

SESSÃO POSTERS • 3

DETEÇÃO DE PLANOS DE FRACTURAÇÃO ATRAVÉS DE GEORADAR NUMA PEDREIRA DE GRANITO

DETECTION OF FRACTURE PLANES BY GEORADAR IN A GRANITE QUARRY

Neves, Samuel; *ARROW4D - Consultores de Engenharia e Geofísica, Lda., Évora, Portugal, geral@arrow4d.pt*
 Mirão, José; *Laboratório Hercules, Universidade de Évora, Évora, Portugal, jmirao@uevora.pt*
 Lopes, Luís; *Instituto de Ciências da Terra, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Évora, Portugal, lopes@uevora.pt*
 Alves, Tiago; *DGEG, Évora, Portugal, tf.pereiraalves@gmail.com*
 Lisci, Carla; *Laboratório Hercules, Universidade de Évora, Évora, Portugal, clisci@uevora.pt*
 Pardal, Eduardo; *Graniaipa - Comércio e extração de granitos, Lda., Évora, Portugal, geopardal@gmail.com*
 Martins, Rúben; *Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Évora, Portugal, rubenvm@uevora.pt*

1 - INTRODUÇÃO

No sector da extração de pedra natural, em particular no granito, mármore e calcário, vive-se um bom momento económico. Contudo, face às novas exigências técnicas, ambientais e de segurança, é necessário que sejam disponibilizadas informações úteis e em tempo útil, de modo a responder às necessidades dos profissionais do sector. Neste sentido, é fundamental o desenvolvimento de métodos e metodologias científicas que permitam a monitorização constante do recurso natural sem colocar em causa a operacionalidade da atividade extrativa. O georadar é uma técnica não invasiva e não destrutiva que permite detetar diferenças na composição geológica das estruturas soterradas. Este método tem sido aplicado com sucesso em diferentes áreas, nomeadamente, geotecnia, arqueologia, ou monitorização ambiental. O objetivo deste trabalho visa a aplicação do método de georadar em detetar descontinuidades, como fraturas, falhas, diaclases e veios de quartzo na frente de uma pedreira de granito, localizada em Évora, e representar essas descontinuidades num modelo digital 3D. Este trabalho foi complementado com mapeamento 3D com recurso a drone.

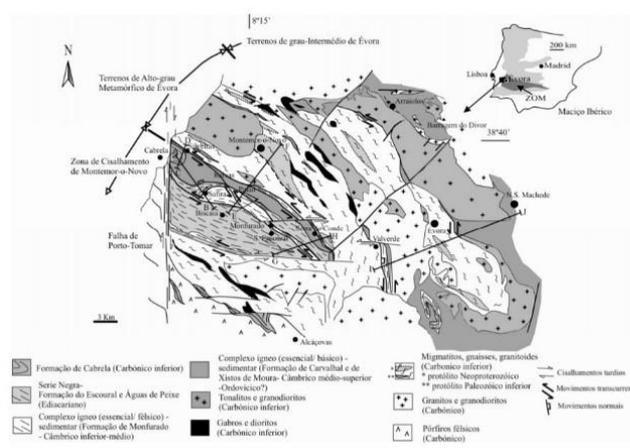
2 - DETEÇÃO DE FRATURAS EM GRANITO COM GEORADAR

2.1 - Enquadramento geológico

O local de estudo escolhido situa-se numa pedreira de granitos e granodioritos em Évora (Fig. 1-a). Esta pedreira situa-se no maciço de Évora, parte integrante da Zona de Ossa Morena (ZOM) (Carvalhosa, 1983). Recentemente, Pereira e Oliveira (2003) subdividiram o extremo NW do Maciço de Évora em três zonas, com base na deformação e no grau metamórfico (Fig. 1-b): Zona de Cisalhamento de Montemor-o-Novo (ZCMN), Terrenos de Alto-grau Metamórfico de Évora (TAME) e Terrenos de grau-Intermédio de Évora (TMME). A zona de estudo enquadra-se na zona TAME.



a)



b)

Figura 1 -a) Fotografia aérea da pedreira em estudo, b) Zonamento geológico do Maciço de Évora.

