

Inventário de movimentos de vertente do evento de 1983 e o seu contributo para modelação da suscetibilidade futura a movimentos de vertente na região a norte de Lisboa

1983 Landslide event inventory and its contribution to modelling future landslide susceptibility in the region north of Lisbon

A.R. Morais^{*1}, S.C. Oliveira^{1,3}, S. Pereira^{1,2,3}, J.L. Zêzere^{1,3}

^{1 3} Universidade de Lisboa, Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Portugal

² Universidade do Porto, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras, Portugal.

³ Laboratório Associado Terra

* moraisana@edu.ulisboa.pt

RESUMO

A 18 e 19 de novembro de 1983, a região de Lisboa foi afetada por um período de chuvas intensas e de curta duração (164 mm/24h), que desencadearam um elevado número de movimentos de vertente. Este estudo parte da inventariação completa das manifestações de instabilidade desencadeadas no evento e sua caracterização para melhorar o nosso conhecimento sobre os padrões regionais de instabilidade de vertentes, desencadeada por episódios de precipitação intensa e de curta duração, em contexto de alterações climáticas.

Palavras-chave: *movimentos de vertente; inventário de evento; perigosidade geomorfológica; eventos extremos; alterações climáticas*

1. INTRODUÇÃO

Em Portugal, os movimentos de vertente representam um dos perigos naturais mais frequentes (Zêzere et al., 2014), aos quais estão associadas elevadas perdas sociais, humanas e materiais (Pereira et al., 2014). A combinação de fatores preparatórios e fatores desencadeantes é determinante para a ocorrência destes eventos, sendo a precipitação intensa o fator desencadeante mais relevante no contexto português (Zêzere et al., 1999).

Um dos eventos de instabilidade de vertentes, desencadeado por um dos episódios de precipitação intensa mais relevantes do século XX, ocorreu na região de Lisboa, entre os dias 18 e 19 de novembro de 1983. Este episódio de precipitação esteve associado à aproximação da Península Ibérica de uma depressão muito cavada, localizada a sudoeste dos Açores, que evoluiu para gota de ar frio. A estação pluviométrica de São Julião do Tojal, representativa da área de estudo, registou um máximo absoluto diário de 164 mm de precipitação, associado a um período de retorno de 194 anos. Este episódio desencadeou um elevado número de movimentos de vertente, em particular na região norte de Lisboa, o que configurou um evento de instabilidade com relevância regional.

Considerando as mais recentes projeções no quadro das alterações climáticas, que apontam, regionalmente, para um aumento na frequência de eventos extremos de precipitação, nomeadamente, eventos com a duração de 1 dia (Araújo et al., 2022), torna-se fundamental

consonância com estudos anteriores (Zêzere et al., 2023). A validação do modelo foi realizada através da curva de sucesso e computação da Área Abaixo da Curva (AAC). O mapa final de suscetibilidade foi classificado em 5 classes, de acordo com a fração de área instabilizada acumulada validada (50%, 70%, 90%, 95% e 100%).

3) Cálculo da probabilidade temporal para a ocorrência de movimentos de vertente, considerando a capacidade preditiva de cada classe de suscetibilidade e a área instabilizada total. Para avaliar o impacto de alterações climáticas, recorreu-se a projeções regionais de precipitação máxima para 1 dia de duração, para o final do século, com base em cenários climáticos de referência. Estas indicam um aumento de 9% na frequência de eventos extremos de precipitação com a duração de um dia, no cenário RCP4.5, e de 6%, no cenário RCP8.5 (Araújo et al., 2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inventário resultou no levantamento de 1 112 movimentos de vertente, totalizando uma área de ≈ 83 ha, o que corresponde a uma densidade de 0,83 movimentos de vertente por km^2 e de $622,4 \text{ m}^2$ de área instabilizada por km^2 da área estudada. Predominam deslizamentos superficiais - rotacionais superficiais (37%) e translacionais superficiais (31%) (Quadro 1). A instabilidade de vertentes concentra-se principalmente nos municípios a norte (Arruda dos Vinhos, Alenquer, Mafra e Sobral de Monte Agraço), sendo aqui mais frequentes os deslizamentos rotacionais superficiais. Nos municípios localizados a sul, os deslizamentos translacionais superficiais assumem maior relevância (e.g., Loures, Odivelas).

O modelo de suscetibilidade resultante da aplicação do método do VI revelou um bom desempenho, demonstrado pela AAC de 0,876. A análise dos scores das variáveis revelou valores mais elevados associados às classes de declive moderado a acentuado. Outras características das vertentes associadas à presença de movimentos de vertente incluem: orientação NE e N; perfil transversal côncavo; posição topográfica correspondente a fundo de vale, base de vertente ou vertente côncava; predominância de afloramentos de arenitos ou de margas e calcários margosos (Jurássico); índice de humidade do solo (SOAR) moderado a elevado e um uso do solo marcado pela presença de pastagens, matos ou culturas permanentes (pomar e olival). Os resultados do cálculo da perigosidade para o evento e para o final do século, tendo em conta as projeções baseadas nos cenários climáticos RCP4.5 e RCP8.5, para uma área instabilizada de 83 ha são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Medidas de estatística descritiva relativas ao inventário de movimentos de vertente do evento de novembro de 1983: total e por tipo de movimento.

