

ANÁLISE DE MACIÇOS CRISTALINOS EMPREGANDO O GEO-RADAR (GPR)

Marco Antonio Barsottelli Botelho

Professor adjunto – Centro de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica e Geologia – Universidade Federal da Bahia. Rua Augusto Viana, s/n – Canela – 40.110-060 - Salvador - BA

RESUMO

A técnica do Radar de Penetração no Solo (GPR) pode ser aplicada em maciços rochosos de origem magmática, passíveis de exploração comercial como rochas ornamentais, com o objetivo de obter informações sobre a distribuição espacial das fraturas e veios. Estas informações sobre as heterogeneidades internas do corpo rochoso provaram ser muito úteis no posicionamento da frente de lavra e na orientação da extração dos blocos de rochas ornamentais com máximo rendimento econômico. As seções de radar com afastamento constante são migradas em profundidade, para em seguida interpretar-se o sistema de fraturas e a porção correspondente ao corpo de rocha contínuo e maciço, que fornece o volume que pode ser explorado economicamente. A determinação espacial dos planos de fraturas bem definidas, bem como sua direção e inclinação, servirá para definir o plano de lavra para extração dos blocos.

INTRODUÇÃO

Na indústria das rochas ornamentais o termo granito designa comercialmente tanto rochas magmáticas como rochas metamórficas, compostas principalmente por silicatos, que permitam a obtenção de blocos padrões e posteriormente a serragem em chapas e, o polimento.

Os corpos de rochas graníticas nem sempre são maciços cristalinos contínuos. Muitas vezes a ação intempélica gera grandes corpos isolados de rocha sã (*boulders*), os quais são separados entre si por rochas alteradas pelos agentes atmosféricos ou mesmo por camadas de solo. Seja qual for o caso, a avaliação do volume de rocha sã que pode ser explotada segundo o procedimento clássico tão bem detalhado no trabalho de Bradley e Musetti (1996), pode ser feita com segurança, a partir dos dados do levantamento da área com GPR (*Ground Penetrating Radar*).

O emprego de GPR para detectar fraturas em corpos de rochas magmáticas já tem registro na literatura desde o início desta década (vide os trabalhos de Siggins, 1990; Friedel et al., 1991 e, ainda, o de Tillar e Sylvier, 1994). Entretanto, a aplicação do GPR para estudar corpos rochosos com o objetivo de auxiliar no processo de lavra somente surgiu nos meados desta década, como pode ser visto nos trabalhos de Dubois (1995) aplicados ao estudo de depósitos calcáreos; no de Serzu et al (1996), que integra levantamentos de superfície com levantamentos interpoços, e ainda, no trabalho de Grasmueck (1996) que emprega levantamentos 3-D para imagear fraturas em gnaisses.

No Brasil, existe o trabalho de Botelho et al (1996) que emprega o GPR para detectar cavernas e estruturas de dissolução no Calcário Caatinga, extraído como rocha ornamental com o nome fantasia “Mármore Travertino”, no Município de Ourulândia (BA); o trabalho de Botelho e Araújo (1996), que emprega o GPR para detectar fraturas em corpos graníticos e gnáissicos no Município de Baixa Grande (BA); o trabalho de Botelho e Mufti (1998) que aplicou a migração reversa no tempo em dados de radar registrados sobre corpos de rochas calcáreas e, finalmente o trabalho de Botelho et al (1999) que avalia a economicidade de jazidas localizadas nos estados da Bahia e Ceará, ilustrando com estudos de casos onde há intenso fraturamento o que torna a lavra inviável e, onde as fraturas não prejudicam o aproveitamento econômico.

A PESQUISA

O levantamento dos dados de GPR foi realizado no maciço de nome “Guariba”, localizado a 40km da cidade de Itaberaba estado da Bahia, no limite com o Município de Rui Barbosa.

O levantamento foi realizado com antenas de 200 e 400 MHz, efetuando-se a leitura de cada traço, ou scan, a intervalo de 3cm. Os traços foram registrados com um número de 512 ns amostras, com um tempo máximo de registro de 7,0 ns para a antena de 400 MHz e de 200 ns para a antena de 200 MHz.

Foram levantados dezesseis (16) perfis empregando a antena de 400 MHz, sendo treze (13) na direção E-W e três (03) na direção N-S. Os radargramas obtidos com a antena de 400 MHz investigaram até uma profundidade de 5,0m e a antena de 200 MHz investigou até 13,0 metros de profundidade.

Um procedimento clássico para investigar um maciço rochoso inclui inicialmente um levantamento topográfico de toda área, para que se possa estabelecer uma malha retangular ou quadrada, sobre a qual serão levantados todos os perfis de GPR. Recomenda-se que o levantamento com GPR inicie usando antenas de 100 MHz, com objetivo de investigar as macrofraturas de alívio, comuns nos maciços graníticos do nordeste do Brasil, as quais podem apresentar uma espessura média de 5 cm, podendo ser detectadas até uma profundidade de aproximadamente 30 m. As antenas de 200 MHz servem para investigar fraturas médias (1 cm de abertura), podendo-se investigar até uma profundidade média de 15 m. Finalmente, a antena de 400 MHz irá investigar o fraturamento mais fechado (abertura inferior a 0,5 cm), entretanto, a profundidade máxima de investigação está em torno

de 8 m. Vale esclarecer que as condições intempéricas da parte superficial do maciço rochoso, bem como, a possível cobertura eluvionar ditam a profundidade de investigação em função da condutividade destes materiais intemperizados. Quanto maior for a condutividade elétrica menor será a profundidade de investigação, em função da atenuação do pulso eletromagnético. Vide Davis & Annan (1989).