O TAME estende-se ao longo de uma faixa com 15-20 km de largura e é formado por uma complexa associação estrutural de gnaisses e migmatitos cisalhados, associados a intrusões de largo espectro composicional (gabros, dioritos, tonalitos, granodioritos, granitos) com padrões internos, mais ou menos intensos, de orientação geral NW-SE. O CGM encontra-se intruído por corpos graníticos sem deformação aparente (Carvalhosa e Zbyszewski, 1994). A composição destas rochas de alto grau metamórfico é habitualmente granodiorítica, podendo conter alguma silimanite, cordierite e andaluzite (Carvalhosa e Zbyszewski, 1994).

2.2 - Equipamento e software utilizados

O método de georadar foi escolhido por não ser destrutivo e fornecer rapidamente uma visualização 3D da subsuperfície geológica. O equipamento utilizado é um zond-12 advanced, produzido pela Radsys, com antena de 500 MHz, tendo sido utilizados dois softwares de pós-processamento de dados, nomeadamente, o prism e o reflexw.

2.3 - Aquisição de dados

A primeira etapa da aquisição de dados consistiu na marcação de uma grelha no topo de uma frente de pedra, com recurso a fitas métricas tradicionais. Foi marcada uma grelha com as seguintes dimensões: 6 m de largura e 12 m de comprimento (paralelo à frente de pedra, Fig. 2). Os perfis foram realizados segundo o eixo longitudinal e afastados entre si de 50 cm, em configuração zig-zag.

Após a marcação no terreno, o georadar foi calibrado para as condições de trabalho locais, nomeadamente: tipo litológico, aplicação de filtros para eliminação de ruído, escolha de antena, e intervalo de amostragem. Tendo-se de seguida realizado a aquisição de dados através dos perfis de georadar. Durante o levantamento dos perfis, o utilizador visualizou diversas anomalias, tendo-as marcado no terreno para análise e comparação futura. Os perfis de georadar foram realizados paralelamente à frente de pedra, e perpendicularmente às fraturas subverticais, de modo a obter reflexões mais intensas produzidas por planos de fracturação (Carreon-Freyre e Cerca, 2006; Theune et al., 2005).



Figura 2 – a) Levantamento *in situ* com georadar e antena de 500 MHz, b) área de prospeção e orientação dos perfis de georadar.

2.4 - Processamento de dados, análise e interpretação

Após conclusão dos trabalhos de campo, os dados são transferidos para computador adequado, para processamento individual de todos os perfis. Esta operação consistiu na correção da amplitude (*gain function, gain YX*) com a profundidade, remoção de interferências gerais e pontuais (*background filter, butterword bandpass, average XY filter*), aplicação de filtros para correção do posicionamento das antenas (*moveout correction*), e migração (*kirchhoff migration, timedepth conversion*) para averiguar o posicionamento e a forma geométrica das reflexões.

Através dos radargramas (Fig. 3) foram assinaladas as anomalias detetadas, e registadas através de pontos tridimensionais, dando origem a um conjunto de planos de descontinuidade. Foram aplicados métodos numéricos de modo a obter por cada plano de fracturação uma malha triangular numérica (forma de

representação num referencial tridimensional digital). Esta nova ferramenta de visualização da estrutura sub-superficial geológica no espaço tridimensional permite o estudo e análise de diferentes parâmetros técnicos, nomeadamente, identificação e geolocalização de volumes com maior grau de fracturação (permite o encaminhamento deste tipo de recurso para um determinado produto comercial), e vice-versa, volumes com baixo nível de fracturação serem aproveitados para aplicações de rocha ornamental de alta qualidade. Para além desta aplicação, é possível verificar a orientação e inclinação dos planos de fratura, de modo a mitigar situações de perigosidade.

