

# ANÁLISE CARTOGRÁFICA DA ESTABILIDADE DE TALUDES PARA O PLANEAMENTO URBANO\*

## Slope Stability Mapping for Urban Planning

por

ANTÓNIO GOMES COELHO\*\*

**RESUMO** – O artigo descreve a metodologia utilizada na cartografia de zonas afectadas por riscos de instabilidade de taludes, aplicada à área do concelho de Vila Franca de Xira, baseada no inventário e classificação dos diferentes factores intervenientes na estabilidade e na utilização da foto-interpretação como meio de avaliação integrada destes factores.

**SYNOPSIS** – The paper describes the methodological approach used for a slope stability map of Vila Franca de Xira area, north of Lisbon, based on the previous identification of the factores interfering in stability and on the synoptic evaluation of zones of different degree of stability by aerial photointerpretation.

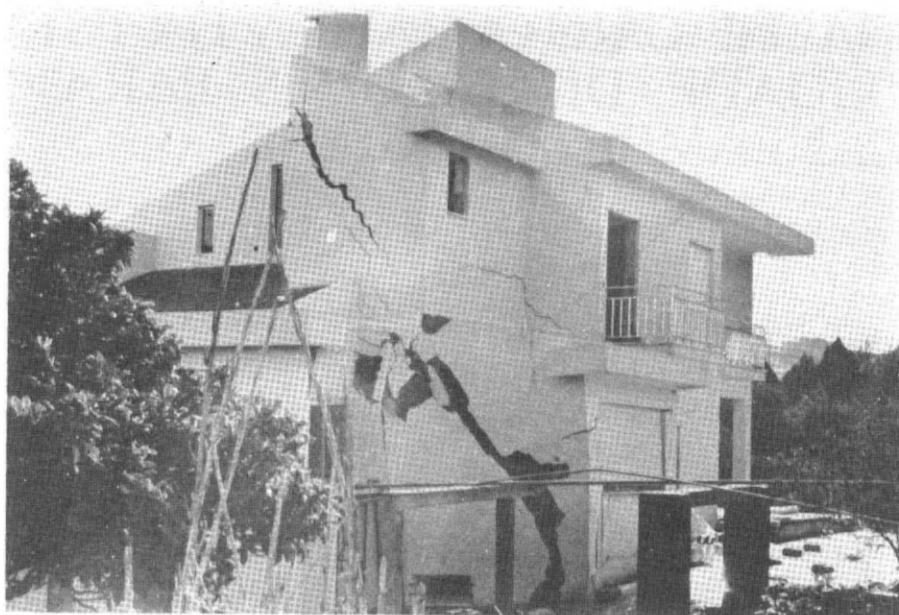
### 1 – INTRODUÇÃO

Os fenómenos de instabilidade de taludes são, com frequência, causa de acidentes cujos prejuízos são grandemente acrescidos quando ocorrem em áreas urbanizadas (Figs. 1 e 2). Por seu turno, as modificações da topografia, das condições hidrológicas e hidrogeológicas e dos processos geomorfológicos operadas pela urbanização de novas áreas, são muitas vezes as principais causas dos fenómenos de instabilidade. Tal é o caso de Vila Franca de Xira, Alhandra e, em geral, das pequenas aglomerações daquele concelho onde, devido à

---

\* Trabalho apresentado ao IV Congresso da Associação Internacional de Geologia de Engenharia. Manuscrito recebido em Março 1979. A discussão do trabalho está aberta durante um período de três meses.

\*\* Estagiário para Especialista do LNEC.



*Fig. 1 – Escorregamento do Bom Retiro*



*Fig. 2 – Escorregamento de Roucas (Calhandriz)*

elevada densidade de ocupação das áreas planas ou de baixo declive, a urbanização se expande actualmente para as encostas vizinhas, menos favoráveis à ocupação urbana.

A história recente dos fenómenos de instabilidade de taludes e das suas consequências no concelho de Vila Franca de Xira, constitui uma demonstração da importância do conhecimento das condições geológicas e geotécnicas de uma região nas fases mais precoces dos estudos de planeamento urbanístico, como forma de prever as consequências das decisões que envolvem a transformação do uso do solo. Impõe-se efectivamente a previsão dos riscos como ponto de partida para a definição de medidas preventivas, no sentido quer de garantir a segurança das construções, quer de evitar a ocorrência inesperada de condições geotécnicas desfavoráveis durante a construção e o correspondente agravamento de custos devido à necessidade de fundações especiais ou de obras de protecção e suporte que evitem a manifestação de fenómenos de instabilidade.

Com este objectivo, foi solicitado ao LNEC pela Câmara Municipal de Vila Franca de Xira, o estudo de uma carta de estabilidade de taludes naturais da área daquele concelho, actualmente em curso de elaboração. Descreve-se neste artigo a metodologia utilizada e referem-se algumas conclusões preliminares.

