



# 16º Congresso da APDR

Universidade da Madeira, Funchal

Colégio dos Jesuítas, 8 a 10 Julho 2010

# **ACTAS**

*Proceedings*

**ISBN 978-989-96353-1-9**





## AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE MODELOS DE SUSCEPTIBILIDADE A DESLIZAMENTOS EM ÁREAS HOMOGÉNEAS NA REGIÃO A NORTE DE LISBOA

Aldina Piedade; José Luís Zêzere; Ricardo A. C. Garcia; Sérgio Cruz de Oliveira

Centro de Estudos Geográficos

Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Universidade de Lisboa

Contacto: [aldinapiedade@campus.ul.pt](mailto:aldinapiedade@campus.ul.pt)

### Resumo

Os movimentos de vertente em Portugal provocam vítimas humanas apenas em situações extremas, no entanto, com alguma regularidade são responsáveis por perdas económicas significativas (*e.g.*, bens e vias de comunicação). Na tentativa de mitigar os efeitos nefastos destas ocorrências torna-se obrigatório que sejam inventariadas as instabilidades ocorridas e os eventos extremos, constituindo a base para o zonamento da susceptibilidade geomorfológica, a integrar nos Planos Municipais de Ordenamento do Território.

A região a norte de Lisboa é conhecida por manifestações recorrentes de instabilidade geomorfológica. A *área modelo* de Fanhões-Trancão e a *área teste* de Lousa-Loures são utilizadas para validação cruzada de modelos de susceptibilidade, tendo por base a similaridade geológica e geomorfológica, assumindo-se que as mesmas causas são susceptíveis de gerar os mesmos efeitos.

A metodologia utilizada centra-se no uso de algoritmos estatísticos para avaliar a relação espacial entre a distribuição dos deslizamentos translacionais superficiais, entendidos como variável dependente, e um conjunto de 7 factores de predisposição para a instabilidade, entendidos como variáveis independentes (declive, exposição de vertentes, perfil transversal das vertentes, litologia, geomorfologia, depósitos superficiais e uso de solo).

A integração dos dados é efectuada através do Método *Likelihood Ratio*, do qual resultam *scores* de susceptibilidade aos movimentos de vertente para cada classe de cada variável independente. A avaliação dos resultados obtidos, nomeadamente o grau de ajuste dos modelos de susceptibilidade aos dados de origem, é efectuada através da construção das respectivas curvas de sucesso. Numa segunda fase os *scores* de



*Likelihood Ratio* obtidos para a *área modelo* são exportados para a *área teste* e vice-versa, facto que permite a validação cruzada dos modelos e a avaliação da sua capacidade preditiva, através das respectivas curvas de predição.

## 1. Introdução

A avaliação da susceptibilidade a movimentos de vertente baseia-se no princípio de que os factores que condicionaram a actividade de deslizamentos no passado e presente serão igualmente responsáveis pela ocorrência dos futuros episódios de instabilidade geomorfológica. A metodologia utilizada neste trabalho teve por base duas questões de partida: i) sendo conhecida a variação espacial da susceptibilidade de uma área, é viável a aplicação directa dos respectivos *scores* de susceptibilidade em áreas que apresentem características geológicas e geomorfológicas similares? ii) qual é o grau de erro introduzido por esta abordagem, em comparação com a avaliação de susceptibilidade mais habitual, baseada na exploração do inventário de movimentos de vertente da própria área?

A aplicação e validação de um modelo de susceptibilidade na área de Lousa-Loures (*área teste*) com recurso a algoritmos obtidos para a área de Fanhões-Trancão (*área modelo*), justifica-se pelo facto destas áreas terem características geológicas e geomorfológicas similares e pela existência da mesma tipologia de deslizamentos, nomeadamente os deslizamentos translacionais superficiais. Paralelamente, é desenvolvida a avaliação da susceptibilidade na área de Lousa-Loures, com recurso ao inventário de deslizamentos translacionais superficiais dessa área. Os algoritmos de susceptibilidade assim obtidos são posteriormente aplicados e validados na área de Fanhões-Trancão. Para tal, foram criadas e utilizadas bases de dados relacionais que transcrevem as relações entre os factores de predisposição da instabilidade e os deslizamentos translacionais superficiais, com recurso à modelação através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Para possibilitar as comparações, procedeu-se à homogeneização dos dados de partida nas duas áreas e utilizou-se uma única ferramenta estatística para avaliar a susceptibilidade: o *Likelihood Ratio* (Lee *et al.*, 2007). Os resultados obtidos são validados através de técnicas standardizadas, descritas na literatura especializada (*e.g.* Chung e Fabbri, 2003; Guzzetti, 2005) e já aplicados em estudos similares na região a norte de Lisboa (*e.g.* Reis *et al.*, 2003; Zêzere *et al.*, 2004).



