



# 8 Congresso Nacional de Geomorfologia

*Geomorfologia 2017*

Livro de Atas

4 - 7 Outubro de 2017 | Faculdade de Letras da Universidade do Porto

## Associação Portuguesa de Geomorfólogos

Departamento de Geografia - FLUP, Via Panorâmica, S/N 4150-564 Porto

Email: [apegeom.dir@apegeom.pt](mailto:apegeom.dir@apegeom.pt)

**Título:** 8º Congresso Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia 2017

**Editor:** Associação Portuguesa de Geomorfólogos

**Comissão Redactorial:** António Alberto Gomes, José Teixeira e Laura Soares

**Fotografia de Capa:** Frecha da Mizarela e vale do Caima, Arouca (José Teixeira, Outubro de 2017)

**Capa:** Claudia Manuel

**Composição e Edição:** Claudia Manuel, Márcia Martins, Eva Calicis

**ISBN:** 978-989-96462-7-8

**Depósito Legal:**

Porto, Outubro de 2017

## 8º Congresso Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia 2017

### Comissão Científica:

Ana Paula Ribeiro Ramos Pereira, Carlos Valdir de Meneses Bateira, Diamantino Manuel Insua Pereira e Lúcio José Sobral da Cunha

### Comissão Organizadora:

Alberto Gomes, José Teixeira, Laura Soares, Jorge Trindade, Ricardo Garcia, Luca Dimuccio, Carlos Bateira, Claudia Manuel, Márcia Martins, Marta Araújo, António Silva e Eva Calicis

### Apoios:



Centro de Estudos Geográficos  
IGOT - UNIVERSIDADE DE LISBOA



POCI-01-0145-FEDER-006891



Cofinanciado por:



## Efeitos da delimitação da área de estudo nos resultados da avaliação da suscetibilidade à rotura de movimentos de vertente com recurso a métodos estatísticos

### *Effects of study area delineation on landslide susceptibility assessment results using statistical methods*

C. Gordo<sup>1\*</sup>, J.L. Zêzere<sup>1</sup>, R. Marques<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Lisboa, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Rua Branca Edmée Marques 1600-276 Lisboa.

<sup>2</sup> Universidade dos Açores, Instituto de Investigação em Vulcanologia e Avaliação de Riscos, Edifício do Complexo Científico, 3º Piso – Ala Sul, Rua Mãe de Deus 9500-321 Ponta Delgada.

<sup>3</sup> Centro de Informação e Vigilância Sismovulcânica dos Açores, Edifício do Complexo Científico da Universidade dos Açores, 3º Piso – Ala Sul, Rua Mãe de Deus, 9500-321 Ponta Delgada.

\*cristinagordo@campus.ul.pt

**Palavras-chave:** Deslizamentos, Modelação, Suscetibilidade, Valor Informativo, Validação

**Key-words:** Slides, Modelling, Susceptibility, Informative Value, Validation

### RESUMO

Com este estudo pretende-se avaliar os efeitos da delimitação da área de estudo nos resultados de avaliação da suscetibilidade a fenómenos de instabilidade geomorfológica. A avaliação da suscetibilidade foi efetuada através do método estatístico do Valor Informativo. Para tal foi utilizado um inventário de 442 deslizamentos translacionais superficiais, desencadeados por episódios de precipitação, e 9 fatores de predisposição. Numa primeira fase foi elaborado um modelo de suscetibilidade para a totalidade de uma bacia hidrográfica da Ribeira Grande (ilha de São Miguel, Açores) (Modelo A). Numa segunda fase, o mesmo método estatístico foi aplicado a uma área mais restrita, correspondente ao sector montante da bacia hidrográfica, onde se concentra a maioria dos movimentos de vertente (Modelo B). Os resultados obtidos indicam que o Modelo B, apesar de registar taxas de sucesso e de predição mais baixas, é mais realista e reflete melhor a real capacidade estatística para antecipar a localização espacial de futuros deslizamentos.

### INTRODUÇÃO

A avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente na escala regional (1:10.000 a 1:25.000) é efetuada predominantemente com recurso a métodos estatísticos. Em trabalhos anteriores, têm sido exploradas incertezas epistémicas associadas aos modelos de suscetibilidade de base estatística, que incluem erros nos inventários dos movimentos de vertente, dificuldades na identificação dos fatores de predisposição mais relevantes para a instabilidade das vertentes e os que decorrem do tipo de algoritmo estatístico utilizado na modelação (e.g. Ardizzone *et al.*, 2002; Felicísimo *et al.*, 2013; Steger *et al.*, 2016). Recentemente, Zêzere *et al.* (2017) exploraram a incerteza que decorre da seleção do tipo de unidade cartográfica e da escolha do elemento para representação dos

movimentos de vertente na estrutura vetorial (polígonos vs pontos). Adicionalmente, Steger e Glade (2017) realizaram um exercício de avaliação de suscetibilidade com métodos estatísticos onde demonstram a variação dos resultados com o alargamento da área de estudo a setores pouco suscetíveis à instabilidade das vertentes.

