

“

MODELAÇÃO DE SISTEMAS GEOLOGICOS

Homenagem ao Professor Doutor Manuel Maria Godinho

”

L.J.P.F. NEVES, A.J.S.C. PEREIRA,
C.S.R. GOMES, L.C.G. PEREIRA,
A.O. TAVARES

IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS

MODELAÇÃO DE SISTEMAS GEOLÓGICOS

Homenagem ao Professor Manuel Maria Godinho

Instabilidade de taludes de escavação no Areeiro, Coimbra

Mário Quinta-Ferreira¹; Pedro Andrade²; António Saraiva³

^{1,2,3}Dep. Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Portugal, ¹mqf@dct.uc.pt,

²pandrade@dct.uc.pt, ³asaraiva@dct.uc.pt

Palavras-chave: Estabilidade, Taludes, Riscos, Coimbra

Resumo

Analisam-se algumas instabilizações de taludes de escavação ocorridos na zona do Areeiro em Coimbra, que ocorreram preferencialmente após períodos de pluviosidade intensa. Os deslizamentos são do tipo planar, tendo ocorrido ao longo de camadas silto-argilosas de inclinação reduzida, intercaladas nas camadas areníticas dos Grés de Silves. São abordados os taludes Este e Oeste da Urbanização da Quinta do Areeiro e o talude Oeste da Escola do Areeiro. É também abordado, como termo comparativo, o talude Este da Quinta da Portela, situado no lado oposto do vale. No Areeiro a instabilização ocorre mesmo em taludes de escavação com apenas alguns metros de altura, enquanto, na Quinta da Portela, o talude de escavação com cerca de 15 metros de altura se apresenta estável. Conclui-se que as instabilizações são o resultado da conjugação de vários factores: estrutura geológica, geomorfologia e a presença de camadas silto-argilosas que exibem baixa resistência ao corte quando saturadas. Como as instabilizações mostram evidências de evolução no tempo, questiona-se a estabilidade a longo prazo dos terrenos adjacentes à Escola do Areeiro e indicam-se algumas medidas preventivas.

Key-words: *Stability, Slopes, Risks, Coimbra*

Abstract

Slope failures in the area of Areeiro in Coimbra are analysed. The slides occurred in excavation slopes mainly after periods of intense rainfall. They are of planar type and occurred along silt-clay layers with reduced inclination, inserted in the sandstone layers of the “Grés de Silves” formation. The studied slopes are the East and West slopes of the Urbanization of “Quinta do Areeiro” and the West slope of Areeiro’s School. For comparison purposes the East slope of “Quinta da Portela” located in the opposite side of the valley is also analysed. In Areeiro the failure occurs even in excavation slopes with just a few meters high while in “Quinta da Portela” excavation slopes 15 meters high are stable. It is concluded that the main factors leading to slope failure are the conjugation of the geologic structure with geomorphology, the presence of the silt-clay layers of low shear strength, when saturated by intense rainfall. As the processes responsible for slope failures

show evidence of evolution with time, the long term stability of the terrains close to the Areeiro's School are questioned, and some preventive procedures are described.

Introdução

O desenvolvimento urbano nas zonas de topografia acidentada, tende a requerer a execução de escavações e de aterros para a criação de plataformas que melhorem o aproveitamento do espaço e a acessibilidade. Estas modificações na geometria original dos terrenos, alteram o equilíbrio existente e tendem a criar condições de instabilidade. Com o passar do tempo, muitos dos taludes executados com deficiente qualidade acabam por instabilizar, designadamente quando ocorrem condições capazes de diminuir o factor de segurança, tais como é o caso da precipitação persistente (Quinta Ferreira *et al.*, 2005, 2006).

Apesar de nem sempre ser fácil de antever as condições que podem levar à instabilização de taludes, a execução de um estudo geológico dos terrenos e a respectiva caracterização geotécnica, fornecem informação essencial quer à sua prevenção, quer à remediação das instabilizações. Sendo a informação geológica fundamental para o entendimento dos fenómenos da geodinâmica externa e das consequências da intervenção humana nos terrenos, a sua importância tende a ser tanto maior, quanto maior for a interferência humana nos sistemas geológicos. No entanto, muitas vezes, a ocorrência de problemas tende a estar directamente dependente da interacção entre a geologia e a obra, sendo particularmente relevantes as singularidades geológicas que, mesmo com pequena expressão cartográfica, tendem a ser condicionantes do comportamento dos maciços naturais. Incluem-se nesta categoria as descontinuidades (*e.g.* falhas, diaclases, planos de estratificação) e as camadas ou os níveis com características geológicas particulares que podem conferir um comportamento problemático.

