, no concelho das Lajes das Flores, foi considerada como uma Zona de Alto Risco pelo Decreto Legislativo Regional nº 23/89/A de 20 de novembro, ficando expressamente proibida a edificação naquela área de qualquer tipo de construção, bem como habitar nos imóveis já ali existentes. No entanto, essa interdição foi levantada em 2022 por pressão dos habitantes da ilha à esfera política.



Fot. 2 - Vista geral do depósito e devastação causada pelo deslizamento ocorrido na Ponta da Fajã em 1987.

*Photo 2 - General view of the deposit and devastation caused by the landslide that occurred in Ponta da Fajã in 1987.*

Já em outubro de 1997, durante um período em que se verificou precipitação intensa e prolongada, com cerca de 220 l/m<sup>2</sup>, ocorreram centenas de movimentos de vertente em diversas localidades da ilha de S. Miguel, em particular na freguesia da Ribeira Quente. Os processos de instabilidade geomorfológica foram, na sua maioria, movimentos complexos: deslizamentos que evoluíram para escoadas detritícias muito fluidas, constituídas por água, pedra pomes, cinzas e ainda vegetação (raízes, troncos e ramos de árvores) (fot. 3). Nalguns casos,

os fluxos detritícios incluíam ainda blocos de grandes dimensões (por vezes com dimensões máximas de 3 m). Uma destas escoadas detritícias destruiu 36 casas e vitimou 29 pessoas. Além disso, 3 pessoas foram feridas, 114 ficaram sem casa e a freguesia ficou isolada durante mais de 12 horas, pois a única via de acesso foi destruída tendo ainda os sistemas de comunicações, transporte e fornecimento de energia sido afetados.



Fot. 3 - Ribeira Quente: uma das ruas afetadas por escoadas detritícias.

*Photo 3 - Ribeira Quente: one of the streets affected by debris flow.*

Em março de 2013, na sequência da elevada pluviosidade que afetou a ilha de S. Miguel, ocorreram várias situações de instabilidade geomorfológica, que obstruíram diversas vias de comunicação, tendo prejudicado alguns acessos a zonas habitacionais desta ilha.

O caso mais grave ocorreu na freguesia do Faial da Terra. Mais uma vez, a ocorrência de um deslizamento translacional com evolução para escoada detritica na vertente sobranceira a uma das ruas da freguesia atingiu 3 moradias, causando danos materiais e três vítimas mortais (fot. 4).



Fot. 4 - Casas destruídas na sequência da ocorrência de movimentos de vertente no Faial da Terra.

*Photo 4 - Houses destroyed following the landslides in Faial da Terra.*

Neste caso, para além da construção existente na base de um talude com cerca de 300 m de altura e elevada inclinação, acresceu o abandono de troncos sobre a superfície do talude, pois o que se verificou foi que grande parte do material mobilizado consistia em troncos cortados, resultantes de desmatações.

Por outro lado, a construção no topo dos taludes ou arribas conduz a uma sobrecarga, o que, associado à frequente presença de tubos de descarga de águas pluviais e de esgotos a drenarem para a superfície da arriba, favorece, em muitas situações, a erosão e saturação progressiva dos maciços, levando à ocorrência de desabamentos. Estes eventos de instabilidade são responsáveis por afetar vias de comunicação, logradouros ou mesmo partes de habitações, como acontece frequentemente em diversas freguesias da costa norte da ilha de S. Miguel (Rabo de Peixe, Calhetas, Fenais da Luz, etc.) (fot. 5).



Fot. 5 - Exemplo de um desabamento ocorrido na arriba da freguesia das Calhetas (S. Miguel, 2023).

*Photo 5 - Example of a rockfall that occurred on the cliff in the parish of Calhetas (S. Miguel, 2023).*

Outro exemplo da construção no topo de taludes diz respeito à evacuação e realojamento devido à ocorrência de desabamentos em taludes de linha de água, tal como ocorreu em 1998 na freguesia da Ponta Garça (S. Miguel) (fot. 6).



Fot. 6 - Desabamento generalizado ocorrido num talude de linha de água na freguesia da Ponta Garça (S. Miguel), em outubro de 1998.