	TOTAL	C	D	E	R	RS	T	TS
N °	1112	2	2	22	276	405	59	346
Área (m²)								
Total	830 955,44	17 119,67	1 025,18	11 101,25	3 69185,73	163 776,99	114 750,39	153 996,23
Mínima	13,96	1 429,92	406,39	78,45	83,10	13,96	96,46	17,52
Mediana	365,82	8 559,83	512,59	383,58	873,74	254,65	1 156,30	278,27
Máxima	15 689,75	15 689,75	618,79	1 322,78	10 827,13	5 869,00	11 825,86	6 507,90
Média	747,26	8 559,83	512,59	504,60	1 337,63	404,39	1 944,92	445,08
Desvio-padrão	1 189,13	10 083,22	150,19	409,16	1 450,49	499,78	2 100,85	652,30

Dens. mov. de vertente (nº/km²)	0,83	0,001	0,001	0,02	0,21	0,30	0,04	0,26
Dens. área instabiliza da (m²/km²)	622,41	12,82	0,77	8,32	276,53	122,67	85,95	115,35

C – complexo; D - desabamento; E - escoada; R - deslizamento rotacional profundo; RS - deslizamento rotacional superficial; T - deslizamento translacional profundo; TS – deslizamento translacional superficial.

Quadro 2 - Probabilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes (por célula de 100 m2 em 30 anos), para o evento e para 2100.

CLASSE DE SUSCETIBILIDADE	ÁREA (HA)	CAPACIDADE PREDITIVA	PROBABILIDADE DE INSTABILIDADE		
			EVENTO 1983	2100 RCP4.5	2100 RCP8.5
ME	8 057,81	50%	15,45%	16,84%	16,38%
E	9 944,01	20%	5,01%	5,46%	5,31%
M	26 487,10	20%	1,88%	2,05%	1,99%
B	19 002,37	5%	0,66%	0,71%	0,69%
MB	69 609,63	5%	0,18%	0,19%	0,19%

ME – Classe de suscetibilidade Muito Elevada; E – Classe de suscetibilidade Elevada; M – Classe de suscetibilidade Moderada; B – Classe de suscetibilidade Baixa; MB – Classe de suscetibilidade Muito Baixa.

5. CONCLUSÕES

A fotointerpretação, ainda que seja um método moroso (fotointerpretação e validação), revelou-se eficaz na realização do inventário completo do evento de novembro de 1983. Este inventário foi essencial como ponto de partida para posterior caracterização do evento de instabilidade. A análise da extensão, magnitude e tipos de movimentos de vertente confirmou a existência de um padrão regional na distribuição das manifestações de instabilidade, associadas ao evento. A modelação da suscetibilidade com recurso ao método do VI apresentou um bom desempenho, enfatizando a influência do declive como fator condicionante da instabilidade de vertentes associada ao evento. Por fim, os resultados do cálculo da perigosidade para 2100, tendo por base um evento de instabilidade similar ao de 1983 e as projeções baseadas em cenários climáticos revelaram um aumento na probabilidade de ocorrência de movimentos de vertente em todas as classes de suscetibilidade, sendo ligeiramente menor no cenário RCP8.5.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio do projeto CLIMAAX - CLIMate risk and vulnerability Assessment framework and toolbox, HORIZON-MISS-2021-CLIMA-02-01, Horizon Europe, European Commission.

Referências

Araújo, J. R., Ramos, A. M., Soares, P. M. M., Melo, R., Oliveira, S. C., & Trigo, R. M. (2022). Impact of extreme rainfall events on landslide activity in Portugal under climate change scenarios. *Landslides*, 19(10), 2279–2293. <https://doi.org/10.1007/s10346-022-01895-7>.

- Pereira, S., Zêzere, J. L., Quaresma, I., & Bateira, C. (2014). Landslide incidence in the North of Portugal: Analysis of a historical landslide database based on press releases and technical reports. *Geomorphology*, 214, 514–525. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.02.032>.
- Trigo, R. M., Zêzere, J. L., Rodrigues, M. L., & Trigo, I. F. (2005). The Influence of the North Atlantic Oscillation on Rainfall Triggering of Landslides near Lisbon. *Natural Hazards*, 36, 331–354. <https://doi.org/10.1007/s11069-005-1709-0>.
- Yin, K. L., & Yan, T. Z. (1988). Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks. *Landslides. Proc. 5th symposium, Lausanne, 1988. Vol. 2*, 1269–1272. Scopus.
- Zêzere, J. L., Brum Ferreira, A., & 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*, 30, 133–146. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00050-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00050-1).
- Zêzere, J. L., Pereira, S., Tavares, A. O., Bateira, C., Trigo, R. M., Quaresma, I., Santos, P. P., Santos, M., & Verde, J. (2014). DISASTER: A GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal. *Natural Hazards*, 72, 503–532. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-1018-y>.
- Zêzere, J. L., & Trigo, R. M. (2011). Impacts of the North Atlantic Oscillation on Landslides. Em S. M. Vicente-Serrano & R. M. Trigo (Eds.), *Hydrological, Socioeconomic and Ecological Impacts of the North Atlantic Oscillation in the Mediterranean Region* (Vol. 46, pp. 199–212). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1372-7_14.