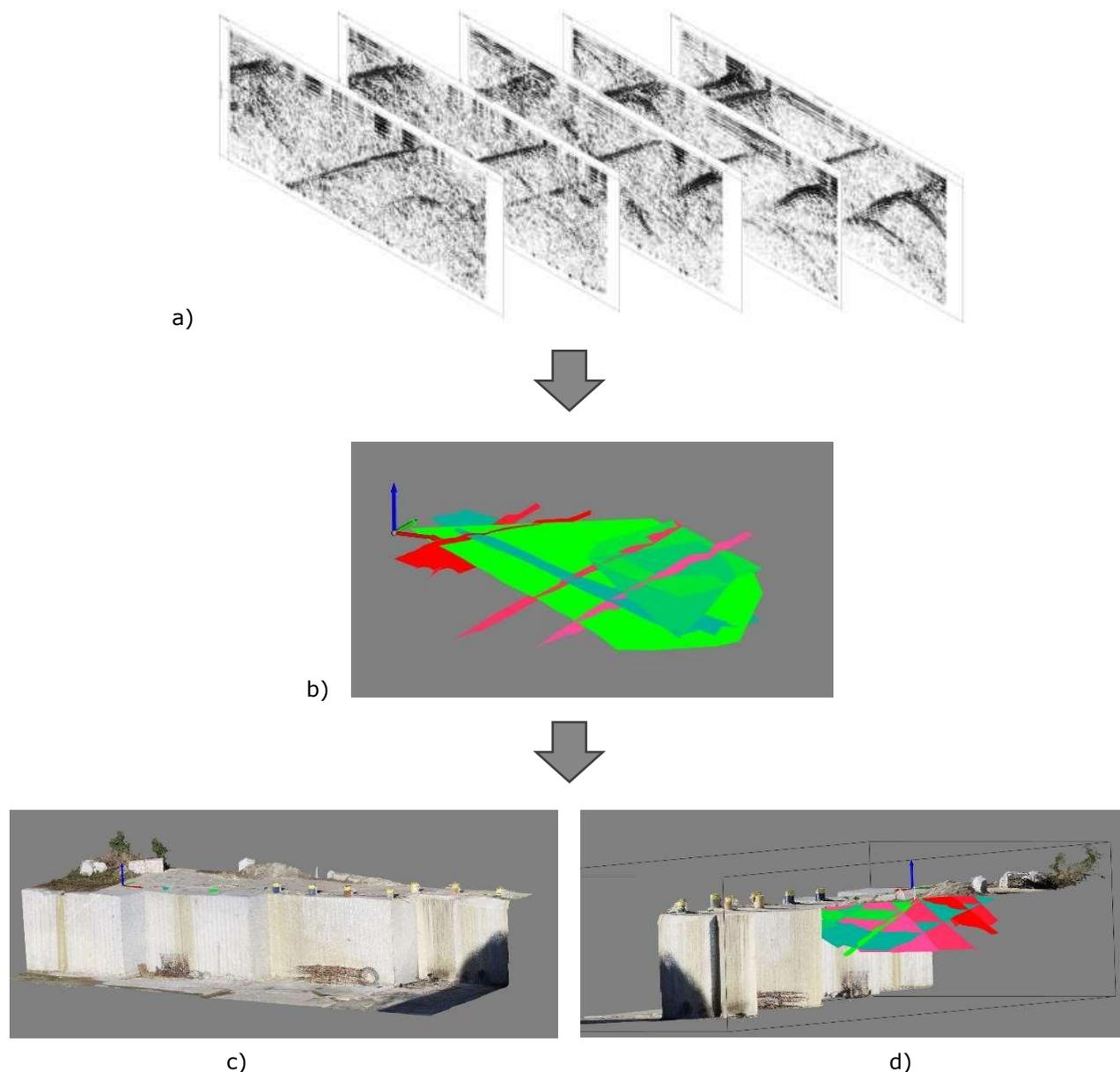


Figura 3 – Esquema geral de processamento de dados: a) radargramas, b) modelo digital 3D de planos de fracturação e veios, c) e d) integração do modelo 3D de planos de fracturação com o modelo digital 3D da superfície da pedra.

Foi verificado que o georadar detetou veios de quartzo e discontinuidades, sendo identificados pela intensidade do sinal, bem como a orientação dos veios. A deteção destes veios é importante, porque muitas vezes são impercetíveis à visão humana. A não perceção destes veios e/ou discontinuidades não permite antecipar zonas de menor produção, originando uma perda drástica de valor económico da pedra, por não se obterem blocos com dimensão comerciável e/ou apresentarem vários defeitos (manchas escuras, veios com concentração de quartzo, etc.).

Esta abordagem permite ao dono e ao responsável técnico da pedreira terem modelos de previsão 3D georreferenciados de qualidade da pedra, bem como da volumetria associada. Apresenta-se como uma boa ferramenta de gestão do recurso natural, bem como a mitigação de eventuais situações de perigosidade devido à presença de falhas eventualmente perigosas.