*Photo 6 - Widespread collapse that occurred on a waterline embankment in the parish of Ponta Garça (S. Miguel), in October 1998.*

À semelhança do que acontece em arribas, as construções na crista de taludes constituem uma sobrecarga, que neste caso tem a agravar, a constituição geológica do mesmo (piroclastos pomíticos intercalados com estratos de rocha pouco espessa e fraturada) e ainda a presença dos habituais tubos de descarga de águas pluviais e/ou residuais sobre a superfície do talude.

Por vezes são os arruamentos que se encontram demasiado próximos da crista de taludes, onde a evolução do processo natural de erosão coloca em causa a circulação. Exemplo disso é um caminho na freguesia da Ribeira Chã, na ilha de S. Miguel, que se localiza junto à crista de um talude que corresponde à margem de uma linha de água (fot. 7).



Fot. 7 - Arruamento existente junto à crista de um talude que corresponde a uma margem de ribeira (Ribeira Chã, 2001).

*Photo 7 - Existing road alongside the crest of a slope that forms a river bank (Ribeira Chã, 2001).*

#### *Construção em zonas onde o nível freático interfere nos solos de fundação*

A construção sobre terrenos suscetíveis à ocorrência de movimentos de vertente com caráter cinemático lento a muito lento normalmente não envolve perigo para as pessoas, mas afeta as estruturas das construções, por vezes de forma considerável. Um exemplo deste tipo de situação é o que se verifica na Praia Formosa, na ilha de Santa Maria.

De um modo geral, a constituição geológica da vertente sobranceira ao sítio da Praia Formosa é formada, predominantemente, por escoadas lávicas de natureza basáltica (s.l.), com acentuados graus de alteração. Sobrejacentes a estas escoadas encontram-se solos residuais, resultantes da alteração da rocha mãe, e depósitos de vertente, decorrentes de processos de instabilidade geomorfológica. A base da vertente é essencialmente constituída por depósitos de vertente.

Nos solos residuais predominam as frações granulométricas desde os siltos às argilas, enquanto nos depósitos de vertente as dimensões granulométricas são variadas, desde os cascalhos às argilas. Estes materiais encontram-se muito alterados, apresentando uma forte componente argilosa, muito ativa do ponto de vista mineralógico quando hidratada.

Em 2010, na sequência da intensa e prolongada pluviosidade que se fez sentir na ilha de Santa Maria, ocorreram várias situações de instabilidade geomorfológica, que provocaram danos em habitações e na via de comunicação (fot. 8).



Fot. 8 - Danos numa moradia e numa estrada, devido à cedência do solo de fundação causada pela rotura do terreno (S. Maria, 2010).

*Photo 8 - Damage to a house and a road due to subsidence of the foundation soil caused by ground failure (S. Maria, 2010).*

Para além da localização desadequada das moradias e da estrada sobre um material com fracas características geotécnicas, outras intervenções antrópicas desajustadas terão contribuído para acelerar e agravar o processo de instabilidade verificado, nomeadamente as contribuições de água a montante, onde o sistema de drenagem superficial da estrada regional se apresentava desestruturado e ineficaz, debitando diretamente para as vertentes. Este processo favoreceu o escoamento superficial e interno.

Outro exemplo de construção de moradias sobre solos de fundação instáveis é o caso da freguesia da Fajãzinha, na ilha das Flores, constituída por um pequeno conjunto de habitações (Marques *et al.*, 2016). Esta freguesia desenvolve-se numa plataforma detritica com superfície irregular, com declives na ordem dos 7-20º, que resultou do desmonte das escarpas (com cerca de 300 m de altura) que a ladeiam. Nestas escarpas existem diversas quedas de água que escoam, ao longo de todo o ano, as águas provenientes do planalto sobrejacente.

Na sequência de episódios de precipitação intensa e/ou prolongada ocorre a subida do nível freático no solo, promovendo o incremento da pressão neutra no(s) plano(s) de rotura. Quando é alcançado um limiar crítico, ocorre a reativação do movimento de vertente. Este processo de instabilidade encontra-se a ser monitorizado por técnicas geodésicas através de uma estação total robotizada desde 2018, e com inclinómetros e

piezómetros de corda vibrante desde 2022. Desde o início das observações até à data tem-se observado reativações com movimentações descontínuas, cujo comportamento cinemático reflete a influência do regime de precipitação. A velocidade planimétrica anual para o período de monitorização situa-se em torno dos  $15 \pm 5$  mm/ano, o que permite enquadrar este como um movimento muito lento.