## 2. Localização e caracterização da área de estudo

A área modelo de Fanhões-Trancão e a área teste Lousa-Loures localizam-se no concelho de Loures, inserido na região a norte de Lisboa (fig. 1).



Figura 1 – Enquadramento das áreas de Fanhões-Trancão e Lousa-Loures na região a norte de Lisboa  
A *área modelo* de Fanhões-Trancão insere-se no sector intermédio da bacia hidrográfica do Rio Trancão, sendo parte integrante da costeira de Lousa-Bucelas. Localiza-se no reverso deste relevo estrutural, que acompanha a estrutura monoclinial com inclinação de 12° para S (Zêzere *et al.*, 1999; Reis *et al.*, 2003). Do ponto de vista litológico observa-se a alternância de rochas com diferente dureza, permeabilidade e plasticidade. Destacam-se os afloramentos do Complexo Vulcânico de Lisboa (ocupam 49% da área total) e as rochas sedimentares de idade cretácica (calcários, arenitos, calcários margosos), presentes em 25% da área total (fig. 2).

A *área teste* de Lousa-Loures abrange uma superfície de 17km<sup>2</sup>, sendo drenada pelo Rio de Loures e seus afluentes, que se integram na bacia hidrográfica do Rio Trancão. Como no caso anterior, a disposição monoclinial com pendores fracos a moderados (8° a 30°) para SSE e SE, aliada à presença de rochas com dureza contrastada, conduziu ao desenvolvimento de relevos de costeira (Ferreira, 1984). Do ponto de vista litológico, à



semelhança da área de Fanhões-Trancão, destacam-se os materiais do Complexo Vulcânico de Lisboa (presentes em 47% da área total) e as rochas sedimentares do Cretácico (calcários, arenitos, calcários margosos, pelitos e dolomitos), que afloram em 38% da área total (fig. 2).

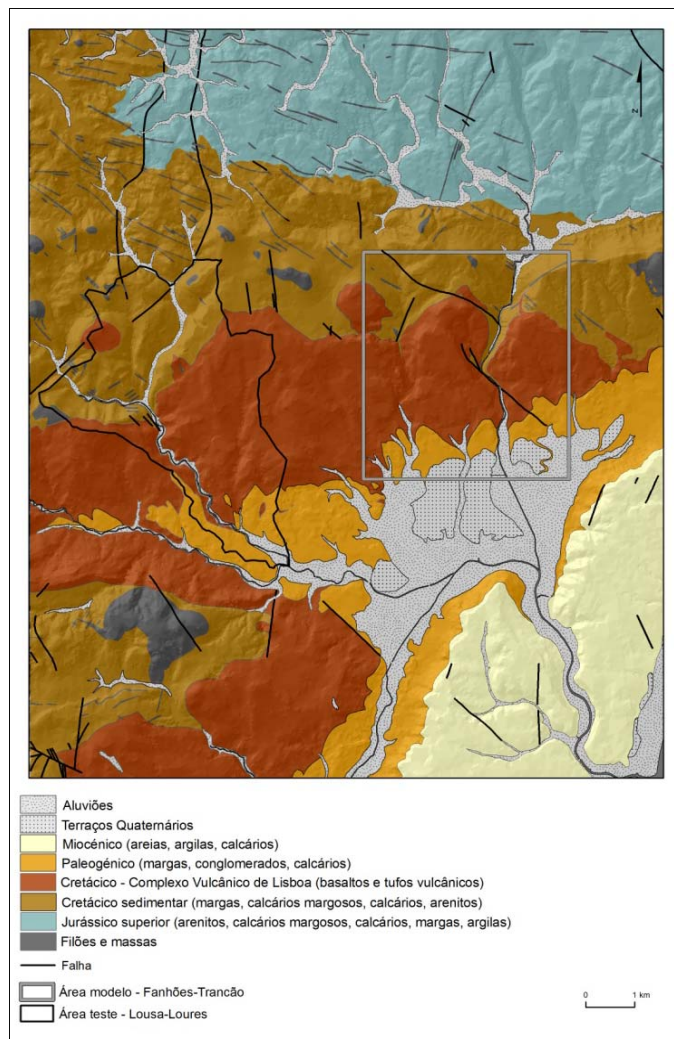


Figura 2 – Enquadramento litológico da área de Fanhões-Trancão e Lousa-Loures

### 3. Movimentos de vertente e factores de predisposição

Os deslizamentos são o tipo de movimento de vertente analisado neste trabalho. De acordo com a WP/WLI (1993), um deslizamento é um movimento de solo ou rocha que ocorre predominantemente ao longo de planos de ruptura ou de zonas relativamente estreitas, alvo de intensa deformação tangencial. O tipo de ruptura tangencial e as características do material afectado constituem os principais critérios para a subdivisão dos deslizamentos, em rotacionais e translacionais. Adicionalmente, o termo superficial



é utilizado quando a deslocação do material não afecta o substrato rochoso, ocorrendo apenas no depósito que regulariza as vertentes e que apresenta uma espessura tipicamente compreendida entre 0,5 e 2 m. Nas áreas de estudo os deslizamentos translacionais superficiais estão relacionados, muitas vezes, com a abertura de taludes antrópicos e com a erosão lateral dos cursos de água.

