

Avaliação e validação da susceptibilidade a deslizamentos no âmbito do planeamento municipal. Caso do estudo do Concelho de Loures.

Landslide susceptibility assessment and validation in the framework of municipal planning. A case study in the Loures Municipality.

C. Guillard¹, J.L. Zêzere¹

¹Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Edifício da Faculdade de Letras, Alameda da Universidade, 1600-214 Lisboa, Portugal.

Abstract

A methodology for landslide susceptibility assessment at the regional scale is presented. The study area is the Loures municipality which is located in the area north of Lisbon. The landslide inventory necessary for the creation of the susceptibility model was made for the whole area starting from the photo-interpretation of detailed orthophotomaps combined with the detailed representation of the terrain elevation. Susceptibility is evaluated using algorithms based on a bivariate statistical analysis called Information Value Method. The accuracy of the landslide susceptibility model obtained is assessed using two strategies: in the one hand by the division of the landslide inventory in two parts, the first one being used to model and the second one to check; on the other hand with a landslide inventory made up with polygons representing some of the landslides which had been validated by field work. The robustness and the accuracy of the landslide susceptibility model are assessed by a success-rate curve and two prediction-rate curves. These curves show that the model is rather robust in the sense that 70% of the future landslides are expecting to occur in only 20% of the total area.

Keywords

Susceptibility, Landslides, Success-Rate Curve, Prediction-Rate Curve, Municipal Planning.

Resumo

Neste trabalho é apresentada uma metodologia de avaliação da susceptibilidade a deslizamentos à escala regional. A área de estudo é o concelho de Loures, situado na região a norte de Lisboa. O inventário dos deslizamentos necessário para criar o modelo de susceptibilidade foi estabelecido a partir da interpretação de ortofotomapas detalhados do concelho, combinada com a representação da elevação do terreno. A susceptibilidade é avaliada usando algoritmos baseados num método estatístico bivariado: o Método do Valor Informativo. A exactidão do modelo de susceptibilidade obtido foi avaliada, por um lado, com a separação do inventário de deslizamentos em duas partes, a primeira utilizada para modelar e a segunda para validar os resultados; e por outro lado, com um inventário parcial de deslizamentos com representação poligonal e validados com trabalho de campo. A robustez e a exactidão do modelo de susceptibilidade aos deslizamentos são avaliados por uma taxa de sucesso e por duas taxas de predição. Essas curvas mostram que o modelo construído é bastante robusto, no sentido que 70% dos deslizamentos futuros devem ocorrer em somente 20% da área total.

Palavras-Chave

Susceptibilidade, Deslizamentos, Taxas de Sucesso, Taxas de Predição, Planeamento Municipal.

Introdução

Neste trabalho é aplicada uma metodologia para avaliar a susceptibilidade aos deslizamentos, numa perspectiva de aplicação prática ao planeamento municipal. A área de estudo corresponde ao concelho de Loures (169,3km²), situado na região a norte de Lisboa.

De acordo com Soeters & van Westen (1996), a susceptibilidade aos deslizamentos é a expressão da propensão da ocorrência do deslizamento numa área dada, com base em características do terreno, não considerando o período do retorno ou a probabilidade de ocorrência dos fenómenos de instabilidade. A

sua avaliação é baseada no princípio que os deslizamentos futuros têm uma probabilidade de ocorrência mais elevada sob circunstâncias similares àsquelas que determinaram a instabilidade passada e presente (Varnes, 1984; Soeters & van Westen, 1996; Guzzetti et al, 1999; Zêzere et al, 2004; Guzzetti, 2005).

Metodologia

Um inventário dos deslizamentos já ocorridos no território concelhio foi elaborado a partir da interpretação de ortofotomapas digitais pormenorizados (pixel = 0.5 m), combinados com a representação detalhada da elevação do terreno (curvas de nível espaçadas a cada 10 m). Este inventário de deslizamentos é constituído por 419 pontos, cada ponto representando o centróide de um deslizamento. Foi chamado inventário #1 e foi integrado numa base de dados SIG. Um segundo inventário de deslizamentos, composto pela representação poligonal de alguns deslizamentos validados com trabalho de campo, é utilizado para avaliar a exactidão do modelo de susceptibilidade criado a partir do primeiro inventário de deslizamentos. É chamado inventário #2.