2.5 - Validação

Os resultados obtidos por georadar foram comparados com a fotografia aérea da frente de pedra estudada. Verifica-se que os planos de fracturação mais abertos são mais visíveis, enquanto os planos de microfracturação e veios de quartos são maioritariamente imperceptíveis, exceto em condições muito especiais. A Figura 4 apresenta a comparação do radargrama mais próximo da beira da frente de pedra (afastado de 1m) com a fotografia aérea. Verifica-se que existe uma forte correlação entre as imagens, o que valida a aplicação de georadar para deteção de planos de fracturação em pedreiras de granito.

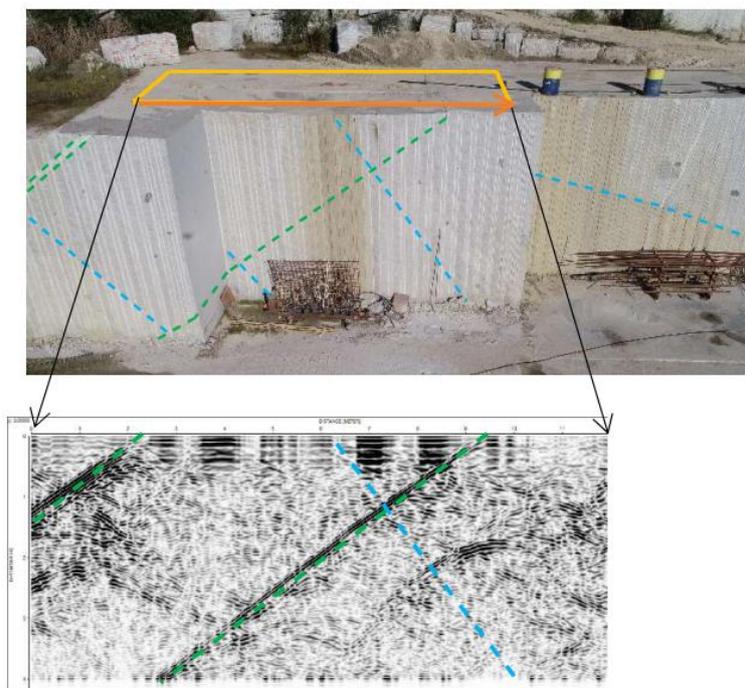


Figura 4 - Comparação entre fotografia aérea e radargrama mais próximo da frente de pedra (1 m de afastamento), e identificação dos principais planos de fracturação.

3 - CONCLUSÕES

A aplicação do método de georadar na frente de uma pedra de granito em Évora foi bem-sucedida. Detetou-se que os principais planos de fracturação, bem como outros planos de microfracturação e veios de quartzo. Durante este trabalho foi desenvolvida uma nova forma de visualizar os planos de fracturação num referencial tridimensional digital, onde os planos de fracturação foram enquadrados geograficamente e topograficamente através do modelo digital 3D realizado com drone. A combinação destas técnicas (georadar mais mapeamento 3D com drone) permitiu a calibração do modelo 3D de georadar, bem como a melhoria significativa da interpretação dos resultados de georadar. A vantagem desta aplicação irá permitir ao dono e responsável técnico da pedra terem modelos de previsão 3D georreferenciados de qualidade da pedra bem como da volumetria associada. Em suma, esta tecnologia é uma boa ferramenta de gestão do recurso natural bem como de mitigação de eventuais situações de perigosidade.

REFERÊNCIAS

- Carvalhosa, A. (1983). Esquema geológico do Maciço de Évora. *Com. Serv. Geol. Portugal*, 69, pp.201-208.
- Carvalhosa, A., Zbyszewski, G. (1994). *Carta Geológica de Portugal 1:50.000 - Notícia explicativa da folha 35-D, Montemor-o-Novo*. Instituto Geológico e Mineiro, 86 pp.
- Carreon-Freyre, D. C., Cerca, M. (2006). Delineating the near-surface geometry of the fracture system affecting the Valley of Querétaro, Mexico: Correlation of GPR signatures and physical properties of sediments. *Near Surface Geophysics*, 4(1), pp. 49-55.
- Pereira, Z., Oliveira, J. T. (2003). Estudo palinostratigráfico do sinclinal da Estação de Cabrela: implicações tectonostratigráficas. *VI Congresso Nacional de Geologia*, UNL, Lisboa, pp. 118-119.
- Theune, U., Schmitt, D. R., Sacchi, M. D. (2005). Mapping fractures with GPR at Turtle Mountain. *CSEG annual convention*, CSEG, Calgary.