São diversos os indicadores de instabilidade expressos nas construções: fendas de tração, com desligamento horizontal e com direções variadas consoante a sua posição relativamente à massa instabilizada; fendas com desligamento horizontal e vertical; e deformações e danos estruturais em várias estruturas (fot.9). Verifica-se que a massa instabilizada movimenta-se para Oeste, em direção ao mar.



Fot. 9 - Aspetto de algumas fendas observadas nas construções e estrada (Fajãzinha, Flores).

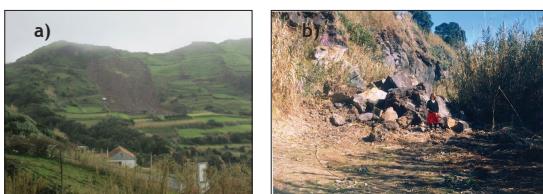
*Photo 9 - View of some cracks observed in buildings and on the road (Fajãzinha, Flores).*

### Contributo Antrópico na ocorrência de movimentos de vertente nos Açores: Exemplos

#### *Escavação no pé e no corpo de taludes*

A escavação de taludes tanto no pé como no corpo, alterando a sua geometria para inclinações superiores às existentes, é um fator potenciador de processos de instabilidade geomorfológica. Muitas vezes as escavações são problemáticas devido à ocorrência de fenómenos de descompressão nos maciços e à desestruturação natural do escoamento de água. Os processos de descompressão potenciam a formação de fissuras e fendas, que correspondem a zonas potenciais de instabilização e caminhos preferenciais para a infiltração de água.

A abertura de estradas ao longo de vertentes declivosas sem a contemplação de estruturas de contenção é igualmente uma das principais causas da ocorrência de movimentos de vertente. São inúmeros os exemplos ocorridos no arquipélago dos Açores, quer em taludes terrosos quer em taludes rochosos (fot.10).



**Fot. 10** - Deslizamento ocorrido entre dois taludes de escavação na ilha das Flores (a) e queda de blocos na sequência da remoção do depósito de vertente existente na base do talude (b) (Vila Franca do Campo, 1987).

**Photo 10** - Landslide between two excavation slopes on the island of Flores (a) and rockfall following the removal of the existing slope deposit at the base (b) (Vila Franca do Campo, 1987).

#### Sobrecargas impostas por aterros, casas

A construção de aterros e moradias sobre taludes favorece a redução do Fator de Segurança (FS), o que, quando combinado com outros elementos (e.g. água em excesso) contribui para a instabilização de taludes.

Em 2012, na sequência de um episódio de precipitação intensa, ocorreu um deslizamento num talude sobre o qual estava a ser construída uma moradia, na freguesia de Santo António (ilha de S. Miguel) (fot. 11). Essa construção, muito próxima do talude, não contemplou a execução de uma estrutura de contenção do mesmo, cuja constituição geológica era bastante desfavorável. Este evento causou a morte de uma criança.

O exemplo gráfico que se apresenta na fot. 11 corresponde à percentagem de redução do FS em função da sobrecarga para o caso do talude da situação de instabilidade descrita, sem qualquer estrutura de contenção. Naturalmente que a sobrecarga por si só não é o fator determinante, mas, conjugada com outros fatores, como por exemplo a drenagem de água, potenciou a instabilidade que vitimou a criança.



#### Direcionamento de águas pluviais/residuais para taludes

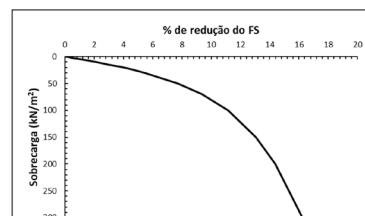
Os processos de instabilidade fomentados pelo direcionamento de águas pluviais/residuais para o corpo de taludes ocorrem com muita frequência no arquipélago dos Açores. Representam cerca de 11% das causas das ocorrências. O encaminhamento das águas residuais ou pluviais para a superfície de taludes/arribas promove a saturação em profundidade e, deste modo, conduz à redução dos parâmetros de resistência ao corte ou à geração de pressões intersticiais.

Na maioria dos casos, a construção destes sistemas de drenagem é efetuada pelos proprietários das casas que se localizam junto à crista dos taludes/arribas, ou correspondem a sistemas de drenagem de estradas que debitam a água diretamente para os taludes (fot.12).



**Fot. 12** - Instabilidades na orla costeira das Calhetas (S. Miguel) aceleradas pela presença de tubos de drenagem de águas residuais.