A base de dados dos deslizamentos translacionais superficiais consiste num inventário, obtidos através de levantamento de campo efectuado na última década do século XX (Zêzere, 1997) para ambas as áreas em estudo. Na área de Fanhões-Trancão foram inventariados 100 movimentos (densidade de movimentos de 5/km<sup>2</sup>), a que correspondem 142 172 m<sup>2</sup> de área instabilizada (0,71% da área total). Para a área de Lousa-Loures inventariaram-se 82 deslizamentos translacionais superficiais (densidade de 4,8/km<sup>2</sup>), correspondentes a uma área instabilizada de 37 099 m<sup>2</sup> (0,22% da área total) (Quadro 1).

Quadro 1 - Inventário de deslizamentos translacionais superficiais nas áreas de estudo

	N.º de Eventos	Área instabilizada (m <sup>2</sup> )	Densidade de movimentos (km <sup>2</sup> )	Total de área instabilizada
Área modelo de Fanhões-Trancão	100	142 172	5,0	0,71
Área teste de Lousa-Loures	82	37 099	4,8	0,22

As figuras 3 e 4 representam a distribuição espacial dos deslizamentos translacionais superficiais, na área de Fanhões-Trancão e Lousa-Loures, respectivamente.



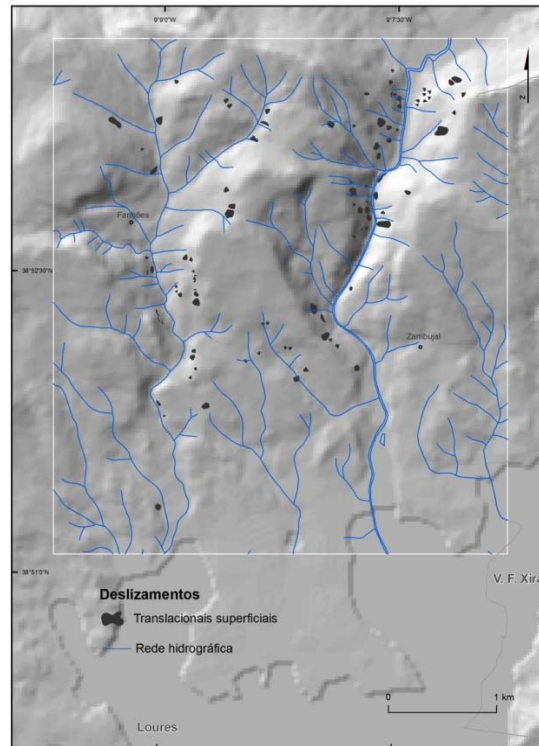


Figura 3 – Distribuição dos deslizamentos translacionais superficiais na *área modelo* de Fanhões-Trancão

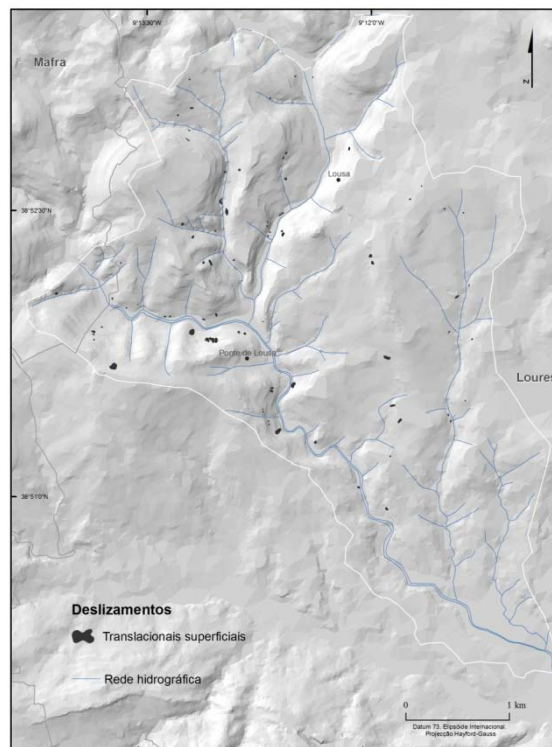


Figura 4 - Distribuição dos deslizamentos translacionais superficiais na



Os factores de predisposição da instabilidade geomorfológica assumidos como capazes de prever a distribuição espacial dos deslizamentos e usados na avaliação da susceptibilidade foram seleccionados com base em trabalhos já realizados na *área modelo* de Fanhões-Trancão (e.g., Reis *et al.*, 2003; Zêzere *et al.*, 2004) e, mais recentemente, na *área teste* de Lousa-Loures (Piedade, 2009). Assim, foram considerados o declive, a exposição das vertentes, o perfil transversal das vertentes, as unidades litológicas, os depósitos superficiais, as unidades geomorfológicas e o uso do solo, que constituem as variáveis independentes dos modelos. As classes que ocorrem numa única área não foram consideradas no processo de transferência dos *scores* de susceptibilidade entre as áreas.