A ocorrência de instabilizações de taludes na zona de Coimbra tem vindo a causar problemas diversos e prejuízos elevados, constituindo um problema que importa prevenir e minimizar (Quinta Ferreira, Quinta Ferreira, 2004). No presente trabalho são analisadas algumas situações de instabilização de taludes de escavação executados para a implantação de arruamentos e edificios na zona do Areeiro, em Coimbra. Nestes taludes as singularidades geológicas condicionaram o tipo e o local das instabilizações, procurando-se um melhor entendimento das causas, e inferir as suas consequências.

Enquadramento geológico e mineralogia dos pelitos

Na zona estudada encontram-se os grés do Triásico, designados na literatura geológica como Grés de Silves. A estrutura geológica caracteriza-se genericamente por ser um monoclinal com pendor moderado para oeste, encontrando-se pontualmente algumas falhas que modificam, significativamente, o pendor e a orientação dos estratos. Nas vertentes da área estudada, os Grés de Silves apresentam-se geralmente cobertos por solos residuais de pequena espessura. Na zona central do vale encontram-se aluviões de espessura moderada, cobrindo um possível alinhamento de fractura.

De acordo com Miranda *et al.* (2010a,b) nos taludes analisados encontram-se níveis correspondentes a depósitos dos termos A1 e A2, e ainda e ao termo B1 de Palain (1976), equivalentes os dois primeiros à Formação de Conraria, e o último à Formação de Castelo Viegas (Azerêdo *et al.*, 2003). Enquanto que os níveis grosseiros avermelhados, arenoconglomeráticos, resultam essencialmente de deposição fluvial, os níveis pelíticos acinzentados, correspondem essencialmente a sedimentação lacustre de pequenas profundidades (Miranda *et al.*, 2010a,b).

Sabendo-se que os pelitos condicionam a ocorrência das instabilizações, procurou-se identificar a sua mineralogia, para o que foram recolhidas quatro amostras na base do termo A2, em camadas que sofreram deslizamentos. Duas amostras foram recolhidas no talude Oeste da Urbanização da Quinta do Areeiro e as outras duas no talude Oeste da Escola do Areeiro. Realizaram-se difractogramas de raios X da fracção total e da fracção argilosa ($<2\mu\text{m}$) em lâmina sedimentada. Os difractogramas foram obtidos num aparelho Phillips PW 3710 equipado com ampola de Cu a funcionar com uma tensão de 40 kV e uma intensidade de corrente de 20 mA. Os resultados dos difractogramas na fracção total revelaram a presença de quartzo, feldspato potássico, micas e vestígios de dolomite. Na fracção argilosa revelaram a presença de illite (predominante), caulinite (mais rara) e de um interestratificado de illite-vermiculite (Figura 1).

Episódios de instabilização

Na Figura 2 localizam-se os taludes de escavação analisados. Os três taludes com ocorrências de instabilização situam-se no lado Este do vale: 1- talude Este da Urbanização da Quinta do Areeiro, situado na retaguarda da urbanização que se encontra em construção; 2- talude Oeste da Urbanização da Quinta do Areeiro, no arruamento do lado nascente da Escola do Areeiro; 3- talude Oeste da Escola do Areeiro, no arruamento que separa a Escola do

Areiro do Parque Municipal de Campismo de Coimbra. O quarto talude localiza-se no lado oposto do vale e resultou da execução de uma grande escavação, sendo designado como talude Este da Quinta da Portela.

