

OS MOVIMENTOS DE TERRENOS NO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOTÉCNICA GEO-ALMADA

LANDSLIDES AT THE GEO-ALMADA GEOINFORMATION SYSTEM

SILVA, A. PAULA DA*
LAMAS, P. CALÉ*
RODRIGUES-CARVALHO, J.A.*
LARANGEIRA, MANUEL**

RESUMO

Apresentam-se algumas considerações relativas à problemática dos movimentos de terrenos no Concelho de Almada, um dos processos geológicos mais frequente e nocivo para a sociedade, seguido de uma breve síntese do método para a implementação de um inventário de movimentos de terrenos num sistema de informação (SI) geotécnica, denominado de GEO-ALMADA. Tecem-se, ainda, considerações sobre a utilidade e consequências futuras de pesquisas efectuadas ao SI em apreço e à potencial adopção desta metodologia noutras regiões.

ABSTRACT

The authors present some considerations about the problems concerning mass movements which are recognized as one of the most frequent and dangerous geological processes, as well as the problems related to them at Almada Council. This is followed by a brief synthesis of the method used to set up an inventory of the mass movements for a geotechnical Geographic Information System (IS) designated as "GEO-ALMADA". Finally, some attention is drawn on the usefulness and consequences of the future utilisation of this system and the adoption of the presented methodology elsewhere.

(*) *Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, "Campus" da Caparica; asilva ou pcl ou rc@mail.fct.unl.pt.*

(**) *Câmara Municipal de Almada, Departamento de Obras Municipais e Habitação, Almada; mlarangeira@cma.m-almada.pt.*

1. INTRODUÇÃO

O Decénio Internacional para Prevenção das Catástrofes Naturais (1990-2000) - DIPCIN, foi instituído pela ONU no ano de 1989, no sentido de incentivar a cooperação internacional para evitar e mitigar os impactes daquelas catástrofes, entre outras, geológicas e geoclimáticas. Contemplou entre os seus objectivos a avaliação daqueles fenómenos e dos riscos a eles associados em todo o mundo, bem como a recolha, análise e disponibilização dessa informação às entidades responsáveis e público em geral.

Concomitantemente, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ganharam um importante desenvolvimento e crescente utilização em diferentes domínios de aplicação, incluindo a Geotecnia, pelo que, naturalmente, se verificou o aproveitamento mundial desta tecnologia no âmbito do estudo e prevenção das catástrofes naturais, como atesta a bibliografia especializada.

Um dos processos geológicos mais frequente e nocivo e cujo estudo e apresentação compete à Geologia de Engenharia no âmbito da Cartografia Geotécnica é, sem dúvida, o dos movimentos de terrenos. Estima-se que, no mundo, estes processos sejam responsáveis, anualmente, por quase um milhar de mortos. Nos Estados Unidos, a incidência média dos movimentos de terrenos encontra-se avaliada entre 1000 e 1500 milhões de dólares/ano.

Trata-se de processos que compensam grandemente o investimento em medidas adequadas de previsão, prevenção, correcção ou mitigação. Estudos existentes apontam para a possibilidade de reduzir os prejuízos resultantes destes processos da geodinâmica em cerca de 90%, com uma relação benefício/custo da ordem de 8.7 para o investimento efectuado.

Em Portugal, e no âmbito de trabalhos de investigação desenvolvidos pelos autores, foram conduzidos vários estudos que proporcionaram um importante acervo de dados sobre movimentos de terrenos ocorridos no Concelho de Almada e que foram posteriormente disponibilizados para serem incluídos num sistema de informação (SI) georreferenciada, de índole geotécnica e de escala grande, denominado GEO-ALMADA. Esta informação complementa outra, relativa à componente urbanística e ao cadastro de redes de água e de drenagem já disponíveis no Sistema de Informação Geográfica do Município de Almada (SIGMA).

Neste artigo apresenta-se um enquadramento da problemática dos movimentos de terrenos no Concelho de Almada, uma breve síntese do método implementado, os atributos seleccionados e o modelo de dados adoptado, bem como os meios de aquisição e validação utilizados. Tecem-se, ainda, considerações sobre a aplicabilidade e consequências futuras de pesquisas efectuadas ao SI em apreço e o aproveitamento desta metodologia noutras regiões do País.