## 2 – METODOLOGIA

A primeira fase do estudo consistiu no inventário e classificação tipológica dos fenómenos de instabilidade ocorridos na região e na análise das suas relações com a litologia, a morfologia, a estrutura geológica e as características geotécnicas das formações afectadas.

Tendo em conta esta informação básica e a identificação dos mecanismos de instabilização, realizou-se uma primeira análise das fotografias aéreas de região na escala 1:30.000, visando o reconhecimento objectivo dos indícios de antigos fenómenos de instabilidade de taludes ocorridos na região e a sua cartografia.

Numa segunda fase procede-se à análise das fotografias aéreas visando a identificação de zonas afectadas por diferentes níveis de risco de instabilidade, com base na avaliação integrada dos diferentes factores que intervêm na estabilidade (litologia, morfologia e estrutura geológica). Esta avaliação é susceptível de introduzir uma certa margem de subjectividade uma vez que depende fundamentalmente da intuição e experiência do observador. É necessário, por este

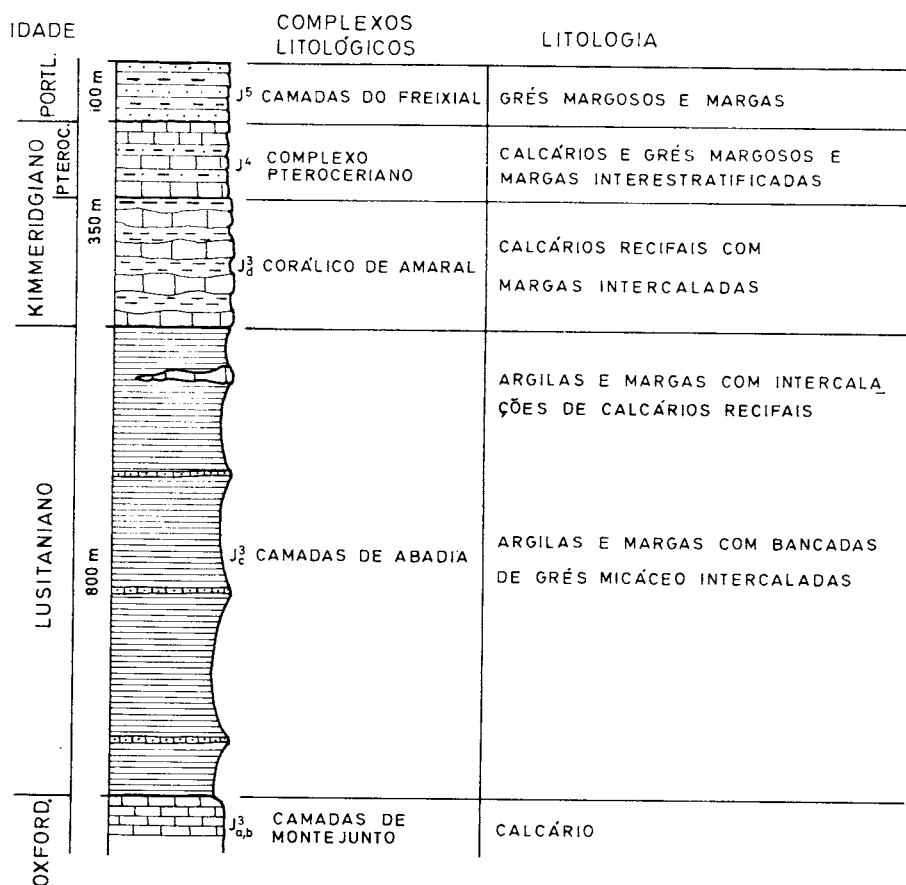


Fig. 3 – Coluna estratigráfica e complexos litológicos ocorrentes na região de Alhandra – Vila Franca de Xira

motivo, a sua verificação numa fase posterior quer por meio do reconhecimento de campo quer pela via do cálculo da estabilidade dos respectivos taludes.

### 3 – AMBIENTE GEOLÓGICO

#### 3.1 – Estratigrafia e litologia

Na área estudada ocorrem terrenos de idade jurássica que vão estratigraficamente do Lusitaniano ao Portlandiano. Podem considerar-se nestas formações os seguintes complexos litológicos, (Fig. 3):

- “Camadas do Freixial” – constituído por grés margosos e margas interestratificadas;
- “Complexo Pteroceriano” – constituído por calcários, grés margosos e margas interestratificadas;
- “Corálico de Amaral” – constituído por calcários recifais resistentes e por calcários margosos pouco consolidados interestratificados com margas;
- “Camadas de Abadia” – composto por margas e argilas com intercalações de bancadas de grés micáceos (Fig. 4).