#### 4. Metodologia

Neste trabalho, partiu-se do conhecimento da instabilidade geomorfológica previamente adquirido para a *área modelo* de Fanhões-Trancão para definir a susceptibilidade a deslizamentos translacionais superficiais na *área teste* de Lousa-Loures. O pressuposto de partida é que os futuros movimentos de vertente têm maior probabilidade de ocorrer sob condições geológicas e geomorfológicas idênticas às que determinaram a instabilidade presente e passada, bem como, que as mesmas causas são susceptíveis de originar os mesmos efeitos. Neste sentido, o mapa de susceptibilidade da *área teste* é elaborado através da importação de *scores* de susceptibilidade obtidos para a *área modelo*. No entanto, a disponibilidade de um inventário dos deslizamentos para a *área teste* de Lousa-Loures permitiu o cálculo de *scores* de susceptibilidade com base nos dados da própria área, dando origem a um segundo mapa de susceptibilidade a deslizamentos translacionais superficiais, obtido através desses *scores*, que é comparado com o anterior.

Numa segunda abordagem, os *scores* de susceptibilidade obtidos para a *área teste* de Lousa-Loures são aplicados na *área modelo* de Fanhões-Trancão, o que permitiu a realização de dois mapas de susceptibilidade para a área de Fanhões-Trancão comparáveis aos obtidos na área de Lousa-Loures.

Para a avaliação da susceptibilidade utilizou-se o método estatístico bivariado *Likelihood Ratio* (Lee *et al.*, 2007). Este método tem uma base *bayesiana*, quantificando





a relação entre a distribuição dos movimentos de vertente e cada classe de cada factor de predisposição considerado.

Para o cálculo do *Likelihood Ratio* é considerada a área de ocorrência e não ocorrência dos movimentos de vertente para cada classe de cada variável (factor de predisposição). Deste modo, o *Likelihood Ratio*, para cada classe ou para cada factor, é calculado dividindo o *ratio* de ocorrência dos movimentos de vertente pelo *ratio* da área da classe (Lee *et al.*, 2007).

O Índice de Susceptibilidade (LSI – *Landslide susceptibility index*) é obtido para cada unidade de terreno (*e.g.*, pixel) pelo somatório dos *Likelihood Ratio* das classes de cada variável presente na unidade de terreno:

$$LSI = \sum LR$$

Sendo que:

LR = *Likelihood Ratio* de cada classe de cada variável presente na unidade de terreno.

A susceptibilidade a movimentos de vertente é tanto mais elevada quanto maior o valor de LSI. Os valores mais baixos de LSI (zero ou próximo de zero) significam uma baixa susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente.

A validação dos resultados é sustentada pelo cruzamento dos mapas de susceptibilidade com a distribuição dos deslizamentos translacionais superficiais. O grau de ajuste entre os dados e o modelo é determinado através do cálculo da taxa de sucesso (o mapa de susceptibilidade é cruzado e validado com os movimentos de vertente que lhe deram origem) e a respectiva capacidade preditiva através da taxa de predição (o mapa de susceptibilidade é cruzado e validado com uma amostra de movimentos de vertente independente, não considerada na construção do modelo preditivo).

A qualidade global dos modelos de susceptibilidade é quantificada através do cálculo da Área Abaixo da Curva (AAC).

## 5. Mapas de susceptibilidade a deslizamentos translacionais superficiais

As figuras 5 e 6 representam os mapas de susceptibilidade obtidos com os *scores* de *Likelihood Ratio* para as duas áreas, respectivamente, Lousa-Loures e Fanhões-Trancão. Para facilitar as comparações, a divisão em classes dos mapas seguiu sempre o mesmo



critério, reportando-se à área classificada por ordem decrescente de susceptibilidade (em percentagem).

Através da observação dos mapas de susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos translacionais superficiais (fig. 5 e 6) verifica-se que os padrões da susceptibilidade são bastante semelhantes entre si, principalmente, nos modelos obtidos para a *área teste* de Lousa-Loures (fig. 5).

Na figura 5, referente à área de Lousa-Loures, as classes de susceptibilidade mais elevada localizam-se em áreas de vertentes com declive acentuado, em áreas de anverso de costeira e na unidade litológica correspondente a margas e calcários margosos. A classe com maior expressão territorial corresponde às áreas com menor susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos translacionais superficiais, que se caracterizam pelos declives suaves das vertentes e pelo domínio das rochas basálticas.