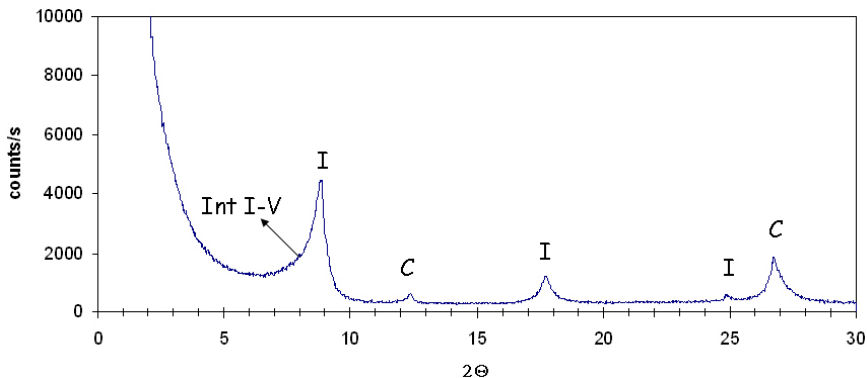


Figura 1. Diffractograma da fracção argilosa (<2µm) no estado normal, da amostra recolhida no talude Oeste da Urbanização da Quinta do Areiro. C – caulinite; I - ilite; Int I-V - interestratificado de ilite-vermiculite.

1- Talude Este da Urbanização da Quinta do Areiro

De entre os três taludes que sofreram instabilização, este é o que se encontra a cotas mais elevadas. Para a criação da plataforma da urbanização da Quinta do Areiro foi efectuada uma escavação vertical de vários metros, que seria estabilizada com um muro de contenção em gabiões. A escavação foi efectuada no limite Este da urbanização, no início de 2006. A instabilização ocorreu essencialmente na zona central da escavação (Figura 3). A escavação de um talude vertical entre a urbanização e o terreno acima, onde se encontra uma vivenda, foi a causa da instabilização. O movimento ocorreu pouco tempo após a escavação, durante a



Figura 2. Localização dos taludes utilizando uma imagem do Google Earth.

- 1- talude Este da Urbanização da Quinta do Areiro;
- 2- talude Oeste da Urbanização da Quinta do Areiro;
- 3- talude Oeste da Escola do Areiro;
- 4- talude Este da Quinta da Portela.

construção do muro de contenção em gabiões. Tratou-se de um deslizamento planar que ocorreu segundo os planos de estratificação dos pelitos existentes na base do talude. A ocorrência de uma falha na retaguarda do bloco instabilizado, com orientação $N48^{\circ}W$; subvertical, oblíqua à superfície de escavação, limitou a extensão do deslizamento até poucos metros de distância da vivenda no cimo da colina (Figura 3). O movimento do bloco deslizado abriu uma fenda de tracção com cerca de 2m de largura e com 3 a 5m de altura, tendo destruído parte do muro em fase de construção.

As camadas pelíticas de baixa resistência que permitiram o movimento apresentam um pendor de cerca de 16° e as suas coordenadas geológicas são: $N26^{\circ}W; 16^{\circ}SW$. São constituídas por pelitos (siltitos e argilitos) de cor cinzenta a cinzenta esverdeada, com espessura variando entre 0,1m e 0,3m (Figura 4). A estrutura interna das camadas de pelitos mostra que são constituídas por níveis muito finos, com alguns milímetros, de coloração alternadamente clara e escura, relacionados com a variabilidade dos processos de sedimentação lacustre que os formaram.



Figura 3. Vista geral da zona instabilizada do talude Este da Urbanização da Quinta do Areiro.

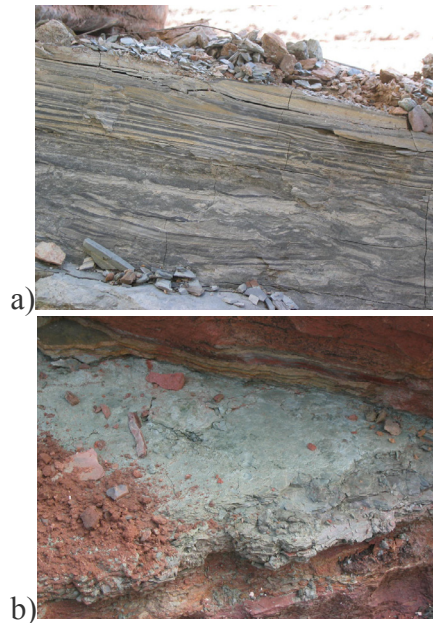


Figura 4. Pormenores da camada de pelitos que originou o deslizamento no talude Este da Urbanização da Quinta do Areeiro:

**a) níveis milimétricos de coloração clara e escura;
b) bordadura sul do plano de deslizamento, com pelitos de tonalidade esverdeada.**

A estabilização deste talude foi efectuada removendo a massa instabilizada, limitada inferiormente pela superfície de deslizamento, efectuando o reperfilamento do terreno e reconstruindo o muro de gabiões que foi parcialmente destruído com a instabilização.