**Photo 12** - Slope instability on the coastline of Calhetas (S. Miguel) exacerbated by the presence of a wastewater drainage pipe.



**Fot. 11** - Talude que instabilizou em S. António (S. Miguel, 2012), fragilizado pela sobrecarga resultante da construção de uma casa (a), e redução do fator de segurança em função da sobrecarga (b).

**Photo 11** - Slope that became unstable in S. António (S. Miguel, 2012), weakened by the overload caused by the construction of a house (a), and reduction of the safety factor due to overload (b).

Muitas vezes, também nas linhas de água, para além do contributo da erosão fluvial natural, acresce a erosão provocada pela presença de tubos de descarga de águas.

#### *Alteração do tipo de uso ou coberto vegetal*

18

A modificação do coberto vegetal promove uma impermeabilização dos terrenos conduzindo a uma maior escorrência superficial, direcionada para a crista de taludes e contribuindo para a instabilidade geomorfológica dos mesmos (deslizamentos/escoadas detriticas) (fot.13). Por si só, não é uma condição que afete a instabilidade, uma vez que só representa 0,5% dos casos em estudo. No entanto, esta ação surge normalmente conjugada com outros fatores.



**Fot. 13 - Exemplo de um caso de instabilidade num talude promovido pela alteração do tipo de uso do terreno que provoca a impermeabilização e consequente escorrência superficial.**

**Photo 13 - Example of a case of instability on a slope caused by a change in land use, leading to impermeability and consequent surface run-off.**

#### *Taludes ou estruturas de suporte mal dimensionadas*

Um pouco por todo o arquipélago tem-se observado a existência de estruturas de contenção de terras que não foram devidamente dimensionadas para tal função. É o caso frequente de muros de alvenaria que têm como suposta função servir de estruturas de suporte com o objetivo de garantir a segurança de taludes (fot. 14).



**Fot. 14 - Exemplo de um muro de alvenaria a ser construído com função de estrutura de suporte.**

**Photo 14 - Example of a block wall being built as a support structure.**

#### *Rotura de canalizações subterrâneas no corpo de vertentes*

A rotura de canalizações subterrâneas de água no corpo de vertentes é um caso muito pouco frequente, no entanto, na freguesia da Ribeira Quente (S. Miguel), a rotura do sistema de água para abastecimento público causou uma instabilização do solo numa área de cerca de 600 m<sup>2</sup>. Esta rotura provocou danos estruturais em 4 moradias (fot.15).



**Fot. 15 - Patologias associadas à rotura de canalização de água que causou a instabilização do terreno.**

**Photo 15 - Pathologies associated with the rupture of a water pipe that caused the ground to become unstable.**

#### *Sismos*

#### *Construção na proximidade de falhas tectónicas*

Outro aspeto a ter em conta aquando da construção de edifícios e vias de comunicação é a existência de falhas tectónicas. Este aspeto é frequentemente menosprezado; no entanto, estas falhas poderão vir a ser reativadas aquando de crises sísmicas, frequentes no arquipélago dos Açores.

Aquando da crise sísmica de 1998 nas ilhas do Faial, Pico e S. Jorge, essa reativação foi bem patente, particularmente nos acidentes tectónicos presentes na parte emersa da ilha do Faial. O caso mais evidente foi o do lugar dos Espalhafatos, que se desenvolvia ao longo da Falha da Ribeirinha, uma das importantes falhas que integram o graben de Pedro Miguel. As casas daquele lugar foram, na sua quase totalidade, destruídas aquando da crise sísmica atrás mencionada. Uma boa construção pode minimizar os danos causados, como foi exemplo a única casa que resistiu nos Espalhafatos.

As vias de comunicação também podem ser seriamente danificadas como foi o caso da estrada de acesso ao Farol da Ribeirinha. Esta via desenvolvia-se ao longo do plano da falha da Ribeirinha. Na sequência do sismo de 9 de julho de 1998, verificou-se um rejeito desta falha de cerca de 1 m de altura (fot. 16).



Fot. 16 - Destrução das casas nos Espalhafatos e destruição da estrada de acesso ao Farol da Ribeirinha, na sequência do sismo de 1998.