2. PROBLEMÁTICA GERAL

Os limites norte e ocidental do Concelho de Almada são constituídos por duas formas de relevo principais e muito características: a costeira formada pelos taludes da Margem Sul do Tejo fronteiras a Lisboa e, a poente, o trecho setentrional da Arriba Fóssil da Costa de Caparica.

A zona é, desde há vários anos, e muito especialmente após a construção da actual Ponte 25 de Abril, objecto de urbanização crescente tanto sobre a plataforma superior como ao longo do sopé da vertente da margem esquerda do Rio, muitas vezes em locais potencialmente perigosos. Para além disso, diversas indústrias localizadas essencialmente na faixa ribeirinha, têm vindo a alargar as áreas ocupadas, enquanto outras, mais antigas e entretanto abandonadas, têm vindo a ser retomadas para fins diversos. A maior parte destas empresas tem enfrentado situações de risco devido, em grande parte, à intervenção num meio geomorfológico em plena evolução, obrigando ao dispêndio de quantias avultadas para estabilização dos taludes envolventes.

Nos vales adjacentes aos taludes marginais, muitas habitações situadas em plena vertente também não se encontram a salvo dos perigos devidos aos movimentos de terrenos, tendo ocorrido recentemente alguns casos de danos em habitações e contando-se, mesmo, algumas mortes derivadas do seu desencadeamento.

A evolução dos taludes em referência é essencialmente comandada por movimentos de terrenos. Aqueles são constituídos, essencialmente, por dois tipos de materiais:

- a) siltes argilosos, ou arenosos, sobreconsolidados e muito fissurados.
- b) camadas rochosas, calcárias a margosas, às vezes muito fossilíferas.

Estas duas litologias dominantes promovem, na região, os seguintes tipos de movimentos de terrenos:

- Nas encostas siltosas, ocorrem escorregamentos de tipo planar, em regra pouco profundos e, eventualmente, escorregamentos de tipo rotacional. Detectaram-se ainda taludes em fluência e, mais raramente, torrentes de lamas.
- A partir de escarpas calcárias, que atingem por vezes dezenas de metros de altura, desencadeiam-se quedas de blocos/cunhas ou tombamentos de "painéis" de rocha.

3. METODOLOGIA

O trabalho iniciou-se pela análise de um conjunto importante de dados previamente compilados a partir de diversos estudos geológicos e geotécnicos efectuados para a zona em apreço [1-6]. Estes trabalhos incluíram informação cartográfica, fotografia aérea e terrestre, registos de prospecção e ensaios e levantamentos de terreno efectuados em diferentes datas. Procedeu-se a uma primeira selecção da informação através da avaliação da sua adequabilidade para o fim pretendido, bem como da discriminação dos

atributos inventariados e a forma em que se encontravam. Esta fase foi essencial para se poder conceptualizar adequadamente o sistema de informação.

A representação de entidades do meio geológico em SIG, como é o caso dos movimentos de terrenos (quedas de blocos, escorregamentos, fluências, etc.), implica a definição da sua representação gráfica (polígono, linha ou ponto) e, ainda, o armazenamento das coordenadas da respectiva posição espacial na Terra. Para além disso, obriga a que seja também contemplado o registo das suas propriedades (atributos) mais relevantes que, no caso dos movimentos de terrenos, serão de índole geométrica, cinemática, geológica e/ou geotécnica. Estas características são, geralmente, arquivadas em tabelas, segundo a estrutura relacional. Para o efeito, deve-se ainda distinguir se essas características são singulares, isto é, dizem respeito a um único objecto espacial (caso de atributos específicos de um só movimento de terrenos) ou se as mesmas estão relacionadas com vários objectos espaciais, ou seja, são características mistas (caso de várias ocorrências de movimentos de terrenos do mesmo tipo).

Com base nestes pressupostos, estabeleceu-se um modelo de dados para representar a informação relativa aos movimentos de terrenos do Concelho de Almada, adiante descritos. Adoptou-se o formato vectorial para a informação espacial, e a estrutura relacional para a informação alfanumérica associada à primeira.