Na parte superior das camadas de Abadia podem ocorrer bancadas isoladas de calcários recifais.



*Fig. 4 – Grés interestratificado nas margas e argilas*

### 3.2 – Geomorfologia e estrutura geológica

As características geomorfológicas da região resultam do forte contraste de resistência entre as formações calcárias e as formações argilosas subjacentes. As encostas são formadas na sua parte superior por uma cornija calcária resistente, fortemente inclinada, e na sua parte média e inferior por um talude côncavo com declive variável (em regra entre 10 e 20%). Ocorre nesta zona

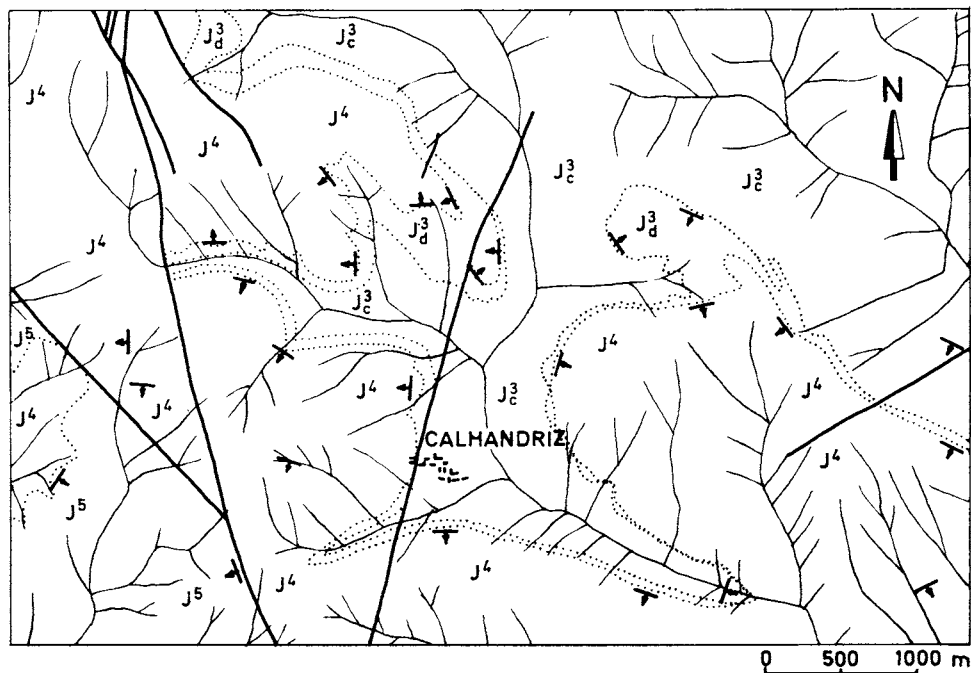
espessura variável de depósitos de vertente constituídos por detritos calcários englobados numa matriz argilosa, (Fig. 5).



*Fig. 5 – Depósitos de vertente na encosta de Subterra*

A análise dos limites geológicos entre as “Camadas de Abadia”, o “Corálico de Amaral” e o “Complexo Pteroceriano”, bem como das variações da atitude das camadas, na Carta Geológica de Portugal na escala 1:50.000 (folhas 30D e 34B), sugere a ocorrência na região entre Arruda dos Vinhos e Vila Franca de Xira de um empolamento das formações jurássicas.

Apesar de regionalmente se evidenciar uma tendência geral da inclinação da estrutura geológica para sul e sueste, uma observação detalhada mostra que, ao longo dos vales, a direcção das camadas é em regra paralela ao curso de água principal. Além disso observa-se, quer na carta geológica, quer nas fotografias aéreas, que as camadas tem inclinações opostas para o interior dos taludes (Fig. 6), como se cada vale, escavado nas formações argilosas cobertas pelos calcários resistentes, fosse paralelo à direcção de um eixo “anticlinal”.



J<sup>5</sup>- CAMADAS DO FREIXIAL ; J<sup>4</sup> - COMPLEXO PTEROCERIANO  
J<sup>3</sup><sub>d</sub> - CORÁLICO DE AMARAL ; J<sup>3</sup><sub>c</sub> - CAMADAS DE ABADIA