*Photo 16 - Houses destroyed in Espalhafatos and the access road to Ribeirinha Lighthouse damaged, following the 1998 earthquake.*

## Inundações

### Construção em leitos de cheias

Uma situação frequente, que nestes últimos anos tem sido responsável por boa parte das catástrofes que aconteceram no arquipélago, é a ocupação do leito das linhas de água.

Foi este o caso verificado em Ponta Garça (S. Miguel), onde, em 1998 uma moradia localizada no leito de cheia de uma linha de água foi destruída (fot. 17).



Fot. 17 - Casa localizada no leito e cheia de uma linha de água que foi destruída - Ponta Garça (S. Miguel, 1998).

*Photo 17 - House located on the riverbed that was destroyed - Ponta Garça (S. Miguel, 1998).*

Porto Judeu é uma freguesia na ilha Terceira que é atravessada por duas importantes linhas de água de regime efémero. Como durante mais de 50 anos estas linhas de água não apresentaram qualquer tipo de regime torrencial, a população foi-se apoderando das áreas disponíveis nos leitos de cheias, para desenvolver as suas atividades (construção de logradouros, anexos, parques de estacionamento, esplanadas, etc.). Em março de 2013, na sequência de um episódio de intensa pluviosidade, aquelas linhas de água retomaram a sua função normal, causando graves inundações e prejuízos em estradas, moradias, viaturas, etc (fot. 18).



Fot. 18 - Porto Judeu (Terceira) - março 2013 - o mesmo lugar antes e depois da inundaçāo.

*Photo 18 - Porto Judeu (Terceira) - March 2013 - the same place before and after the flood.*

### Ocupação inadequada da faixa costeira

No dia 2 de outubro de 2019, as ilhas dos Açores foram atingidas pelo furacão Lorenzo que afetou particularmente as ilhas das Flores e do Faial, tendo causado avultados prejuízos. Diversas moradias, devido à sua proximidade à orla costeira, foram parcialmente destruídas pela forte ondulação e pelo embate de alguns blocos transportados pelo mar (fot. 19).



Fot. 19 - Efeitos do Furacão Lorenzo na zona costeira da Feteira (Faial).

*Photo 19 - Effects of Hurricane Lorenzo in the coastal area of Feteira (Faial).*

#### *Modificação do padrão de escoamento natural de águas devido a barreiras/entupimentos*

Existem diversas situações em que as passagens hidráulicas não estão devidamente dimensionadas para a passagem de carga sólida. Com frequência, a incorporação de materiais detritícios para linhas de água de regime efêmero resultantes da erosão fluvial e instabilização das margens laterais dos taludes promove o seu bloqueio e consequente extravasamento. O transbordo da água e materiais em muitas situações é causa de instabilidade em taludes de aterro em vias de comunicação (fot. 20).



Fot. 20 - Destrução provocada pelo transbordo de água e detritos e consequente instabilização de taludes de aterro.

*Photo 20 - Destruction caused by overflow of water and debris and consequent destabilisation of embankment slopes.*

Por outro lado, infelizmente também se assiste a práticas desadequadas como é o caso da ocupação de linhas de água por estruturas de habitações em canais já de si exíguos em termos de seção, causando bloqueio à livre circulação de água e de carga sólida (fot. 21).

Outra situação que poderá ter efeitos bastante nefastos para pessoas e bens que possam existir a jusante é a obstrução de linhas de água, por ex. com aterros e arroteamentos de terrenos para a prática agrícola.



Fot. 21 - Entupimento do canal de escoamento na Ribeirinha, Lajes do Pico.

*Photo 21 - Blockage of the drainage channel in Ribeirinha, Lajes do Pico.*

Em muitas situações, estas ações colocam em causa a segurança de pessoas e bens existentes a jusante. Em 2021, nas Feteiras, na ilha de São Miguel, devido ao transbordo de um curso de água, 15 viaturas foram arrastadas pela água e pelo material detritício e 13 moradias foram afetadas, motivo pelo qual foi necessário realojar os seus moradores (fot. 22).

#### **Perigos combinados**

Há ainda aglomerados populacionais em zonas expostas não apenas a um, mas a vários perigos, como é o caso da Ribeira Quente e da Ribeira da Praia, na ilha de S. Miguel. No primeiro caso, para além da localização da grande maioria das moradias da freguesia muito próximas à base de taludes com elevadas alturas e inclinações, onde ocorrem frequentemente movimentos de vertente, acresce que o único acesso também está muito exposto ao perigo geomorfológico, tendo já acontecido a freguesia ter ficado isolada devido à destruição parcial dessa estrada.