Procedeu-se então à aquisição de dados para o computador, que seguiu a metodologia tradicional: (1) captura de mapas analógicos por rasterização em *scanner* óptico, com ulterior georreferenciação seguida de vectorização; (2) entrada por teclado e/ou rasterização seguida de reconhecimento óptico dos caracteres para os dados alfanuméricos. No final desta etapa, efectuou-se um trabalho de edição cuidadoso para identificar os eventuais erros e prevenir inconsistências na base de dados. O trabalho desenvolvido permitiu criar a topologia, isto é, a informação geográfica. A qualidade dos dados foi aferida segundo duas vertentes: por um lado, os aspectos cartográficos relativos à exactidão e eventuais erros de processamento, por outro, os aspectos temáticos relacionados com a exactidão dos atributos e sua actualidade.

A informação geográfica assim disponível permite, por si só ou associada a outros tipos de informação temática, a realização de análises espaciais em ambiente SIG ou outro.

4. ATRIBUTOS CONTEMPLADOS E SUA ESTRUTURA

Internacionalmente, tem-se assistido a tentativas de normalizar o tipo de atributos considerados em determinados mapas em função de:

- Conteúdo,
- Objectivo,
- Escala,
- Palavras e símbolos a adicionar, isto é, legendas a utilizar.

Estes atributos têm ainda que ser adaptados a um SIG. Um objecto complexo, como um escorregamento, é descrito por um conjunto de múltiplos atributos que foram normalizados por uma comissão mista das sociedades geotécnicas internacionais sob a

égide da UNESCO [7]. Destes, foram incluídos no modelo de dados os atributos considerados suficientes para a investigação em curso, mas que podem ser expandidos à medida que se torne necessário (Quadro 1). A complexidade das tabelas associadas a estes objectos reflecte essencialmente a necessidade de:

- Permitir, futuramente, extensões a novas entidades;
- Normalizar os dados para poderem ser rapidamente manipulados e interrogados.

Quadro 1 – Representação de movimentos de terrenos em SIG.

Entidade	Descrição	Geometria tipo	Tabelas associadas*
Movimentos de terrenos	Zonas afectadas por movimentos de terreno	Polígono, linha e ponto	Metadados_MAPA, Metadados_FONTE, ID_MOVIMENTOS, MOVIMENTO_DESCRICHÃO ID_MULTIMÉDIA

O SI contempla necessariamente informação genérica relativa à autoria, aos objectivos, escala e, finalmente, alguma informação qualitativa sobre as fontes cartográficas originais (exactidão, se estão completos, escala original de implantação dos movimentos no mapa, etc.) na tabela Metadados_MAPA. Esta, por sua vez, está relacionada com uma outra, Metadados_FONTE, que inclui a descrição das referências da origem da informação, para que assim se possa eventualmente consultar o trabalho em referência e, simultaneamente, aprofundar informações e/ou ajuizar da sua qualidade. As restantes tabelas referem-se a aspectos inventariados no terreno, como seja a descrição de certos movimentos de terrenos observados na região, de acordo com as recomendações do WP/WLI [7] – tabelas ID_MOVIMENTOS e MOVIMENTO_DESCRICHÃO (Quadros 2 e 3).

Àquelas tabelas junta-se ainda outra, ID_MULTIMÉDIA, onde pode ficar arquivado um elemento multimédia (por exemplo, desenho, fotografia ou vídeo) permitindo, assim, observar uma imagem da ocorrência registada no Sistema GEO-ALMADA.

5. APLICAÇÕES FUTURAS

Num mundo com a população em constante crescimento, e a maior parte dela concentrada essencialmente nas zonas litorais, como é o caso do Município de Almada, a caracterização geológica e geotécnica é fundamental para garantir uma ocupação do território que tenha em consideração aqueles problemas, incluindo os aspectos relacionados com os designados "riscos naturais" de que os movimentos de terrenos são exemplo, visando a sua previsão, prevenção e, no limite, a minimização dos seus efeitos nefastos. Acresce que a actual disponibilização de novas tecnologias e a sua crescente utilização nas actividades de ordenamento e planeamento do território, torna imprescindível a existência de informação, em formato digital adequado, para garantir a

Quadro 2 – Estrutura da Tabela ID MOVIMENTOS.