2- Talude Oeste da Urbanização da Quinta do Areeiro

No início de Março de 2004, durante a execução de uma pequena escavação, com cerca de 1,5m a 3m de altura, para implantar o arruamento entre a Urbanização da Quinta do Areeiro e a Escola do Areeiro, ocorreu um deslizamento do lado da Urbanização, numa largura de cerca de uma dezena de metros (Figura 5). Para a ocorrência do deslizamento foi crucial a existência de camadas de menor resistência, com uma inclinação de 16° no sentido da escavação. Estas camadas correspondem aos níveis de pelitos na transição entre os termos A1 e A2 do Grés de Silves, intercalados nas camadas de arenitos siliciosos.



Figura 5. Talude Oeste da Urbanização da Quinta do Areeiro;

- a) Deslizamento planar para o arruamento em construção ocorrido em Março de 2004.**
- b) Geometria do talude após a remoção dos terrenos instabilizados e do reperfilamento final.**

A resolução desta instabilização passou pelo reperfilamento do talude, removendo os terrenos deslocados, diminuindo a altura do talude e reduzindo a sua inclinação para valores pouco acima do declive das camadas que ocasionaram a instabilização (Figura 5b). Apesar de ainda subsistir no talude uma pequena cunha de terreno com potencial de instabilização, por se encontrar limitada pelas camadas pelíticas de baixa resistência, não se verificaram posteriormente instabilizações pois o peso desta cunha é muito reduzido e por se verificar uma boa drenagem das camadas de pelitos que se encontram expostas.

3- Talude Oeste da Escola do Areeiro

A abertura da rotunda e do arruamento que liga a Circular Urbana de Coimbra ao Parque Municipal de Campismo, obrigou à execução de uma escavação com cerca de 10m de altura na rotunda, reduzindo gradualmente de altura até ser nula, no limite Sul da escavação, junto à entrada para o Parque Municipal de Campismo de Coimbra. Neste talude ficaram expostos os termos A1 e A2 do Grés de Silves. Na transição entre estes dois termos encontram-se camadas de pelitos cinzentos a esverdeados, inclinando cerca de 15° para oeste, ou seja para a face do talude. Desde a execução da escavação em 2004, até ao presente, verificaram-se diversos episódios de instabilização, apresentando-se os três principais, ocorridos nos invernos de 2005, 2007 e de 2010.

A instabilização de 2005 é ilustrada na Figura 6. O movimento ocorreu, segundo uma camada de pelitos que corresponde à transição do termo A1 para o termo A2 do Grés de Silves (Palain, 1976). O deslizamento planar de 2005 destruiu o sistema de drenagem superficial e deixou estrias de movimento na superfície da bancada dos pelitos, tal como se pode observar na Figura 6b. Após esta instabilização, o talude foi limpo dos materiais caídos, reperfilado e foram executados vários trabalhos de estabilização e de drenagem. Os pelitos, sendo menos permeáveis que a massa arenítica concentravam a água na sua parte superior, diminuindo a estabilidade. Para minorar este efeito, foi colocada uma máscara drenante na superfície dos pelitos, na extensão do talude afectada. A zona intervencionada foi coberta com uma geomembrana biodegradável. Também se procedeu à reconstrução do murete, na base do talude, junto ao passeio.

No Inverno de 2007 a porção de terreno para sul da instabilização anteriormente descrita, e que ainda não tinha sido afectada, acabou por sofrer um deslizamento planar idêntico ao de 2005, mas de menor dimensão (Figura 7a).

Face à evolução observada no talude e às suas características particulares, inferiu-se em 2009 que a zona norte deste talude, seria também afectada por deslizamentos planares.

No Inverno de 2010 os mesmos mecanismos que provocaram a rotura em 2005 e em 2007 desencadearam novamente um deslizamento planar na camada dos pelitos, mas agora na zona norte do talude, que ainda não tinha sido afectada. A instabilização de 2010 movimentou um volume de material muito superior ao de 2007, com uma altura de queda elevada, atingindo o passeio e a estrada (Figura 7b).



