



## RUBEN DIAS

*Laboratório Nacional de Energia e Geologia*

# Movimentos geológicos e geotécnicos / deslizamentos - Importância da Cartografia Geológica

(R. Dias, C. Moniz e S. Queiroz)

### RESUMO

No âmbito dos riscos geológicos, os movimentos geológicos e geotécnicos / deslizamentos têm assumido um papel progressivamente mais importante na Área Metropolitana de Lisboa, devido ao aumento de intervenções no âmbito de obras de engenharia e de outras modificações antrópicas, sendo este estudo particularmente relevante na adoção de medidas preventivas adequadas.

Os principais fatores condicionantes de movimentos de massa são as características geológicas, morfológicas, para além das climáticas e o uso e ocupação do solo. Assim, é imprescindível o recurso à cartografia geológica, que é o documento base do conhecimento geológico de uma região. O Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), instituição pública geológica nacional, detém como uma das suas atribuições a missão de efetuar a cartografia geológica sistemática do território português, assumindo, assim, um papel primordial no estudo dos riscos geológicos.

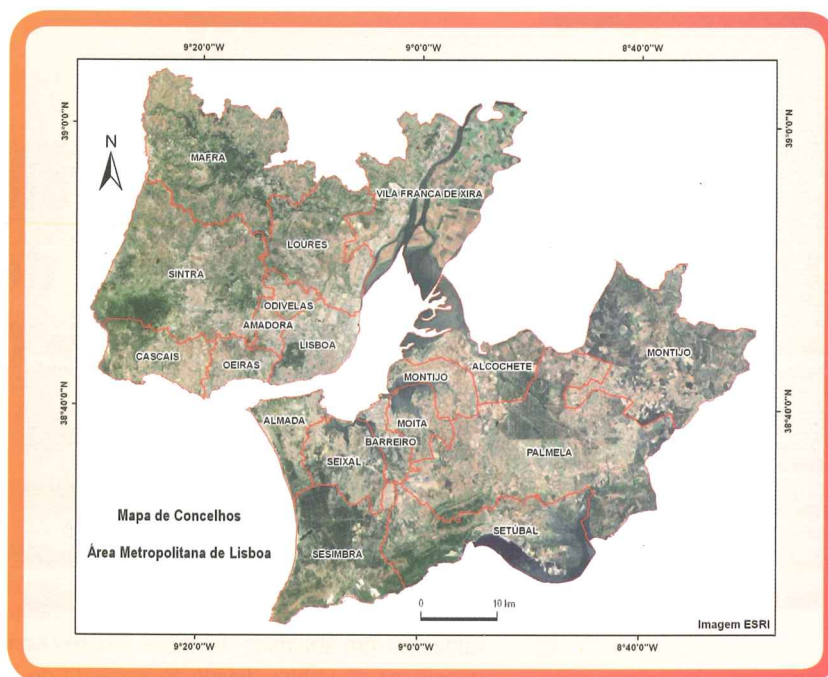
### COMUNICAÇÃO

#### INTRODUÇÃO

O movimento em vertentes entendido em, “sentido lato”, como a movimentação de uma massa de rocha e/ou solo ao longo de uma vertente sob a ação direta da gravidade, adquire um papel predominante na área abrangida pela Área Metropolitana de Lisboa (AML) (Fig. 1). Com efeito, na região da AML, zona densamente urbanizada e industrializada, susceptível a diversos tipos de riscos geológicos, dos quais se destacam, neste contexto, a instabilidade de vertentes, com consequências particularmente graves pela sua frequência, produzindo danos materiais e humanos.

**Figura I.**

Área Metropolitana de Lisboa implantada em imagem de satélite (Imagem retirada da ESRI; o limite dos concelhos tem como base a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP2008.1).



A sua ocorrência está relacionada com processos naturais podendo ser favorecida e despoletada por fenómenos naturais extremos (sismos, precipitação intensa e/ou prolongada) (Fig. II, A) e ações antrópicas (aumento de declive das vertentes, sobrecarga no topo das mesmas, modificações nos regimes de circulação de água entre outras) (Fig. II, B).