<i>Atributos</i>	FD	Descrição
ID_obj_gráfico	N	Número de identificação unívoco no SIG do ponto/extensão onde ocorreu um movimento de terrenos.
N_Inventário	N	Número sequencial de identificação unívoco do movimento de terreno na base e que se refere à chave da Tabela MOVIMENTO DESCRIÇÃO).
Tipo	N	Designação para o tipo de movimento de terrenos: Queda/tombamento; escorregamento; fluência; torrentes de lama; misto.
Ano_ocorrência	N	Ano (quatro dígitos) em que ocorreu o movimento mais importante, isto é, com maior volume envolvido.
Exactidão_ano	T	Exactidão com que é conhecida a data e que é discriminado no atributo seguinte, <i>Específico_data</i> : A um intervalo de anos; ao ano; a um conjunto de meses; ao mês; ao dia.
Específico_data	T	Descrição mais completa da data, se conhecida, com indicação do mês ou intervalo de meses admitido (dois dígitos); dia/mês; intervalo de anos (por exemplo, 1972-1975).
ID_Mapa	N	Número sequencial, de identificação unívoca na tabela Metadados_MAPA, da fonte cartográfica de onde provém a informação.
Confiança	T	De acordo com a fonte, se o movimento foi: Inferido/interpretado, observado directamente no terreno; ambos.
Actividade	T	Actualmente, se o movimento se encontra: Activo, reactivado, suspenso, inactivo, estabilizado por obra de engenharia; desconhecido.
Observações	T	Comentários adicionais, nomeadamente sobre o tipo específico de escorregamento (simples, múltiplo, etc.) ou, no caso de movimentos mistos, especificar os tipos envolvidos.

FD - Formato de Dados; N - Número; T - Texto

sua análise e inclusão nestes processos de gestão. A estabilidade geomecânica dos taludes é, com se sabe, um parâmetro susceptível de afectar o desenvolvimento urbano, e cabe à comunidade geotécnica tornar esta informação disponível aos técnicos de planeamento e às entidades com poder decisório sobre esta matéria. A inclusão do tema Movimentos de Terrenos no SI GEO-ALMADA, não é mais do que uma tentativa, esperemos que com consequências futuras positivas, de contribuir para um avanço significativo do conhecimento do meio geológico do Concelho de Almada e para a resolução dos problemas de protecção do ambiente e da utilização racional do solo e subsolo.

Como consequências imediatas da integração do tema Movimentos de Terrenos no SI GEO-ALMADA, decorre a possibilidade de aprofundar o estudo de alguns mecanismos que estiveram na origem dos movimentos já inventariados e, assim, tentar minimizar a sua futura ocorrência. Refira-se, por exemplo, o cruzamento dos elementos temporais (meses e anos, essencialmente) armazenados na base para cada tipo de movimento e das suas causas, tais como a ocorrência de eventos sísmicos de certa magnitude, e/ou de pluviosidade acima das médias. Um outro aspecto importante será a calibração de análises espaciais lançadas sobre outros temas do SI GEO-ALMADA, como a litologia e