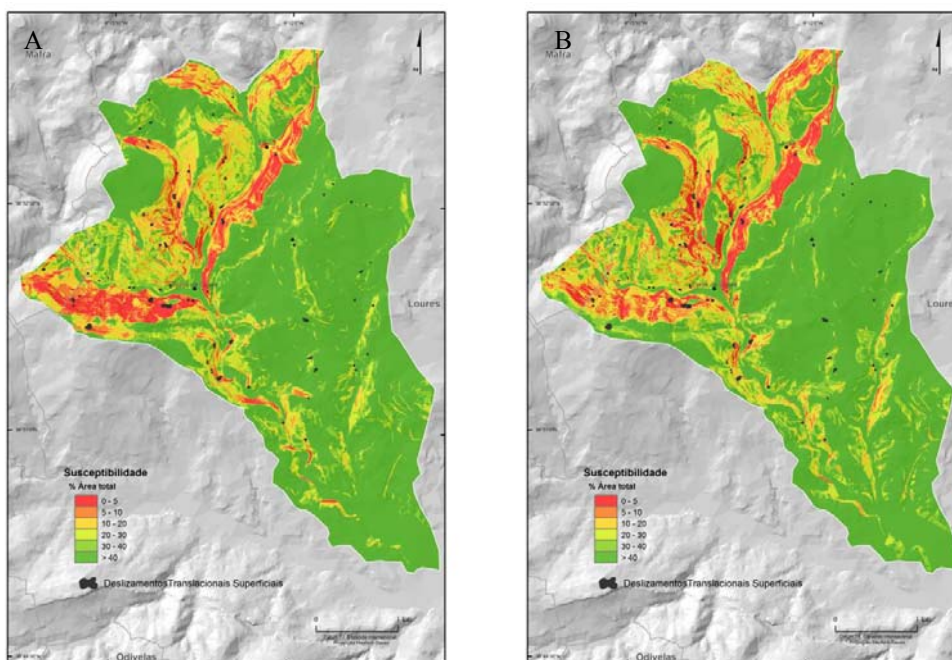


Figura 5 – Mapas de susceptibilidade a deslizamentos translacionais superficiais na *área teste* de Lousa-Loures

A – Lk de Lousa-Loures; B – Lk de Fanhões-Trancão

O ajuste dos mapas A e B da figura 5 é expresso pelo nível de concordância (em percentagem) das classes de susceptibilidade. Se considerarmos os primeiros 5% de área classificada como mais susceptível, verifica-se que há uma concordância de 47% entre



os dois mapas. Esse valor aumenta para 65% quando se comparam os 10% de área classificada como mais propensa à ocorrência de deslizamentos translacionais superficiais.

A figura 6 representa os mapas de susceptibilidade produzidos para a *área modelo* de Fanhões-Trancão. O mapa A, obtido com *scores* de susceptibilidade da própria área, apresenta as classes de susceptibilidade mais elevadas em vertentes de declive acentuado, vertentes de vale e vertentes anaclinais talhadas em margas, calcários margosos e arenitos com depósitos superficiais correspondentes a coluviões. O mapa B, obtido com *scores* de susceptibilidade de Lousa-Loures, no geral, apresenta a mesma distribuição das classes de susceptibilidade mais altas. No entanto, observam-se algumas diferenças nas áreas correspondentes aos “depósitos de enchimento de valesiros” cujos *scores* de susceptibilidade são bastantes mais elevados na área de Lousa-Loures do que na área de Fanhões-Trancão, facto que se repercute na figura 6B.