**Figura II.**

Exemplos de instabilidade de vertentes em taludes naturais (A), queda de blocos na Praia da Orelheira, Ericeira e em taludes artificiais





**Figura II.**

Exemplos de instabilidade de vertentes em taludes naturais (B), deslizamento nos taludes da estrada em Alfornelos

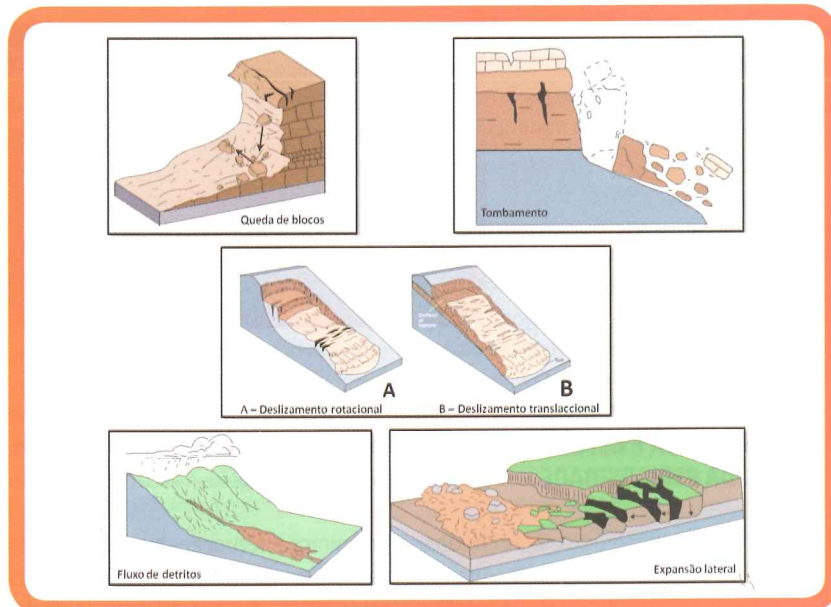


## INSTABILIDADE DE VERTENTES

A movimentação de massa de rocha e/ou solo ao longo de uma vertente sob a ação direta da gravidade, difere consoante o tipo de mecanismo físico ocorrido e o material rochoso afetado. Atendendo à classificação de Varnes, 1978; Cruden e Varnes, 1996, destacam-se resumidamente diversos tipos de movimentos principais: deslizamentos, queda de blocos, tombamentos e movimentos complexos (conjugação de vários movimentos), entre outros (Fig. III). A sua ocorrência está sempre associada a superfícies inclinadas, podendo estas corresponder a vertentes naturais ou a taludes artificiais (Fig. II).

**Figura III.**

Exemplos das principais tipologias de movimento de vertentes, segundo a classificação de Varnes, 1978 (Highland e Bobrowsky, 2008).





**Figura IV.**  
Exemplos de características geológicas na região da AML.  
A, falha em sedimentos da Formação de Santa Marta, na zona de Pinhal Novo; B, intercalações de basaltos e piroclastos do Complexo Vulcânico de Lisboa; C, falha pondo em contacto (tectónico) rochas carbonatadas das formações de Caneças (C1) e da Bica (C2), do Cretácico; D, contacto tectónico próximo da vertical (coberto pelo enrocamento) entre a Formação de Caneças (D1) e o Complexo Vulcânico de Lisboa (D2).

Os principais fatores condicionantes de movimentos em vertentes são as características geológicas, (Fig. IV), morfológicas (Fig. V) e a inter-relação entre elas, para além dos climáticos e dos resultantes das ações antrópicas.

Com efeito, a instabilidade de vertentes e o desencadeamento do fenómeno depende do material rochoso em apreço e dos fatores que poderão condicionar a sua estabilidade: litologias, que se traduzem em variações nas características físicas, como porosidades, permeabilidades, graus de coesão, coeficientes de atrito interno, forças eletrostáticas; espessuras; graus de compactação; tipo de intercalações; a estrutura com que se dispõe (estratificação, xistosidade, variações laterais); as fraturas que o afetam, no que diz respeito à sua geometria e cinemática (diaclasses, falhas) (Fig. IV); a relação geométrica da estrutura e fraturas presentes com o perfil das vertentes; as modificações significativas nos níveis freáticos, com reduções nas tensões efetivas. É a partir desta informação que é possível identificar as áreas suscetíveis da ocorrência de movimentos, bem como deduzir os limiares críticos de cedência, desencadeamento e dimensão da propagação do fenómeno.