Para a avaliação da susceptibilidade aos deslizamentos assume-se que a distribuição espacial dos deslizamentos futuros pode ser prevista através de relações estatísticas entre os deslizamentos passados e um conjunto de factores de predisposição da instabilidade geomorfológica (e.g. declive, exposição e curvatura das vertentes, inverso do *wetness index*, geologia, tipos de solo, e uso do solo). A susceptibilidade é avaliada usando algoritmos baseados numa análise estatística bivariada (Método do Valor Informativo) sobre unidades de terreno de condição única, numa base raster. O mapa de susceptibilidade aos deslizamentos, representado na Figura 1, é preparado classificando todos os pixéis, de acordo com o seu valor de susceptibilidade, em ordem decrescente. A validação da robustez e da exactidão do modelo criado é possível pela construção das taxas de sucesso e de predição dos modelos (Chung & Fabbri, 2003, Zêzere et al, 2004; Guzzetti et al., 2006).

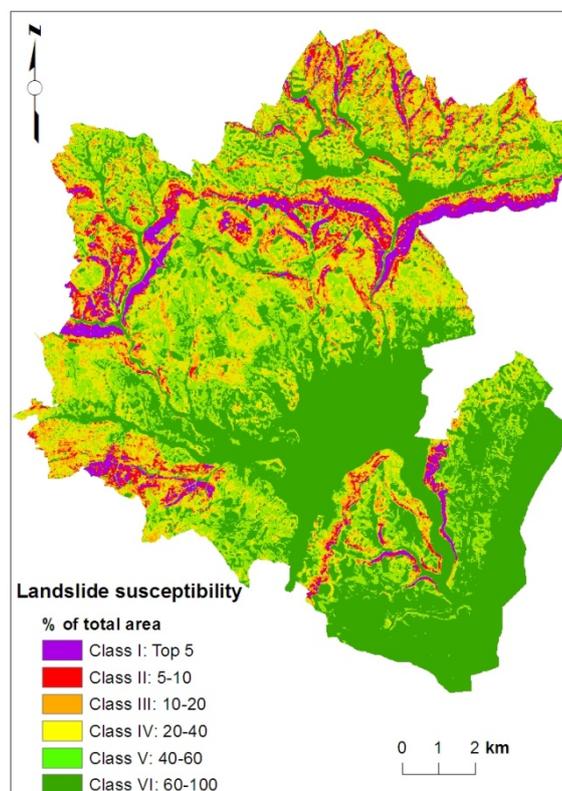


Figura 1 – Mapa de susceptibilidade

A robustez e exactidão do modelo de susceptibilidade aos deslizamentos são avaliadas por uma taxa de sucesso e por duas taxas de predição, que estão representadas na Figura 2. Para traçar a primeira taxa de predição, o inventário #1 é dividido em duas partes de maneira aleatória. O primeiro subconjunto é utilizado para obter uma imagem de predição e o segundo subconjunto é comparado aos resultados preditos para validação. A segunda taxa de predição é traçada utilizando o inventário #2. As taxas de predição obtidas são utilizadas para a interpretação quantitativa do mapa inicial de susceptibilidade.