Quadro 3 - Estrutura da Tabela MOVIMENTO DESCRICÃO

Atributos	F D	Descrição
<i>N_Inventário</i>	N	Número sequencial de identificação unívoco do movimento de terreno na tabela.
Nome	T	Designação atribuída ao movimento, geralmente topónimo do sítio onde ocorreu; se tiver ocorrido mais do que um, acrescentar um número árabe por ordem de ocorrência conhecida; por exemplo, Banática e Banática2.
Data ocorrência	N	Ano (quatro dígitos) a que se refere a ocorrência descrita.
Mov_primário	T	Material que foi essencialmente afectado pelo movimento: Rocha; depósito vertente; solo <i>in situ</i> descomprimido; aterro; misto.
Mov_secundário	T	Material que foi secundariamente afectado pelo movimento: Rocha; depósito vertente; solo <i>in situ</i> descomprimido; aterro; misto.
Geometria_área	N	Área total afectada pelo movimento (entidade poligonal), em m ² , nomeadamente da área de rotura e/ou da massa deslocada.
Geom_extensão	N	Comprimento afectado pelo movimento de terrenos (caso de entidade linear), em metros.
Geom_profund	N	Profundidade máxima estimada para o terreno afectado pelo movimento, em metros.
Exactidão_prof.	T	Exactidão da profundidade afectada: Desconhecida; valor com erro entre 1-5m; valor com erro inferior a 1m.
Danos	T	Quais os danos provocados pelo movimento: Vítimas humanas; em estruturas; na actividade económica; humanos e estruturais; humanos e económicos; estruturais e económicos; humanos, estruturais e económicos.
Obras_estabilização	L	Se foram desenvolvidas obras para estabilizar/remediar impactos do movimento ou não.
Estudos	L	Se existem estudos adicionais sobre o movimento ou não.
<i>ID_Fonte</i>	N	Número sequencial, de identificação unívoca na tabela Metadados FONTE, da fonte da informação.
Observações	T	Comentários adicionais, nomeadamente sobre a área de rotura e/ou massa deslocada.

FD - Formato de Dados; N - Número; T - Texto; L - Lógico.

o declive, a fim de avaliar eventuais susceptibilidades à ocorrência de futuros movimentos no Concelho de Almada.

A metodologia adoptada, por se considerar suficientemente genérica, poderá ser extrapolada e aplicada facilmente a outras regiões nacionais, que não apenas o referido Concelho de Almada. Bastará, para tanto, que seja uma região susceptível a movimentos de terrenos e para os quais tenham sido (ou venham a ser) coligidos dados e que eles se encontrem disponíveis ou possam ser facilmente disponibilizados.

Estes elementos podem, também, contribuir para a obtenção de informação georreferenciada, a nível nacional, sobre movimentos de terrenos. A Internet será certamente uma ferramenta essencial para as futuras disponibilização e consulta de tais informações.

Para que tudo isto se concretize, basta que as comunidades científica, técnica e política se organizem e, concertadamente, colaborem, a exemplo do que se está a fazer-se, no âmbito aqui tratado, no Concelho de Almada.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no âmbito de um Protocolo celebrado entre a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e a Câmara Municipal de Almada.

REFERÊNCIAS

- [1] Rodrigues-Carvalho, J.A. & Lamas, P.C. (1987) - Carta de movimentos de terrenos dos taludes da Margem Sul do Tejo. Bol. Geotécnico (SAGT-FCT/UNL), nº 3, pp.57-70.
- [2] Lamas, P.C. (1989). Carta de riscos de movimentos de terrenos dos taludes da margem Sul do Tejo (Cacilhas-Trafaria). Dissertação de Mestrado, Univ. Nova de Lisboa, 110 pp.
- [3] Rodrigues-Carvalho, J.A.; Chaves, M.A. & Silva, A.P. (1989). Nota descritiva da geologia da margem Sul do Tejo (Cacilhas-Trafaria), na esc. 1:2.000. Relatório interno, Secção Autónoma de Geotecnia, FCT/UNL, Monte de Caparica.
- [4] Rodrigues-Carvalho, J.A. & Lamas P.C. (1990) - Estudo geológico e geotécnico do talude sobranceiro às instalações da ETC - Terminais marítimos, S.A., em Porto Brandão. Relatório não publicado, Secção Autónoma de Geotecnia, FCT/UNL, Monte de Caparica.
- [5] Rodrigues-Carvalho, J.A.; Lamas, P.C.; Lorangeira, M. *et alia* (1996). Sobre os acidentes naturais verificados na frente Norte do Concelho (Município de Almada – Câmara Municipal). Relatório confidencial, FCT/UNL – CMA, Almada.
- [6] Lamas, P.C. (1998). Os Taludes da Margem Sul do Tejo - Evolução geomorfológica e mecanismos de rotura. Dissertação de Doutoramento, Univ. Nova de Lisboa, 378 pp.
- [7] WP/WLI (International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory), 1991. A suggested method for a landslide summary. Bull IAEG, 43:101-110.