Este trabalho surge na sequência dos estudos atrás referidos e tem como objetivo principal estudar a importância de se desenvolverem modelos de suscetibilidade mais restritos espacialmente, considerando apenas áreas com maior suscetibilidade a movimentos de vertente, por forma a preservarem as relações estatísticas entre os fatores de predisposição e as áreas onde ocorrem os movimentos de vertente. Inicialmente é feita uma avaliação de suscetibilidade à rotura a deslizamentos translacionais superficiais desencadeados pela precipitação, com recurso ao método do Valor Informativo, para a Bacia Hidrográfica da Ribeira Grande (ilha de São Miguel, Açores). No entanto, a bacia em estudo caracteriza-se por uma heterogeneidade espacial muito marcada ao nível da distribuição dos deslizamentos, marcada por uma concentração maior no setor montante da bacia. Deste modo, numa segunda fase, o mesmo método estatístico é aplicado apenas ao sector montante da bacia hidrográfica, considerando o mesmo inventário de deslizamentos translacionais e o mesmo conjunto de fatores de predisposição. No final, comparam-se os resultados obtidos e avalia-se o efeito da delimitação da área de estudo nos resultados da avaliação da suscetibilidade a movimentos de vertente.

### ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica (BH) da Ribeira Grande (16,52 km<sup>2</sup>), que se situa no flanco sul do Vulcão do Fogo, na parte central da ilha de São Miguel (Figura 1). Nesta área foram identificados e cartografados 442 deslizamentos translacionais superficiais desencadeados pela precipitação, com recurso a interpretação de ortofotomapas digitais e trabalho de campo sistemático.

Considerando o objetivo principal do trabalho foi ainda considerada uma segunda área mais restrita, contida na BH da Ribeira Grande, abrangendo o setor montante da bacia. Esta área concentra a maioria dos movimentos de vertente (415; 94% do total) e abrange uma superfície de 9,53 km<sup>2</sup> (Figura 1).

### METODOLOGIA

A avaliação da suscetibilidade à rotura de movimentos de vertente foi efetuada com recurso ao método estatístico bivariado do Valor Informativo (VI) (Yin e Yan, 1988). Para efeitos de modelação, como a idade absoluta dos deslizamentos translacionais superficiais que constituem o inventário é desconhecida na maior parte dos casos, procedeu-se à sua partição aleatória para a definição de dois grupos de movimentos de vertente: grupo de modelação e grupo de validação. A partição foi efetuada tendo por base o número de movimentos de vertente e a manutenção de 50% dos deslizamentos em cada grupo (221 no grupo de modelação e 221 no grupo de validação).

Para a modelação da suscetibilidade, para além dos deslizamentos (variável dependente) foram utilizados 9 fatores de predisposição (variáveis independentes): Altitude, Declive, Exposição das Vertentes, Perfil Transversal das Vertentes, Índice de Posição Topográfica, Insolação, Inverso do Índice Topográfico, Geologia e Uso do Solo). Todo o processo de modelação foi baseado em unidades de terreno matriciais, com 5X5m.