Figura 6. Deslizamento planar no talude Oeste da Escola do Areeiro, ocorrido em Dezembro de 2005. a) Aspecto geral da instabilização que ocorreu segundo uma camada de pelitos na base do termo A2 dos Grés de Silves; b) Bloco deslizado e estrias de movimento na superfície da camada de pelitos.



Figura 7. Deslizamentos planares de 2007 e de 2010 no talude Oeste da Escola do Areeiro. a) deslizamento do Inverno de 2007 na zona sul; b) deslizamento do Inverno de 2010 na zona norte.

4- Talude Este da Quinta da Portela

Este talude é o de maior altura de entre os quatro descritos e é o único que não tem apresentado problemas de instabilização (Figura 8), a não ser a

queda de alguns seixos e de solos, devido à lavagem da superfície de escavação pela água das chuvas. É constituído essencialmente por arenitos, com algumas intercalações de pelitos e apresenta a estratificação com orientação: N15°-45°W; 10°-27°SW.



Figura 8. Vista do talude Este da Quinta da Portela que, apesar de ter cerca de 15m, não apresenta problemas de instabilização.

A variabilidade da atitude das camadas está relacionada com a presença de falhas com pendores elevados, com direcção aproximadamente perpendicular à frente do talude, provocando uma variação da inclinação dos estratos na proximidade das falhas. Para o bom desempenho deste talude contribui essencialmente o facto de a estratificação pender para o interior do terreno, o que tende a conferir boas condições de estabilidade a longo prazo. Além disso, a estrutura mergulhante para oeste expõe apenas a parte superior do termo A2 (Formação da Conraria) e a parte inferior do termo B1 (Formação de Castelo Viegas), sendo menos frequentes os níveis pelíticos.

Análise e discussão das condições de estabilidade.

Tal como já foi referido, o talude Oeste da Escola do Areeiro, tem uma altura elevada e está virado para a via pública, podendo a sua rotura ocasionar danos humanos e materiais importantes, pelo que foi escolhido para uma análise mais pormenorizada. Procedeu-se ao seu estudo estrutural, tendo-se efectuado a determinação da orientação e da rugosidade de 176 descontinuidades. Recorrendo à projecção estereográfica foi possível verificar a existência das 3 famílias, indicadas pelas letras A, B e C na

Figura 9. As suas orientações, em termos médios, são respectivamente N24°W;15°SW, N26°W;67°SW e N55°E;82°SE. A família A corresponde aos planos de estratificação das camadas areníticas e pelíticas, abrangendo cerca de 55% das descontinuidades. A família B apresenta um pendor elevado (67°) e uma direcção semelhante à da família A, mas com uma maior dispersão. As fracturas desta família são muitas vezes coincidentes com a própria face do talude. As descontinuidades da família C são menos frequentes, têm um pendor elevado, e uma dispersão dos valores da direcção mais acentuada do que a verificada para as descontinuidades pertencentes à família A.

A aplicação do método de Markland (1972) confirmou a possibilidade de ocorrência de rotura planar, envolvendo as descontinuidades da família A, desde que o ângulo de atrito da superfície seja igual ou menor que 15°. Quanto aos arenitos, apresentando-se as superfícies das descontinuidades ligeiramente rugosas a quase lisas, o seu ângulo de atrito é muito superior a 15°, inviabilizando o deslizamento. Apenas os pelitos apresentam valores de atrito da ordem dos 15° ou inferiores, tal como já se tinha verificado nas instabilizações anteriores.

Existe ainda a possibilidade de ocorrência da rotura em cunha devido à intersecção entre as descontinuidades das famílias A e C, se bem que estas últimas sejam poucos frequentes, no entanto, através da aplicação do refinamento ao método de Markland (1972), proposto por Hocking (1976), verifica-se que a rotura planar, provocada pelas descontinuidades da família A, tem uma maior probabilidade de se verificar do que a rotura em cunha, tal como se confirmou nas observações “in situ” das instabilizações.

Como a resistência ao corte dos pelitos é muito inferior à dos arenitos siliciosos que constituem a generalidade do talude, a execução da escavação criou as condições geotécnicas propícias à ocorrência de deslizamentos planares pelas camadas dos pelitos. A retroanálise das instabilizações constitui um modo fiável para avaliar as condições que estiveram na origem da instabilização dos taludes.