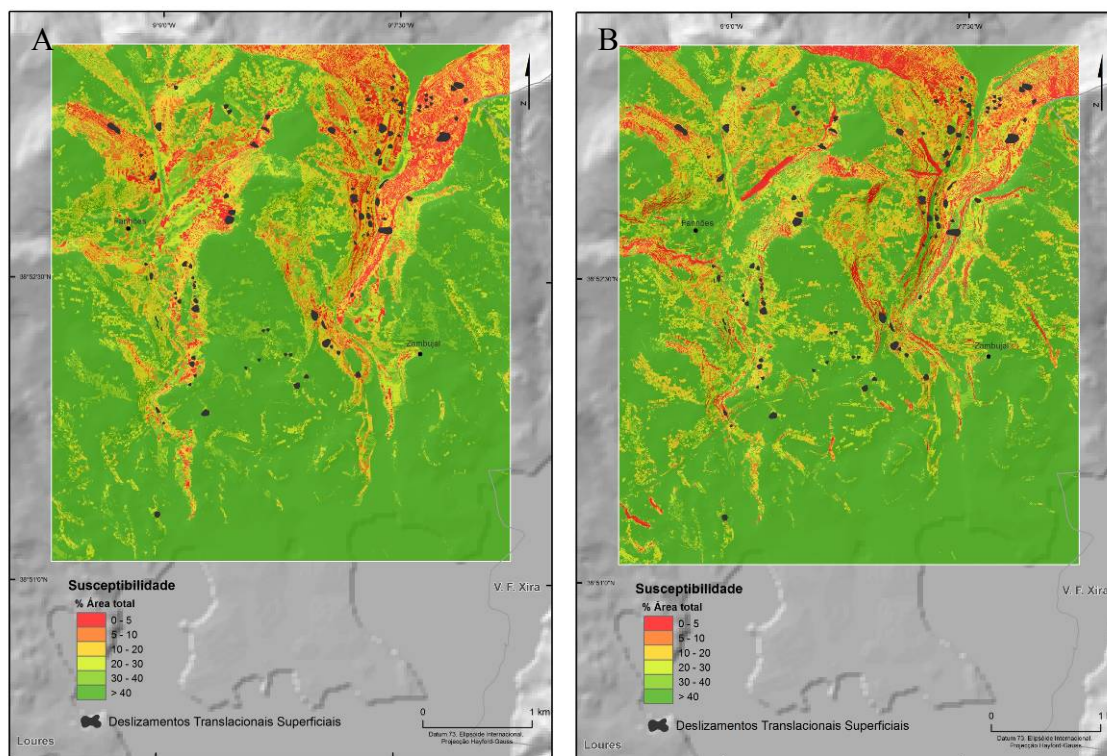


Figura 6 – Mapas de susceptibilidade a deslizamentos translacionais superficiais na *área modelo* de Fanhões-Trancão

A – Lk de Fanhões-Trancão; B – Lk de Lousa-Loures

O ajuste dos mapas A e B da figura 6 é comparado através do nível concordância (em percentagem), à semelhança do modelo anterior. Quando é considerada 5% de área

classificada como mais susceptível, verifica-se que há uma concordância de 40% entre os dois mapas. Este valor sobe para 55% quando se comparam os 10% de área classificada como mais propensa à ocorrência da tipologia de movimentos de vertente estudada.

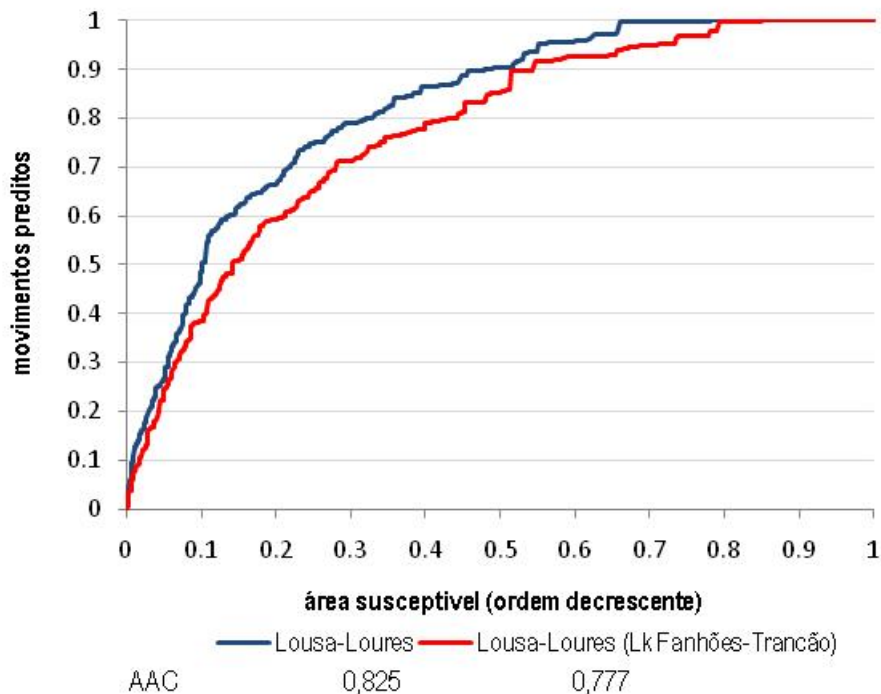
#### **6 – Validação dos mapas de susceptibilidade: Curvas de sucesso e de predição**

A figura 7 apresenta as curvas de sucesso (azul) e de predição (vermelho) e as respectivas AAC, respeitantes aos dois modelos de susceptibilidade representados na figura 5 para a *área teste* de Lousa-Loures. A curva de sucesso mostra que com 10% da área mais susceptível são validados 45% dos deslizamentos, e aos 50% dessa mesma área consegue-se a validação de 90% dos deslizamentos. A validação do total dos movimentos de vertente obtém-se aos 68% de área mais susceptível. Os valores obtidos e representados pela curva de predição não se distanciam muito da curva de sucesso. Aos 10% de área mais susceptível são validados 40% dos movimentos de vertente. Aos 50% de área mais susceptível são validados 85% e a totalidade dos movimentos é apenas validada aos 80% da área susceptível.