No caso do lugar da Ribeira da Praia, esta povoação, para além de estar localizada no leito de cheia de uma linha de água, está situada num vale da vertente sul do vulcão do Fogo. Este vale será o caminho preferencial de fluxos piroclásticos (escoadas detritícias e do tipo *lahar*, que são os produtos vulcânicos mais mortíferos) em caso de erupção vulcânica no maciço do Fogo. Para além disso, está ladeada de taludes cuja altura, inclinação e constituição geológica são muito favoráveis à ocorrência de movimentos de vertente.

No caso da Fajãzinha, como atrás referido, a construção sobre solos de fundação com características favoráveis à instabilidade poderá ser problemática, particularmente quando associada à percolação subterrânea de água nos solos de fundação. Nesta localidade acresce o risco de poder ser atingida por escoadas detritícias provenientes das vertentes que ladeiam a freguesia, como foi o caso do episódio de 2010 que obrigou à evacuação de praticamente todos os seus habitantes até se restabelecerem as condições de remoção do depósito de vertente mobilizado (fot. 23).



Fot. 22 - Estrangulamento de uma linha de água por aterro para obras de construção de um viaduto (Ribeira Chã, ilha de São Miguel, 2010) (a) e inundações causadas por alteração do uso dos solos, a montante, por arroteamentos na freguesia das Feteiras em 2021 (b).

*Photo 22 - SConstriction of a watercourse by landfill (Ribeira Chã, São Miguel island, 2010) (a); flooding caused by land use change upstream, in the parish of Feteiras in 2021 (b).*



Fot. 23 - Escoada detritica da Fajãzinha que obrigou à evacuação de grande parte dos seus habitantes durante vários dias até se restabelecerem as condições de remoção do depósito de vertente.

*Photo 23 - Fajãzinha debris flow that forced many of its inhabitants to evacuate for several days until the conditions for removing the slope deposit were re-established.*

## Conclusão

As ilhas dos Açores encontram-se expostas a um conjunto de perigos naturais com os quais a população teve de aprender a conviver da melhor maneira. Estes perigos são desencadeados, maioritariamente, por precipitação intensa e/ou prolongada e por sismos. No entanto, são muitas vezes potenciados por atividades antrópicas desajustadas.

Assim, com a pressão da ocupação de zonas mais críticas, a atividade antrópica tem tido um contributo significativo não só no desencadear de processos que colocam em risco pessoas e bens, como também no aumento da exposição a esses perigos naturais.

Para inverter esta situação, diversas medidas deveriam ser incorporadas em regulamentação de Instrumentos de Gestão Territorial e outras por entidades competentes

em matéria de obras públicas e de gestão e ordenamento do território, de modo a que as consequências resultantes de eventos extremos sejam cada vez menos frequentes e envolvam cada vez menos prejuízos humanos e materiais:

- 1) Apostar num ordenamento do território eficaz tendo em conta os diversos perigos geológicos passíveis de ocorrerem em cada loca; Não construir em zonas de risco (garantir faixas de segurança sobre falhas, em leitos de cheia, galgamentos e inundações costeira, e na base e topo de arribas e taludes);
- 2) Garantir a análise cuidada de situações/projetos por parte das entidades competentes na área dos licenciamentos;
- 3) Reorganizar sistemas de drenagem de águas pluviais de modo a desviar todas as águas que possam escoar sobre a superfície de taludes/arribas;

- 4) Investir na qualidade na construção para garantir a segurança; Implementar trabalhos de engenharia adequados/dimensionados para proteger/reforçar os elementos em risco - os projetistas devem ter em conta os condicionalismos existentes no local a construir e na zona envolvente;
- 5) Avaliar a estabilidade de taludes naturais e artificiais, apoiado em estudos geológicos e geotécnicos;
- 6) Implementar trabalhos de engenharia adequados/dimensionados para proteger/reforçar os elementos em risco a partir da influência dos fenómenos de instabilidade geomorfológica;
- 7) Implementar um sistema de fiscalização eficaz com aplicação de coimas pesadas para situações que coloquem em risco pessoas e bens (ex. obstrução de linhas de água);
- 8) Apostar na sensibilização/educação de todos os intervenientes que atuam no espaço físico (governantes e população).