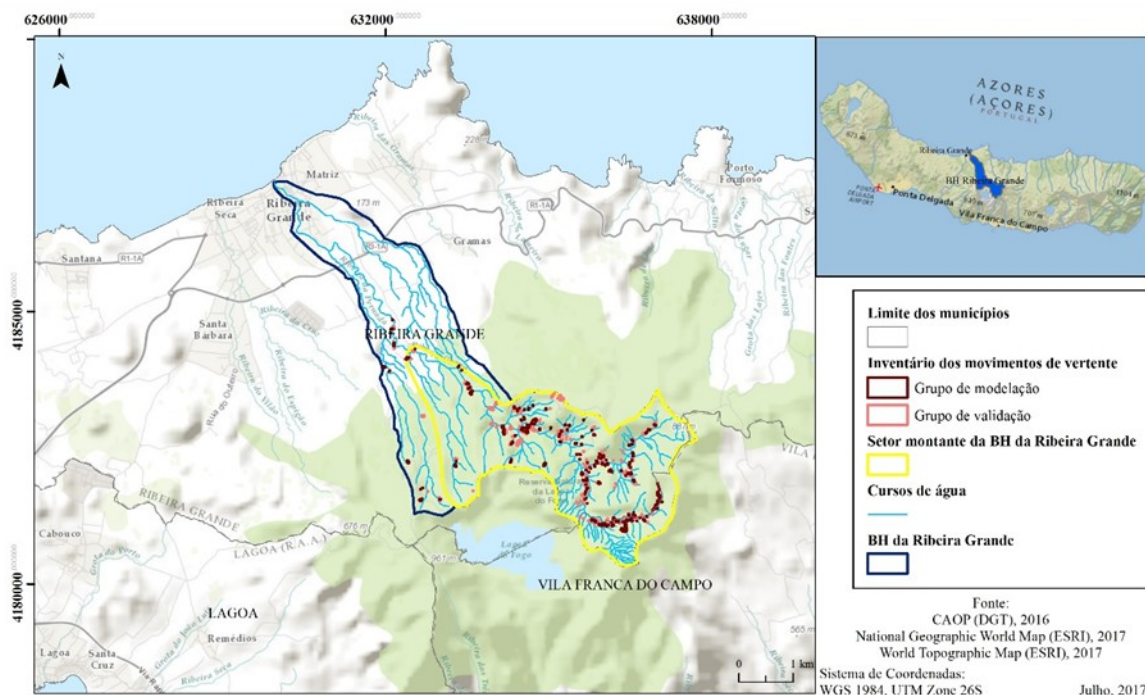


Figura 1. Localização da área de estudo.

No decurso do processo de modelação foram desenvolvidos dois modelos de suscetibilidade: Modelo A - para a totalidade da BH, e Modelo B - para o sector montante da BH. Os dois mapas de suscetibilidade produzidos foram classificados em seis classes de base quantilica, preservando um número de unidades de terreno equivalente em cada classe, o que facilita a comparação dos mapas. A validação dos modelos de suscetibilidade foi realizada com recurso a curvas de sucesso e de predição e ao cálculo das áreas abaixo da curva (AAC).

## RESULTADOS

O modelo de suscetibilidade A (Figura 2) mostra um contraste muito acentuado entre o sector jusante, onde predominam classes de suscetibilidade baixa, e o sector montante da BH, onde se concentram as classes de suscetibilidade elevada e muito elevada. Por sua vez, o modelo B (Figura 3) refina os resultados da suscetibilidade no sector montante da bacia e mostra uma maior variabilidade espacial suscetibilidade, por comparação com os resultados obtidos para a mesma área no modelo A.