Como seria de esperar, o modelo obtido com os *Likelihood Ratio* de Lousa-Loures apresenta uma AAC superior à obtida pelo modelo construído com o *Likelihood Ratio* de Fanhões-Trancão, respectivamente, 0,825 e 0,777. De acordo com a classificação proposta por Guzzetti (2005), o primeiro modelo é classificado de “muito bom”, enquanto o segundo é classificado como “aceitável”.



Figura 7 – Curva de sucesso (azul) e curva de predição (vermelho) e respectivas AAC dos modelos de susceptibilidade a deslizamentos translacionais superficiais da *área teste* de Lousa-Loures



A figura 8 apresenta a curva de sucesso (azul) e de predição (vermelho) e as respectivas AAC, correspondente aos dois modelos de susceptibilidade representados na figura 6 para a *área modelo* de Fanhões-Trancão. A curva de sucesso mostra que com 10% da área mais susceptível são validados 43% dos deslizamentos, enquanto aos 50% dessa mesma área se consegue a validação de 95% dos deslizamentos. A validação do total dos movimentos de vertente obtém-se aos 80% de área mais susceptível. Os valores obtidos e representados pela curva de predição mostram que aos 10% de área mais susceptível são validados 32% dos movimentos de vertente. Aos 50% de área mais susceptível são validados 92% dos deslizamentos e a totalidade dos movimentos é apenas validada aos 73% da área susceptível. Aos 25% de área considerada como mais susceptível a curva de sucesso e de predição apresentam o maior distanciamento entre si; a primeira valida, 83% dos movimentos, enquanto a segunda valida 60% da totalidade dos movimentos de vertente.

Como no caso anterior, o modelo obtido com valores de susceptibilidade da própria área de Fanhões-Trancão apresenta uma AAC superior à obtida pelo modelo baseado nos *Likelihood Ratio* de Lousa-Loures, respectivamente, 0,839 e 0,773. Da aplicação do





critério de Guzzetti (2005) resulta uma classificação de modelos idêntica à obtida para a área de Lousa-Loures: o primeiro modelo de susceptibilidade é classificado de “muito bom” e o segundo é classificado como “aceitável”. No entanto, deve ter-se em conta que estas AAC não são directamente comparáveis, uma vez que a primeira informa-nos do grau de ajuste dos dados ao modelo e a segunda da capacidade preditiva do mesmo.

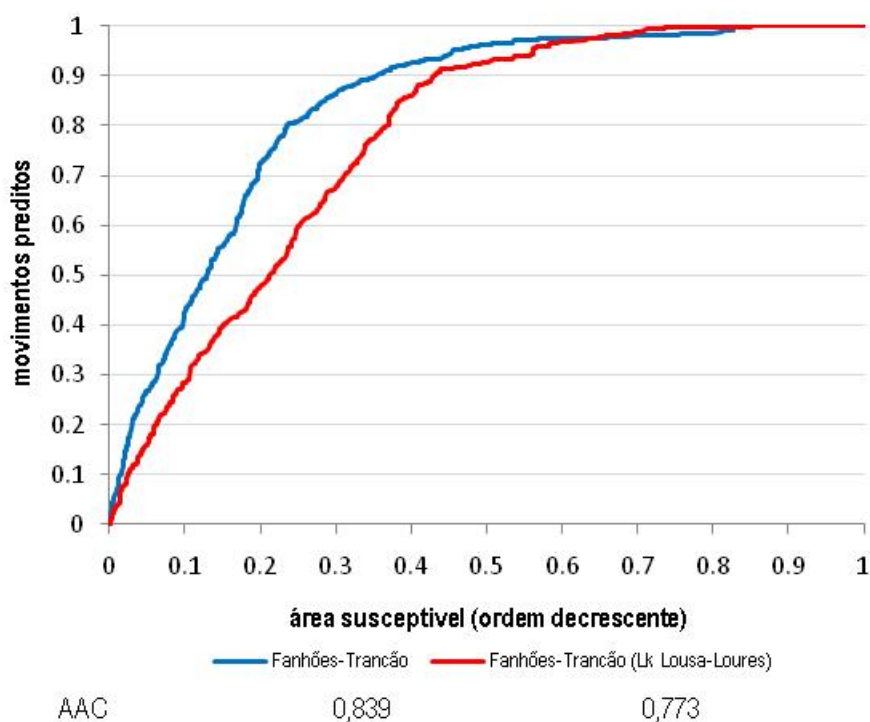


Figura 8 – Curva de sucesso (azul) e curva de predição (vermelho) e respectivas AAC dos modelos de susceptibilidade a deslizamentos translacionais superficiais da área modelo de Fanhões-Trancão