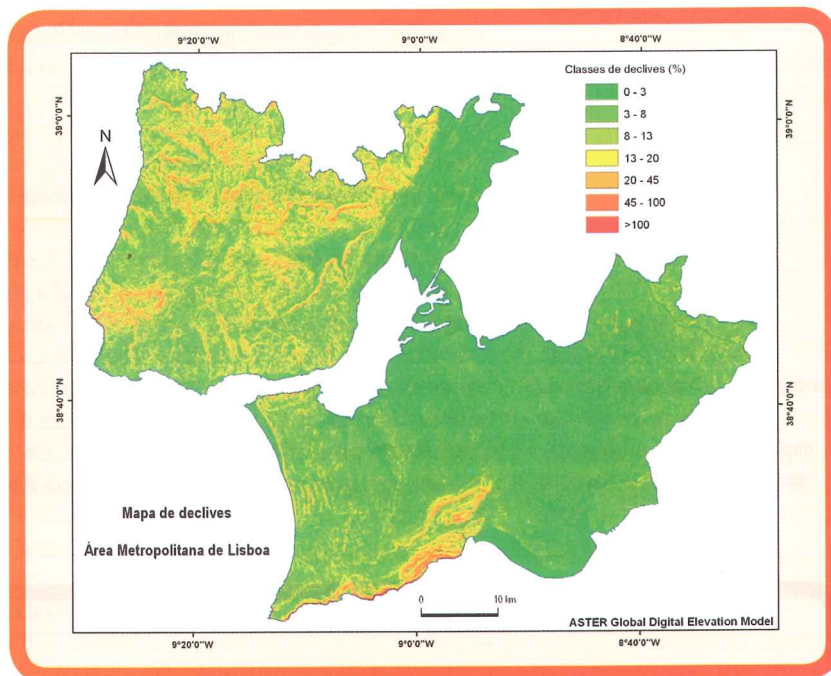
## CARTOGRAFIA GEOLÓGICA E ESTUDO DA PERIGOSIDADE

A cartografia geológica é essencial para a efetivação e prossecução dos estudos que conduzem aos estudos necessário para o conhecimento geológico e interpretação geomorfológica da região.

A identificação e caracterização das áreas suscetíveis à ocorrência de escorregamentos envolvem um conjunto de procedimentos metodológicos regulamentados, para apoio ao processo de decisão na área da gestão dos riscos, os quais incluem a in-



**Figura V.**  
Mapa de declives da Área  
Metropolitana de Lisboa obtido  
a partir de *ASTER Global Digital  
Elevation Model*.



ventariação de movimentos, a determinação da tipologia dos movimentos, o estudo dos fatores condicionantes e a determinação da sua ponderação na instabilidade, a construção de um modelo de suscetibilidade cartográfico e a validação do mesmo (Julião *et al.*, 2009).

Assim, é a Cartografia Geológica que fornece o conhecimento e informação de base fundamental ao desenvolvimento dos estudos detalhados de perigosidade geológica, permitindo estabelecer medidas de prevenção e mitigação e identificar áreas suscetíveis aos riscos geológicos, sem os quais nenhuma grande obra de engenharia deveria ser projetada.

#### PAPEL DO LNEG NO ESTUDO DA PERIGOSIDADE GEOLÓGICA

O Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), como instituição pública geológica nacional, tem como missão promover, realizar e gerir estudos de cartografia sistemática e projetos nos domínios da geologia e hidrogeologia e, assegurar as funções permanentes do Estado relativamente ao conhecimento contínuo da infraestrutura geológica do terreno nacional, com vista ao desenvolvimento sustentável do País. Deste modo, é ao LNEG que compete a missão de produzir a cartografia geológica do território português, a diversas escalas assumindo, assim, um papel primordial no estudo dos riscos geológicos.

Na área abarcada pela AML, com cerca de 2900 km<sup>2</sup>, distribuídos por 18 concelhos, o LNEG dispõe de cartografia geológica a diferentes escalas, em formato SIG (Fig. VI), sendo, no geral, a mais detalhada à escala 1/25 000. Esta cartografia foi estandardi-