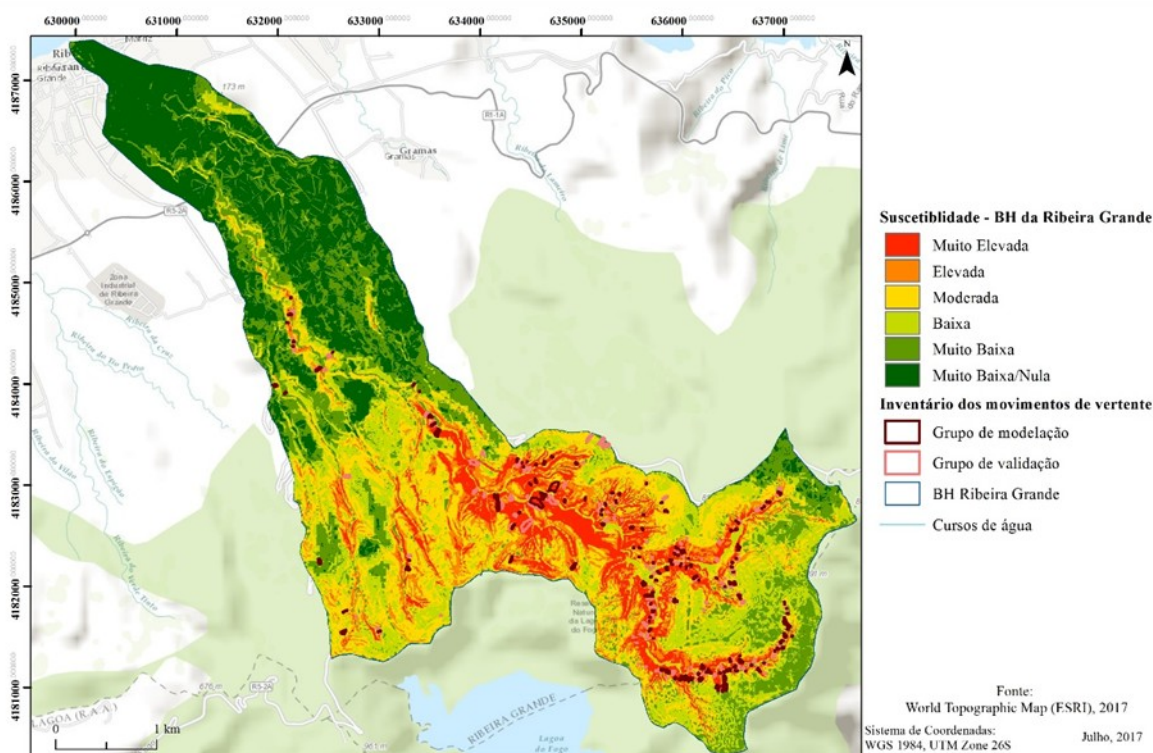


Figura 2. Mapa de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente para a totalidade da bacia hidrográfica da Ribeira Grande (Modelo A).



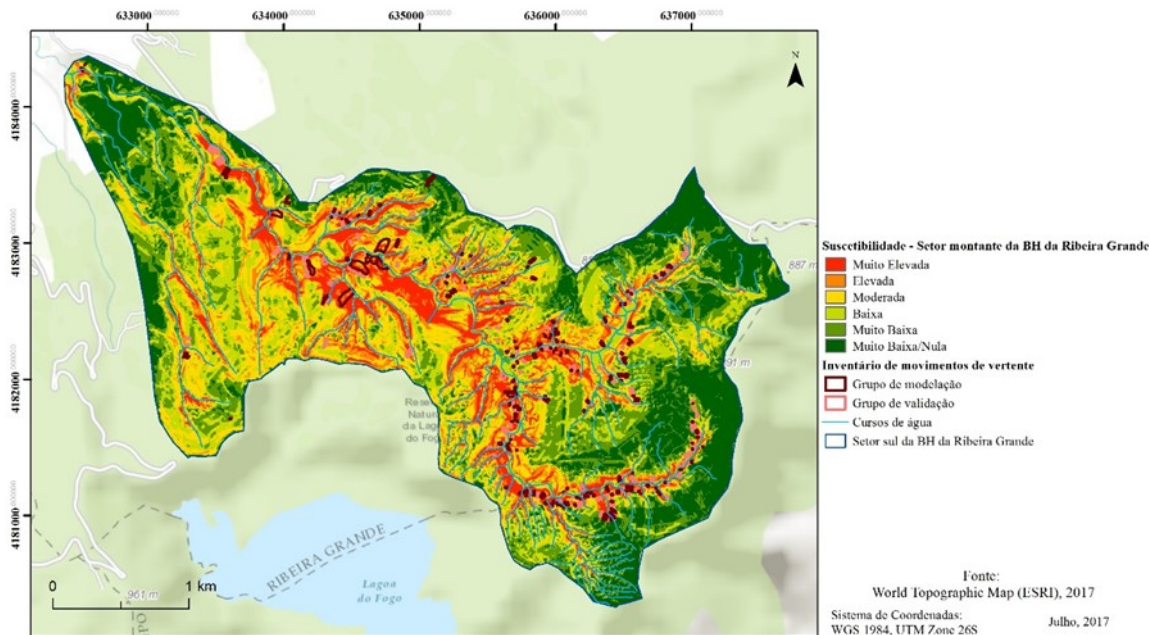


Figura 3. Mapa de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente para o sector montante da bacia hidrográfica da Ribeira Grande (Modelo B).

A figura 4 sintetiza as curvas de sucesso e de predição dos dois modelos de suscetibilidade, sendo evidente que, em ambos os casos, as taxas de predição são ligeiramente superiores às taxas de sucesso, o que atesta a boa capacidade preditiva dos modelos. Adicionalmente, verifica-se que o modelo B,

apesar de refinar os resultados na área mais suscetível da bacia hidrográfica, apresenta taxas de sucesso e de predição razoavelmente mais baixas do que as do modelo A (0,825 contra 0,867; e 0,833 contra 0,879, respetivamente).