## 7. Considerações Finais

Os resultados obtidos através da exportação de *scores* de susceptibilidade para uma área com características geológicas e geomorfológicas similares, com modelação em SIG, mostram que se trata de uma metodologia válida, tratando-se de movimentos de vertente da mesma tipologia. O pressuposto que as mesmas causas são susceptíveis de gerar os mesmos efeitos, num contexto geológico e geomorfológico similar foi validado pela metodologia desenvolvida. Para tal, em muito contribuíram os procedimentos analíticos sustentados por inventários de movimentos de vertente robustos e pela utilização de um método estatístico simples, mas fiável (*Likelihood Ratio*) em ambiente SIG. Paralelamente, a base de dados cartográfica considerada e aplicada neste estudo, que



inclui 7 factores de predisposição à instabilidade geomorfológica, revelou-se válida e adequada para este tipo de exercício.

Os mapas de susceptibilidade produzidos com *scores* obtidos nas duas áreas de estudo apresentam em elevado nível de concordância; por exemplo, na *área teste de Lousa-Loures* (fig. 5) a sobreposição entre os mapas A e B é de 71%, quando se isolam os 20% da área classificada como mais susceptível. No caso da *área modelo* de Fanhões-Trancão (fig. 6), o valor corresponde de concordância entre mapas é de 79%.

Os resultados obtidos, para além de confirmarem a viabilidade da aplicação directa de *scores* de susceptibilidade em áreas que apresentem características geológicas e geomorfológicas similares, revelam ainda que o *Likelihood Ratio* constitui uma boa escolha para a atribuição objectiva dos pesos das variáveis e para a integração de dados estatísticos na análise e na modelação espacial.

Em resposta à segunda pergunta de partida, observa-se que grau de incerteza associado a esta abordagem metodológica, em comparação com a avaliação de susceptibilidade mais habitual, baseada na exploração de um inventário de deslizamentos da área de estudo, não é tão alto que inviabilize a aplicação da metodologia. A diferença entre AAC de curva de sucesso e AAC da curva de predição é apenas de 0,066 para a *área modelo* de Fanhões-Trancão e de 0,048 para a *área teste* de Lousa-Loures.

A metodologia apresentada e respectiva validação constitui um exercício académico de carácter científico. A sua transposição e generalização em Planos de Ordenamento do Território só poderá ser efectuada quando houver disponibilidade de um inventário de instabilidades para a área em estudo, que permita validar os mapas de susceptibilidade; só assim se poderá avaliar a capacidade preditiva dos modelos e a sua validação científica. Assim, é desaconselhável a realização de modelos de susceptibilidade nessas circunstâncias, sob pena de se cometerem erros grosseiros que distorcem a realidade, com graves consequências para o ordenamento do território.

### **Bibliografia**

Ferreira, A. B. (1984) - *Mouvements de terrain dans la Région au Nord de Lisbonne. Conditions morphostructurales et climatiques*. Mouvements de Terrain. Colloque de Caen. Documents du B.R.G.M., n.º 83, pp. 485-494.



Chung, C.F., Fabbri, A. (1993) – The representation of geosciences information for data integration. *Nonrenewable Resources*. **2**: 122-138.

Guzzetti, F. (2005) - *Landslide Hazard and Risk Assessment*. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Bona, 371 pp.

Lee, S., Ryu, J. H., Kim, L. S. (2007) - Landslide susceptibility analysis and its verification using likelihood ratio, logistic regression, and artificial neural network models: case study of Youngin, Korea. *Landslides* 4, pp. 427-338.

Reis, E., Zêzere, J. L., Vieira, G. T., Rodrigues, M. L. (2003) - Integração de dados espaciais em SIG para a avaliação da susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos, *Finisterra XXXVIII*: 76, pp. 3-34.

Piedade, A. (2009) – *Modelação especial em Sistemas de Informação Geográfica da susceptibilidade a deslizamentos na área de Lousa-Loures*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 114 pp.

Working Party On World Landslide Inventory, Unesco (1993) - *A suggested method for describing the activity of a landslide*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, n.º 47, pp. 53-57.

Zêzere, J. L. (1997) – *Movimentos de Vertente e Perigosidade Geomorfológica na Região a Norte de Lisboa*. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa, 575 pp.

Zêzere, J. L., Ferreira, A.B. e Rodrigues, M. L. (1999) – The role of conditioning and triggering factors in the occurrence of landslides: a case study in the area north of Lisbon (Portugal). *Geomorphology*. 1-2. 30: 133-146.

Zêzere, J. L., Reis, E., Garcia, R., Oliveira, S., Rodrigues, M. L., Vieira, A. B. (2004) - Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslides hazard scenarios in the area north of Lisbon (Portugal). *Natural Hazard and Earth System Sciences n.º 4*, pp. 133-146.

Esta investigação faz parte do projecto *MapRisk – Metodologias de avaliação de perigosidade e risco de movimentos de vertente dos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PTDC/GEO/68227/2006)*, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.