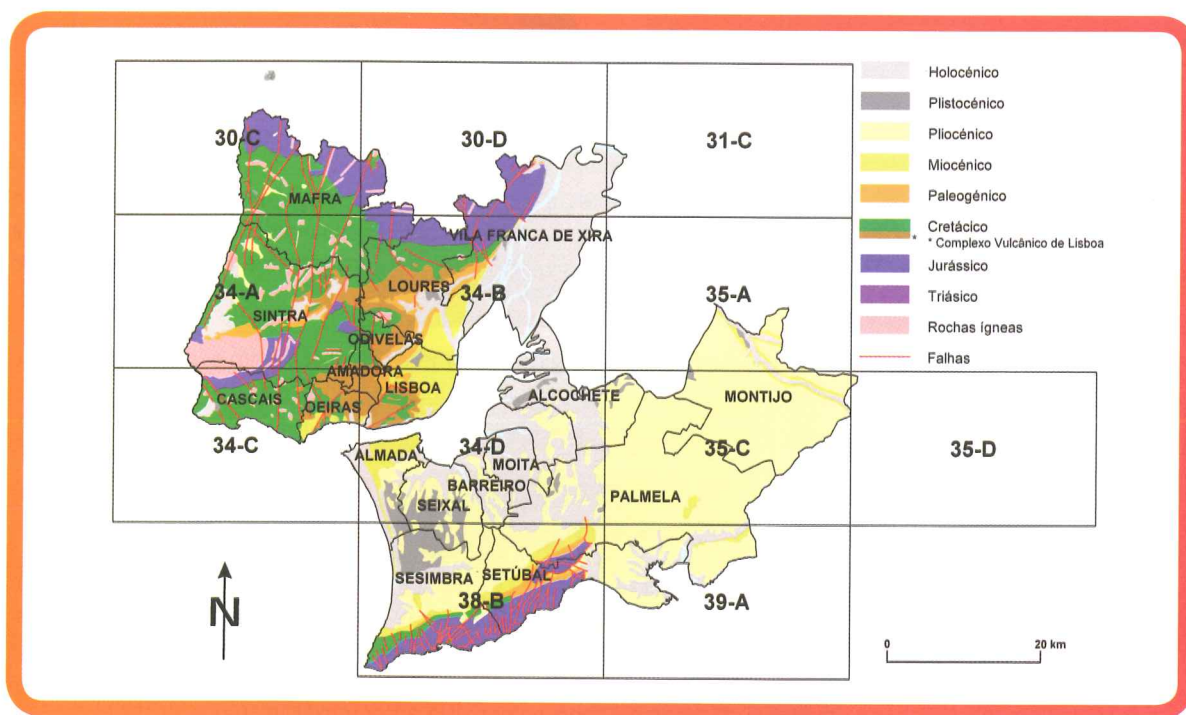
zada e facultada à AML, no âmbito de um protocolo elaborado entre a AML, o LNEG e a Universidade Nova de Lisboa (UNL) (2003 a 2005), na escala 1/25 000, 1/50 000 e 1/100 000.

A cidade de Lisboa tem também cartografia geológica na escala 1/10 000, produzida pelos Serviços Geológicos de Portugal (Moutinho, 1986).

Constitui um objetivo da instituição a permanente atualização da cartografia geológica nacional, e a implementação de cartografia geológica temática a maiores escalas.

**Figura VI.**  
Cartograma das cartas geológicas  
da AML na escala 1/50 000,  
implantadas na Carta Geológica  
de Portugal na escala 1/500 000  
(Oliveira *et al.*, 1992).

É todo este manancial de informação geológica vertida na cartografia geológica a várias escalas que fornece a informação de base essencial ao desenvolvimento dos estudos detalhados de movimentos de massa de vertente, de forma a estabelecer as medidas de prevenção e mitigação dos efeitos do fenómeno, que poderão ser particularmente gravosos na área abarcada pela AML, região densamente urbanizada e industrializada.



**REFERÊNCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS**

**Cruden D. M., Varnes D. J. (1996)**

Landslide Types and Processes. Em: Turner, A. K. e Schuster, R. L. (Eds.) – *Landslides - Investigation and Mitigation*. Special Report 247, Transportation Research Board, National Academy Press, Washington D.C., pp. 36-75.

**Highland L., Bobrowsky P. (2008)**

*The landslide handbook — A guide to understanding landslides*. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey, Circular 1325.

**Julião R. P., Nery F., Ribeiro J. R., Branco M. C., Zêzere J. L. (2009)**

*Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal*. Edição: Autoridade Nacional de Proteção Civil, Co-edição: Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano e Instituto Geográfico Português, Lisboa.

**Moitinho A. (1986)**

Carta Geológica de Lisboa

**Almeida F. M. (1986)**

*Carta Geológica do Concelho de Lisboa, escala 1:10 000*. 4 Folhas Geológicas, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

**Oliveira J. T., Pereira E., Ramalho M. M., Antunes M. T., Monteiro J. H. (Coords.) (1992)**

*Carta Geológica de Portugal, Escala 1:500 000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

**Varnes D. J. (1978)**

Slope Movement Types and Processes. Em: Schuster, R. L. e Krizek, R. J. (Eds) – *Landslides – Analysis and Control*. Special Report 176, Transportation Research Board, National Academy of Science, Washington D.C., pp. 11-33.