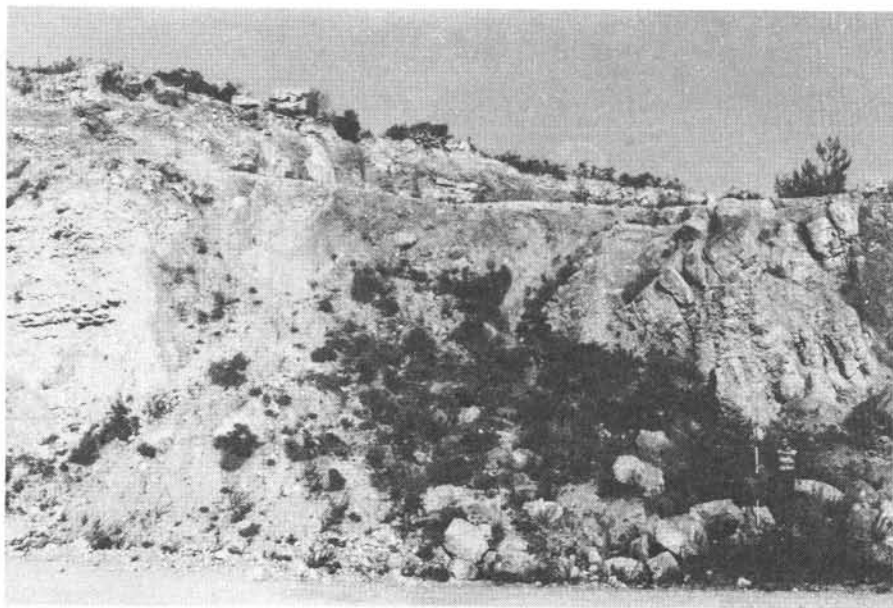
Fig. 6 – Trecho da Carta Geológica 1:50.000 da zona de Calhandriz – A-dos-Melros

Esta estrutura pode explicar-se pela descompressão causada pela abertura dos vales. Tal é descrito por Hollingworth *et al* [1], e referido com detalhe por Zaruba e Mencl [2], como a resultante da deformação das rochas argilosas devida à diferença de carga nestes materiais entre a zona do vale e o interior dos taludes. Esta deformação é interpretada por aqueles autores “in terms of the squeezing up of plastic substance from the loaded medium into the unloaded one”, (Zaruba e Mencl, 1969, p. 74). Todavia, a inclinação oposta das camadas calcárias de cada lado dos vales, ou seja o seu arqueamento para cima, parece poder encontrar melhor explicação na expansão das argilas subjacentes, devida ao aumento do seu teor em água à medida que a erosão processa a abertura do vale e as variações de volume deixam de estar impedidas pelo peso da cobertura.\*

\* Os ensaios de identificação destes materiais argilosos forneceram os seguintes resultados: LL = 44 a 55%; IP = 20 a 35%; expansibilidade 25%; silte + argila = 60 a 90%.

Estes processos são importantes na medida em que a expansibilidade e fissuração provocam uma diminuição gradual da resistência ao corte e a progressiva formação de uma zona de perturbação do substrato argiloso. Este facto parece aliás de acordo com os resultados de ensaios de refração sísmica executados no vale de Suberra (Alhandra) os quais evidenciam o registo de baixas velocidades de ondas sísmicas longitudinais ( $V_L < 900$  m/s) até uma profundidade (20 m) muito superior à espessura dos depósitos de vertente (em regra de 6 a 8 m). Na vala escavada para o adutor de água a Lisboa, na encosta de Suberra, observou-se a ocorrência de grandes blocos de calcários kimmeridgianos deslocados da sua posição normal e afundados nas margas subjacentes. Estes dados reforçam a ideia de que o processo referido tem uma forte influência na estabilidade dos taludes da região.

Em alguns casos os fenómenos de instabilidade parecem relacionados com zonas de falha. As falhas são de detecção difícil nas formações argilo-margosas mas ocorrem bem expostas nos calcários subjacentes (Fig. 7). É de admitir a ocorrência de zonas perturbadas com apreciável espessura nas formações argilo-margosas provocadas pelo jogo das referidas falhas.



*Fig. 7 – Falha nos calcários na região de Alhandra*



### 3.3 – Condições hidrogeológicas

As condições hidrogeológicas são igualmente controladas pela estrutura e pela litologia. Subjacente aos calcários permeáveis ocorre um maciço argilo-margoso impermeável. Nos calcários superiores ou nos níveis intercalados nas camadas impermeáveis podem ocorrer temporariamente toalhas suspensas após períodos de intensa precipitação.

Nos depósitos de vertente pode admitir-se um escoamento paralelo à superfície topográfica.

## 4 – TIPOS DE FENÓMENOS DE INSTABILIDADE

### 4.1 – *Escorregamentos planares*

São numerosas as evidências morfológicas de escorregamentos planares segundo a estratificação, caracterizadas por cicatrizes semi-circulares de fundo plano, com atitude idêntica à da estratificação, e localizadas nas vertentes em que as camadas inclinam em concordância com os taludes naturais (Fig. 8 *a e b* e Fig. 9).