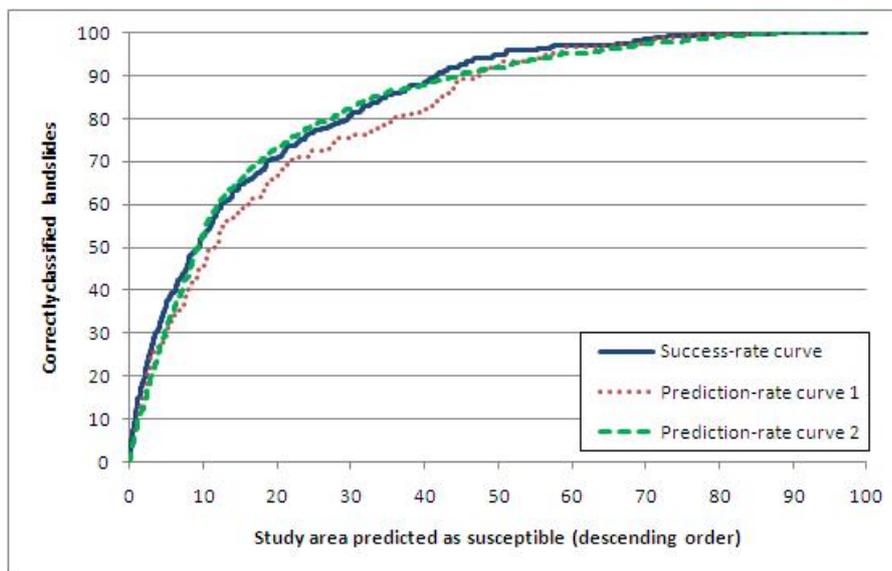


Figura 2 – Taxas de sucesso e de predição

Resultados e Discussão

O valor da Área Abaixo da Curva (AAC) da taxa do sucesso é elevado e mostra que o modelo é robusto. Assim as variáveis seleccionadas correspondem realmente aos factores de predisposição dos deslizamentos que ocorreram. Além disso, as classes que foram definidas dentro de cada variável permitiram um cálculo correcto do Valor Informativo (VI), porque, de facto, é nos pixéis que têm o valor de VI mais elevado que ocorre a maioria dos deslizamentos: A Tabela 1 mostra que no 10% dos pixéis quais têm os valores de VI mais elevados encontram-se 52,7% dos centróides dos deslizamentos do inventário #1.

Tabela 1 - Percentagem de deslizamentos correctamente classificados. As AAC são igualmente especificadas.

Zona de estudo classificada como susceptível (%)		5	10	20	40	60	AAC
Deslizamentos correctamente classificados (%)	Taxa de sucesso	37.4	52.7	70.6	88.1	97.1	0.843
	Taxa de predição 1	32.9	49.8	69.6	85.5	96.6	0.828
	Taxa de predição 2	31.2	52.8	73.0	87.8	95.2	0.836

As duas taxas de predição são muito próximas da taxa de sucesso, como pode ser observado pelas suas disposições na Figura 2 e pelos seus valores de AAC na Tabela 1. Este facto mostra que a exactidão do modelo de susceptibilidade é elevada.

Conclusão

Os resultados obtidos permitem concluir que 70% dos futuros deslizamentos no território de Loures deverão ocorrer na área classificada como sendo a mais susceptível aos deslizamentos e que corresponde a 20% da área total (cf. Figura 2), ou seja às Classes I e II da susceptibilidade aos deslizamentos (Figura 1). Deste modo, a inclusão desta área mais susceptível na Reserva Ecológica Nacional (REN), sob a figura das “Áreas de Instabilidade de Vertentes” deverá garantir que serão evitados 70% dos futuros deslizamentos no concelho de Loures, assim como os danos por eles causados.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Projecto MapRisk (PTDC/GEO/68227/2006), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, e pelo Projecto Développement d’Outils pour le Suivi des Mouvements de Sol pour la gestion durable de SUDOE, DO-SMS (SOE1/P2/F157), Interreg IVB.

Referências bibliográficas

- Chung, C.F. & Fabbri, A. 2003. Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. *Natural Hazards*. 2003, Vol. 30, pp. 451–472.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P.; Ardizzone, F.; Cardinali, M.; Galli, M. 2006. Estimating the quality of landslide susceptibility models. *Geomorphology*. 2006, Vol. 81, pp. 166-184.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P.; Cardinali, M.; Galli, M.; Ardizzone, F. 2005. Landslide hazard assessment in the Staffora basin, northern Italian Apennines. *Geomorphology*. 2005, Vol. 72, pp. 272-299.
- Guzzetti, F., Carrara, A.; Cardinali, M.; Reichenbach, P. 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*. 1999, Vol. 31, pp. 181-216.
- Soeters, R. & Van Westen, C.J. 1996. Slope Instability Recognition, Analysis and Zonation. [éd.] A. K. Turner et R. L. Schuster. *Landslides. Investigation and Mitigation*. Washington D.C. : National Academy Press, 1996, pp. 129-177.
- Varnes, D.J. and the International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements. 1984. *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Paris : UNESCO Press, 1984.
- Zêzere, J.L.; Reis, E.; Garcia, R.; Oliveira, S.; Rodrigues, M.L.; Vieira, G.; Ferreira, A.B. 2004. Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslide hazard scenarios in the area north of Lisbon (Portugal). *Natural Hazards and Earth System Sciences*. European Geosciences Union, 2004, Vol. 4, pp. 133-146.