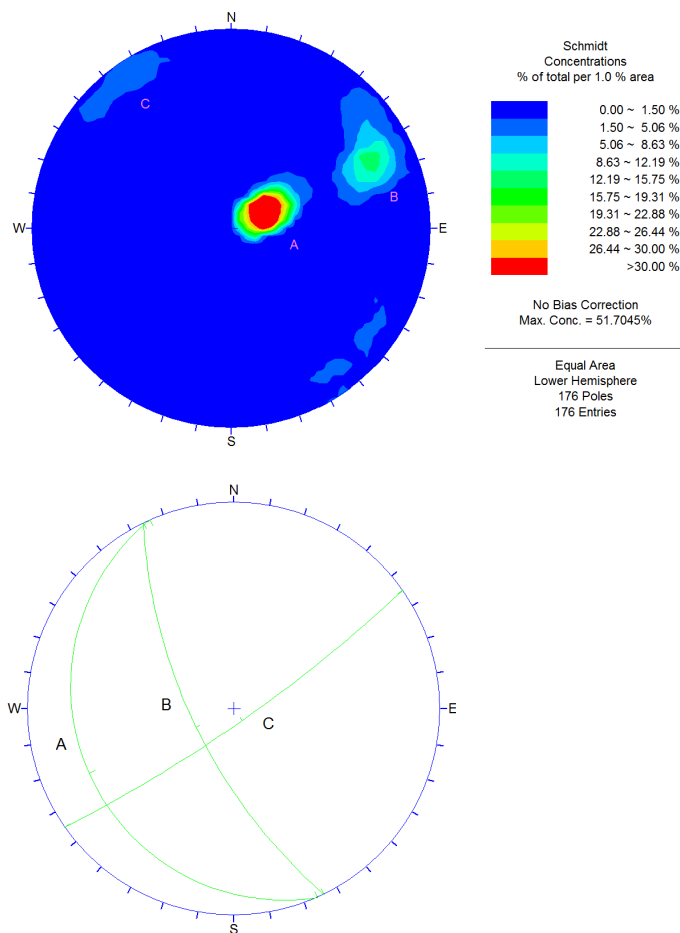


Figura 9. Diagramas de projecção estereográfica com as percentagens das concentrações dos pólos e com os planos das famílias das discontinuidades A, B e C, no talude Oeste da Escola do Areeiro, obtidos com o programa informático DIPS.

Na zona do Areeiro, a análise dos elementos geológicos dos dois lados do vale, Areeiro e Quinta da Portela, mostram que as principais condicionantes da ocorrência de deslizamentos são a conjugação da estrutura geológica com a geomorfologia e as características intrínsecas dos pelitos. Esta conjugação de factores favorece a instabilização de taludes de escavação, segundo planos com pequena inclinação, mesmo em taludes com apenas alguns metros de altura na zona do Areeiro. Na Quinta da Portela, estes mesmos factores favorecem a estabilidade dos taludes de escavação com cerca de 15 m de altura.

Os estratos responsáveis pela ocorrência das instabilizações são as camadas de pelitos de tonalidade acinzentada, por vezes esverdeada, que ocorrem intercaladas nas camadas de arenito avermelhado. Na sequência estratigráfica, o aparecimento dos pelitos marca a transição do termo A1 para o termo A2 dos Grés de Silves de acordo com a sistemática de Palain (1976). Os pelitos exibem resistência ao corte muito baixa, com ângulos de atrito que podem chegar aos 12°. A presença da água em situações de remoção do confinamento, ocasiona a degradação da estrutura interna dos pelitos, que são essencialmente monogranulares e muito porosos, favorecendo a sua rotura (Quinta Ferreira *et al.*, 2004). A estrutura geológica regional, genericamente com pendores moderados para oeste, a descompressão do maciço que é gerada pela abertura das escavações e a presença de camadas de pelitos propiciam a ocorrência de instabilizações segundo estas camadas, nos períodos de maior pluviosidade.