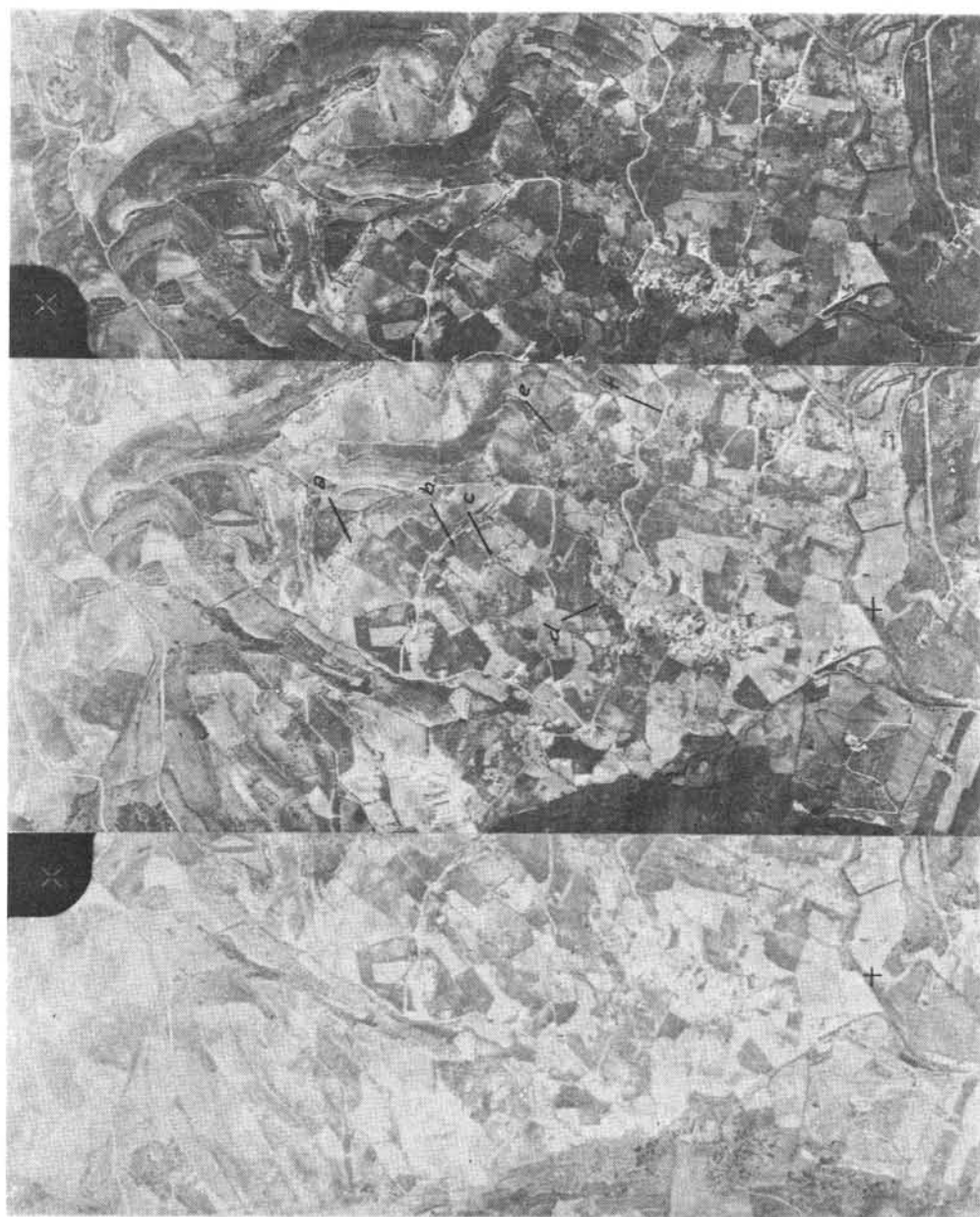
Os escorregamentos planares resultam da litologia da estrutura geológica, da percolação ao longo dos contactos entre os calcários e as margas e da escavação do pé do talude pela erosão normal.

Um mecanismo deste tipo deve ter actuado no caso do escorregamento inicial de Roucas (Fig. 10).