Nos Planos Diretores Municipais, para efeitos de Reserva Ecológica, as faixas de proteção apenas são aplicadas às áreas de proteção do litoral, nomeadamente a tipologia de arribas e respetivas faixas. Neste domínio, deverá estender-se as faixas de segurança para as estruturas tectónicas cartografadas, através da aplicação de uma faixa mínima de 100 m para cada lado da estrutura identificada, e uma faixa de segurança para a base e crista de taludes que não estejam definidos como arribas. Se na delimitação da RE, as arribas e respetivas faixas consagram a aplicação de uma faixa de proteção delimitada a partir da crista para o lado da terra e a partir da base para o lado do mar, o mesmo já não acontece com as áreas de instabilidade de vertentes. Neste último caso, são analisadas as áreas suscetíveis à rotura através de cartas de suscetibilidade a movimentos de vertente, sendo estas estáticas. As faixas de proteção não só devem ser aplicadas a arribas, mas também a taludes (taludes de linhas de água, estradas), uma vez que as referidas cartas de suscetibilidade dão indicação da zona potencial de ocorrer a rotura do terreno (áreas fonte), não contendo informação sobre a sua propagação para jusante e sobre o recuo que poderá surgir no seu topo.

#### Referências bibliográficas

Antonello, G. Casagli, N. Farina, P. Leva, D. Nico, G. Sieber, A.J. e Tarchi, D. (2004). Ground-based SAR Interferometry for monitoring mass movements. In: *Journal of the international consortium on landslides*. Landslides, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Vol.1, 21-28.

Amaral, P. (2005). *Monitorização de vertentes instáveis no concelho da Povoação, ilha de S. Miguel (Açores): Ensaios com base na utilização de uma estação total (Tese de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos)*. Universidade dos Açores, 151 p.

Frutuoso, G. [1522-91] (1981). Livro Quarto das Saudades da Terra. In: Frutuoso, G. (ed.) *Saudades da Terra*, 2<sup>a</sup> edn. Instituto Cultural de Ponta Delgada, Ponta Delgada, II, 285-327.

Gaspar, J. L. Wallenstein, N. Coutinho, R. Ferreira, T. Queiroz, G. Pacheco, J. Guest, J. Tryggvason, E. e Malheiro, A. (1997). Considerações sobre a ocorrência dos movimentos de massa registados na madrugada de 31 de Outubro de 1997 na ilha de S. Miguel, Açores. *Relatório técnico-Científico 17/ DGUA/97*, Centro de Vulcanologia, 28 p.

Marques, R. Zêzere, J.L. Trigo, R. Gaspar, J.L. e Trigo, I. (2008). Rainfall patterns and critical values associated with landslides in Povoação County (São Miguel Island, Azores): relationships with the North Atlantic Oscillation. *Hydrological Processes*, 22, 478-494.

Marques, F., Amaral, P., Malheiro, A., Moniz, L. e Câmara, A. (2016). Sistema da monitorização multitécnica a implementar no movimento de vertente que afeta a população da Fajãzinha (ilha das Flores - Açores). *15º Congresso Nacional de Geotecnica*.

Popescu, M. E. (1996). "From landslide causes to landslide remediation" in SENNESET, K. (Ed.) *Landslides. Proceedings of the Seventh International Symposium on Landslides*. Trondheim. Vol. 1. Balkema, Rotterdam. 75-96.

Puglisi, G. Bonaccorso, A. e Mattia, M. (2004). Volcanic Risk reduction at Sicilian Volcanoes (South Italy) by using geodetic monitoring systems. *International symposium "Reducing Volcanic Risk". Tenerife., Abstracts*. p 69.

Silveira, D. Gaspar, J.L. Ferreira, T. e Queiroz, G. (2003). Reassessment of the historical seismic activity with major impact on S. Miguel Island (Azores). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, 1-8.

Valadão, P. Gaspar, J.L. Queiroz, G. e Ferreira, T. (2002). Landslides density map of S. Miguel Island (Azores archipelago). *Natural Hazards*, 2: 51-56.

Zêzere, J. L. (2000). A Classificação dos Movimentos de Vertente: Tipologia, Actividade e Morfologia, *Apontamentos de Geografia - série Investigação*, nº 6, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.

Zêzere, J. L., Trigo, R.M. e Trigo, I.F. (2005) - Shallow and deep landslides induced by rainfall in the Lisbon region (Portugal): assessment of relationships with the North Atlantic oscillation. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5: 331-344.