Considerações finais

Como os processos geradores das instabilizações mostram evidências de evolução com o tempo, em resultado da degradação progressiva dos pelitos quando descomprimidos, considera-se que as instabilizações tenderão a apresentar continuidade, em particular nas zonas do talude ainda não afectadas. Neste contexto questiona-se a estabilidade a longo prazo dos terrenos adjacentes à Escola do Areiro, pois que a descompressão do maciço, em conjunto com a molhagem, vão permitir a redução da resistência ao corte dos pelitos para valores muito baixos, podendo provocar novos movimentos de instabilização. Estes movimentos tenderão a ser desencadeados nas zonas mais sensíveis do maciço, que são as superfícies de escavação com uma interface livre e descomprimida.

Para prevenir a ocorrência de novas instabilizações, há que ter em conta a estratigrafia, a estrutura geológica, a geometria e a orientação da face dos taludes de escavação de modo a avaliar as zonas com possibilidade de se desenvolverem novas roturas no talude. Como a inclinação da estrutura geológica é inferior ao ângulo de atrito dos arenitos haverá pequena probabilidade de ocorrerem deslizamentos planares pelos arenitos. Apenas as camadas de pelitos podem exibir ângulos de atrito inferiores à inclinação da estratificação, pelo que a estabilidade está dependente destas camadas.

A caracterização estratigráfica permite identificar os locais onde ocorrem bancadas de pelitos. A análise estrutural facilita a antecipação das situações de instabilidade potencial. Há no entanto dificuldade em avaliar a

degradação temporal das características “in situ” dos pelitos, em resultado da descompressão junto às faces de escavação, e devido à saturação. A colocação de marcas topográficas na superfície dos taludes, e a sua leitura regular, em particular nos períodos de maior pluviosidade, permitiria acompanhar a evolução dos movimentos dos taludes e antecipar a ocorrência de episódios de instabilização. Deste modo seria possível tomar medidas adequadas antes de ocorrerem as instabilizações.

Bibliografia

- Azerêdo, A.C., Duarte, L.V., Henriques, M.H. & Manuppella, G. (2003) - Da dinâmica continental no Trásico aos mares do Jurássico Inferior e Médio. *Inst. Geológico e Mineiro*; 43p.
- Hocking, G.A (1976) - Method for distinguishing between single and double plane sliding of tetrahedral wedges. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science and Geomechanics*; 13, 225–226.
- Markland, J.T. (1972) - A useful technique for estimating the stability of rock slopes when the rigid wedge slip type of failure is expected. *Imperial College Rock Mechanics Research Reprints*; 19, 1–10.
- Miranda, J., Pina, B., Matos, V., Calhã, A.M., Pena dos Reis, R., Pimentel, N. (2010a) - Estudo das fácies de leque aluvial em afloramento do Triásico Superior de Coimbra. e – *Terra*; 21 (9), 4p.
- Miranda, J., Pina, B., Matos, V., Calhã, A.M., Pena dos Reis, R., Pimentel, N. (2010b) - Estudo das fácies de leque aluvial em afloramento do Triásico Superior de Coimbra. VIII Cong. Nacional de Geologia, Braga. Apresentação em poster, 1p.
- Palain, C. (1976) - Une série détritique terrigène. Les “Grés de Silves”: Trias et Lias inférieur du Portugal. *Memórias, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa*; 25 (nova série), 377p.
- Quinta Ferreira, M., Lemos, L.L., Pereira, L.M (2006) - Influência da precipitação nos deslizamentos e no comportamento dos pelitos do Triásico, em Coimbra”. 10º Cong. Nacional de Geotecnia. 1, 61-72. Sociedade Portuguesa de Geotecnia.
- Quinta Ferreira, M., Lemos, L.L., Pereira, L.M. (2005) - Influência da precipitação na ocorrência de deslizamentos em Coimbra, nos últimos 139 anos. *Geotecnia*, 104, Julho 2005, 17-30, Lisboa.
- Quinta Ferreira, M., Quinta Ferreira, T. (2004) - O problema das instabilizações de taludes em Coimbra. *Cadernos de Geografia*; nº 21/23, 127-142, Coimbra.
- Quinta Ferreira, M., Velho, J.L., Pereira, L.M. (2004) - Avaliação das características evolutivas dos pelitos do Triássico em Coimbra. 9º Congresso Nacional de Geotecnia; 1, 39-50. Universidade de Aveiro.