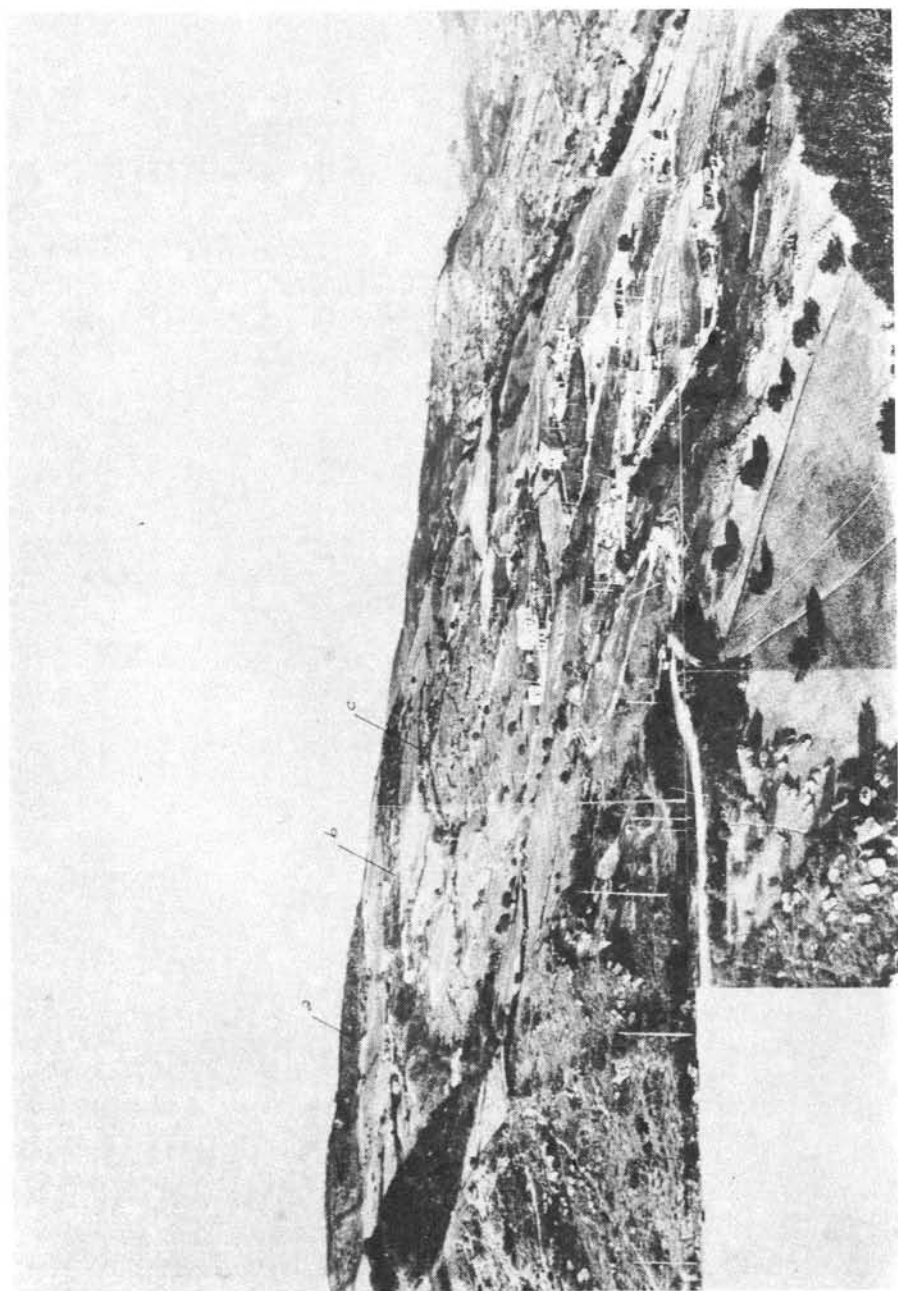
### 4.2 – *Fluência e escorregamentos superficiais nos depósitos de vertente*

As evidências de fenómenos de fluência contínua nos depósitos de vertente, devido à secagem e molhagem das argilas, são observáveis em muitas zonas, ocorrendo em taludes por vezes com declive pouco acentuado (8-10%).