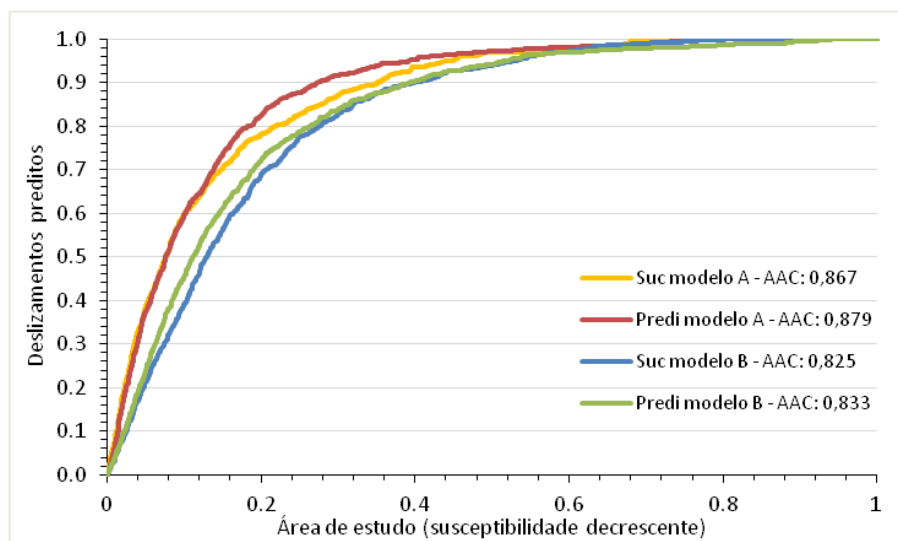


Figura 4. Curvas de sucesso (Suc) e de predição (Predi) e respetivas AAC dos modelos de suscetibilidade elaborados para a bacia hidrográfica da Ribeira Grande (modelo A) e para o sector montante da bacia (modelo B).

## CONCLUSÃO

Os modelos de avaliação da suscetibilidade de base estatística exploram as relações entre os movimentos de vertente e os fatores de predisposição com base no contraste existente entre as condições associadas às áreas instabilizadas e às áreas não instabilizadas. A existência de contrastes muito acentuados dentro de uma área de estudo, provocada, por exemplo, pela presença de áreas extensas com declive reduzido ou nulo que, por isso, são pouco suscetíveis à ocorrência de movimentos de vertente, tende a acentuar o contraste com as áreas onde se concentra a instabilidade e a originar resultados preditivos demasiado otimistas.

Neste trabalho demonstrou-se que, com a limitação da área de estudo apenas ao sector montante da bacia hidrográfica, onde se concentra a maioria dos movimentos de vertente, o modelo (Modelo B) apresenta uma menor capacidade preditiva quando comparado com um modelo equivalente que considerou a totalidade da bacia hidrográfica (Modelo A), que integra uma área substancial onde não se ocorrem fenómenos de instabilidade.

O modelo de suscetibilidade B, desenvolvido especificamente para o sector montante da bacia hidrográfica, embora apresente resultados preditivos mais modestos, reflete de forma mais realista as relações entre os movimentos de vertente e os fatores de predisposição e a capacidade real para antecipar a

localização espacial dos futuros deslizamentos. Deste modo, conclui-se que o modelo com melhor AAC nas taxas de sucesso e de predição pode não constituir o melhor modelo de suscetibilidade.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ardizzone, F; Cardinali, M; Carrara, A.; Guzzetti, F, Reichenbach, P. (2002) – Impact of mapping errors on the reliability of landslide hazard maps. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2: 3 - 14.
- Felicísimo, A.; Cuatros, A.; Remondo, J.; Quirós, E. (2013) – Mapping landslide susceptibility with MLR, MARS, CART and MAXENT methods: a comparative study. *Landslides* 10: 175 - 189.
- Steger, S., Brenning, A., Bell, R., Glade, T., 2016. The impact of systematically incomplete and positionally inaccurate landslide inventories on statistical landslide susceptibility models. *Natural Hazards and Earth System Science*. 16: 2729 -2745.

- Steger, S.; Glade, T. (2017) – The Challenge of “Trivial Areas” in Statistical Landslide Susceptibility Modelling. *In: Mikos M., Tiwari B., Yin Y., Sassa K. (Ed.) Advancing Culture of Living with Landslides*, pp. 803- 808. Workshop on World Landslide Forum. Springer, Cham.
- Yin, K., Yan, T. Z. (1988). Statistical Prediction Model for Slope Instability of Metamorphosed Rocks. *In Bonnard, C. (Ed.) Landslides. Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*. Vol.2, pp. 1269–1272. Balkema, Rotterdam.
- Zêzere, J.L.; Pereira, S.; Melo, R.; Oliveira, S.C.; Garcia, R.A.C. (2017) - Mapping landslide susceptibility using data-driven methods. *Science of The Total Environment*, Vol. 589, pp. 250-267,