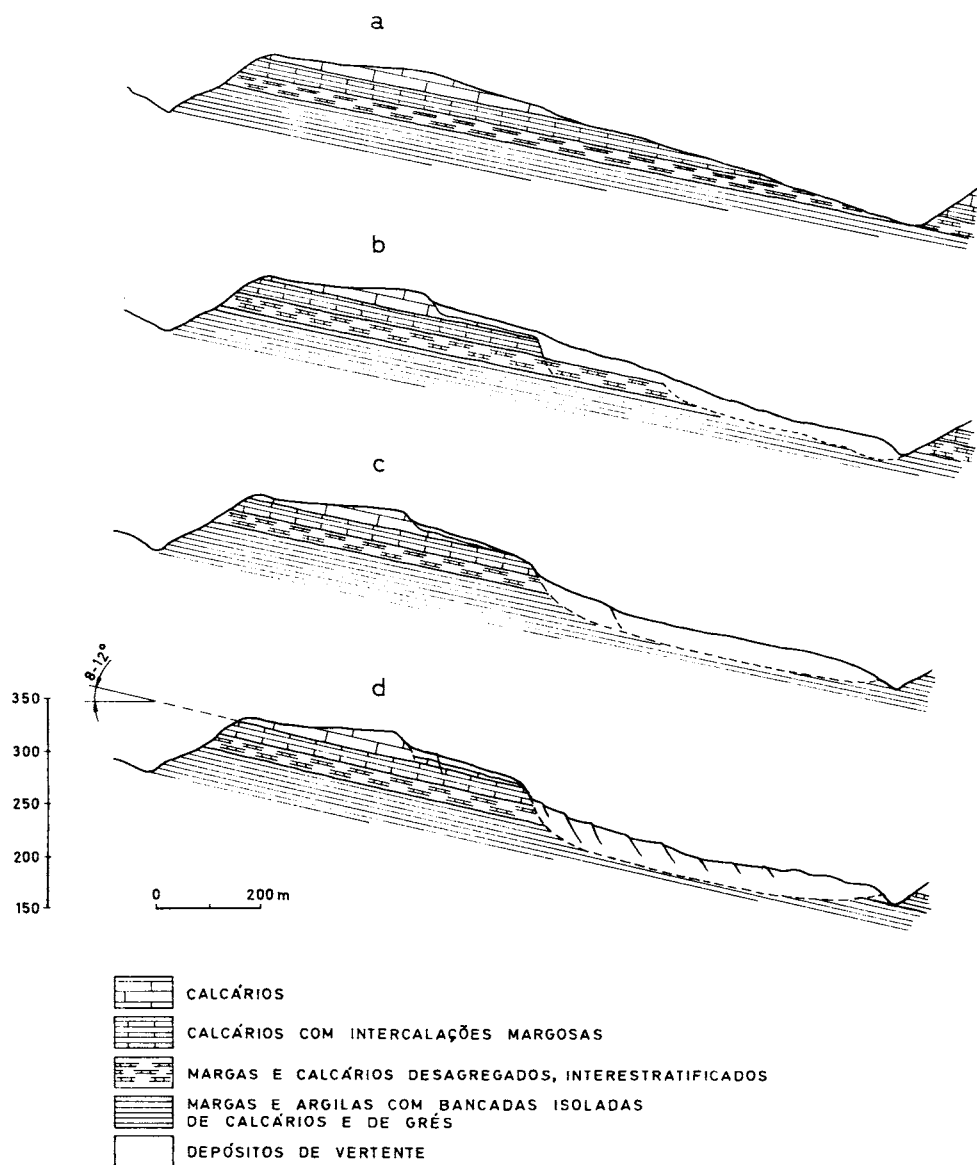
À fluência sucede-se frequentemente, após um período de intensa precipitação, a formação de pequenas roturas circulares (Fig. 11), podendo de seguida ocorrer um escorregamento rápido, especialmente se se efectuarem escavações no pé dos taludes. Trata-se em regra de escorregamentos muito superficiais caracterizados por coeficientes D/L (profundidade/comprimento) muito baixos, controlados pela espessura dos depósitos de vertente a qual se situa em regra entre os 2 e os 8 metros, (Fig. 12).



*Fig. 8 – Pares estereoscópicos da região de Calhandriz – A-dos-Melros*



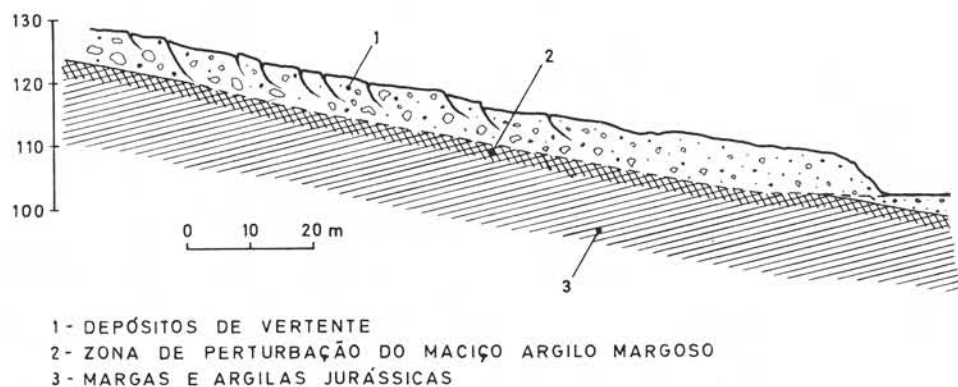
*Fig. 9 – Escorregamento de Roucas (Calhandriz)*



*Fig. 10 – História presumível aos escorregamentos de Roucas. A sequência c-d corresponde ao escorregamento ocorrido em Fevereiro de 1979*



*Fig. 11 – Evidências de escorregamentos superficiais nos depósitos de vertente*



*Fig. 12 – Escorregamento do Bom Retiro*

#### 4.3 – Escorregamentos rotacionais

Observaram-se evidências de escorregamentos mais profundos afectando a parte superior perturbada dos maciços argilo-margosos (camadas de Abadia) e os calcários superiores.

Em algumas zonas estes escorregamentos reconhecem-se pelas típicas cicatrizes circulares de dimensão apreciável que interrompem as cornijas calcárias, (Fig. 13). Verifica-se que grandes fatias do maciço calcário se encontram afundadas nas margas não podendo o facto ser explicado pela fluência ou pelos escorregamentos superficiais dos depósitos de vertente.

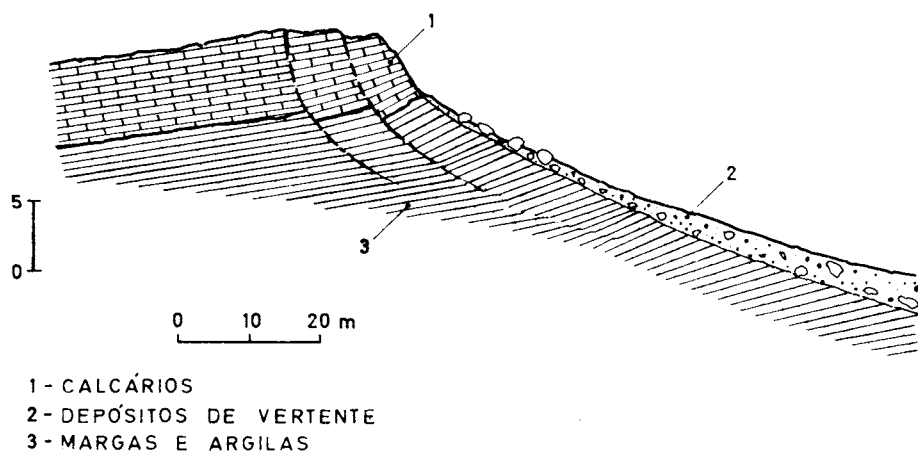


Fig. 13 – Escorregamentos envolvendo a cornija calcária e as margas inferiores

#### 4.4 – Desmoronamentos e quedas de blocos

O recuo das cornijas calcárias e das zonas escarpadas das encostas em que afloram intercalações calcárias ou gresosas, dão localmente origem a pequenos desmoronamentos e a quedas de blocos isolados devido à sub-escavação das bancadas resistentes.

#### 4.5 – Remobilização de antigos escorregamentos

Durante os meses de Janeiro e de Fevereiro de 1979, após um longo período de intensa precipitação ocorreram na área três extensos escorregamentos e inúmeros outros de pequenas dimensões.

Em todos os casos verificou-se que os escorregamentos se localizavam no interior de zonas afectadas por antigos escorregamentos claramente identificáveis na interpretação fotogeológica.

## 5 – CONCLUSÕES

Na actual fase dos estudos podem reter-se as seguintes conclusões preliminares:

- a) grande número dos escorregamentos observados teve como causa directa a escavação do pé dos taludes coincidente com um período de precipitação intensa e prolongada;
- b) os recentes escorregamentos ocorreram em zonas já anteriormente afectadas por fenómenos de instabilidade e claramente identificáveis nas fotografias aéreas;
- c) a análise fotogeológica permite identificar zonas afectadas por diferentes graus de risco de instabilidade com base na avaliação integrada dos diferentes factores que interferem na estabilidade;
- d) espera-se que os elementos obtidos neste estudo permitam estabelecer as bases de um mapa de estabilidade, na escala 1:25.000, visando a definição de zonas caracterizadas por limitações específicas:
  - (i) definição de zonas “non aedificandi”;
  - (ii) zonas a evitar em que a construção implica obras especiais que evitem a manifestação de fenómenos de instabilidade;
  - (iii) zonas cuja ocupação (densidade e tipo) deve depender dos resultados de um estudo geotécnico prévio e especificamente destinado a um estudo de estabilidade;
  - (iiii) zonas estáveis onde não é de esperar a ocorrência de fenómenos de instabilidade.

Tal mapa proporcionará aos técnicos responsáveis pelo planeamento urbano e pelo licenciamento das obras os dados necessários à previsão dos fenómenos de instabilidade dos taludes naturais evitando ou minimizando as suas consequências.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HOLLINGWORTH, S. E., TAYLOR, J. H. – “Large scale superficial structures in Northampton Ironstone Field”. Quart. Journ of Geol. Soc. London, 100-1. 1944.
- [2] ZARUBA, Q., MENCL, V. – “Landslides and their control”. Academia, Prague. Elsevier Pub. Com. Amsterdam, 1969.