RESULTADOS

Na pesquisa do maciço de Guariba foi utilizada antenas de 200 e 400 MHz, sendo que nesta etapa inicial investigamos todo o maciço com a antena de 400 MHz o que nos garantiu uma análise completa das condições de fraturamento até a profundidade de 7,5m.

Os radargramas gerados com a antena de 400 MHz revelaram um grande plano de fratura na porção S-W do maciço, apresentando um mergulho de 5° na direção S. O qual se estende por 32m na direção N-S (ver figura 01, em anexo) e 20m na direção E-W (ver figura 02, em anexo). Os dois radargramas apresentados nas figuras 1 e 2, em anexo, ilustram o comportamento do citado plano de fratura ao longo das direções N-S e E-W. Podemos ver que ele tem uma área restrita na porção S-W da área, e ainda que o fraturamento vai fechando no sentido de W para E e no sentido de N para S.

A segunda etapa da pesquisa foi o levantamento com a antena de 200 MHz objetivando investigar maiores profundidades. O emprego da antena de 200 MHz permitiu investigar até a profundidade de 14,5 metros onde pode-se observar que há outros planos de fraturas inclinados (ver figura 3, em anexo), os quais chegam a atingir a profundidade de 14,0m. Vale ressaltar que há porções no maciço que fornecem um pacote de rocha com 6,0m de espessura que são passíveis de serem exploradas na extração de blocos como rocha ornamental. Considerando aspectos topográficos e de acesso um plano de fratura como o mostrado na figura 3 pode muito bem funcionar como um plano de indicação na lavra para extração dos blocos, evitando assim o perigoso fogo sem orientação.

BIBLIOGRAFIA

- Botelho, M.A.B., e Araújo, F.F., 1996, Emprego do radar para detecção de fraturas em corpos graníticos, Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, V.2, 391-393.
- Botelho, M.A.B., e Araújo, F.F.S., e Vicente, H.F., 1996, Detecção de cavernas e estruturas de dissolução em rochas carbonáticas usando radar (GPR), Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, v.2, 388-390.
- Botelho, M.A.B., and Mufti, I.R., 1998, Exploitation of limestone quarries in Brazil with depth migrated ground-penetrating radar data, 68th S.E.G. Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, v.2, p.898-903.
- Botelho, M.A.B., Cerqueira Neto, J.X., e Aranha, P., 1999, Estudos sobre a Economicidade de Jazidas de Rochas Ornamentais empregando o Geo-Radar (GPR), VI CISBGf, SBGf 241, 4 pags.
- Bradley, F., and Musetti, C., 1996, Analysis of the Business Management of a Stone Company – Part I, Rivista MarmoMacchine International, 13/96, 78-110.
- Dubois, J.C., 1995, Borehole radar experiment in limestone: Analysis and data processing, First Break, 13, n° 02, 57-67.
- Friedel, M.J., Jessop, J.A., and Rhill, R.E., 1991, Igneous rock mass fracture delineation using common offset radar reflection, 61st Annual Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 504-506.
- Grasmueck, M., 1996, 3-D ground-penetrating radar applied to fracture imaging in gneiss, geophysics, 61, n° 04, 1050-1064.
- Serzu, M., Street, P., Lodha, G. and Stevens, K., 1996, Characterization of a moderately fracture granitic rock using single-hole radar reflection, cross-hole radar tomography, and ground-penetrating radar at AECL's underground research laboratory, Pinawa, Manitoba, 66th, Annual Internat. Mtg., Soc. Exp. Geophys., Expanded Abstracts, 912-915.
- Siggins, A.F., 1990, A radar investigation of fracture in a granite outcrop, Expl. Geophys., 21, n° ½, 105-110.
- Tillard, S., 1994, Radar experiments in isotropic and anisotropic geological formations (granite and schists), geophys. Prosp., 42, n° 06, 615-636.

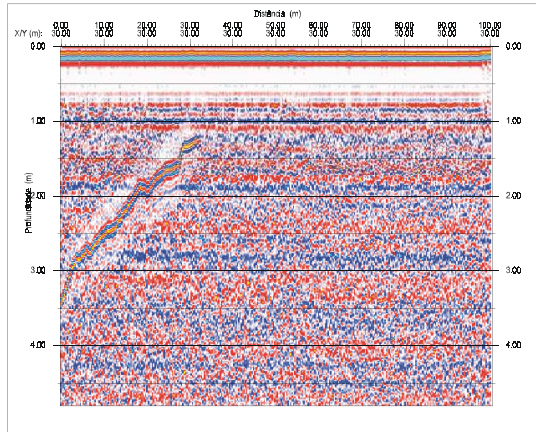


Figura 1: Radargrama com afastamento constante levantado com a antena de 400 Mhz na direção S - N. Observe o grande plano de fratura que se estende por 32m ao longo do levantamento mergulhando para S.

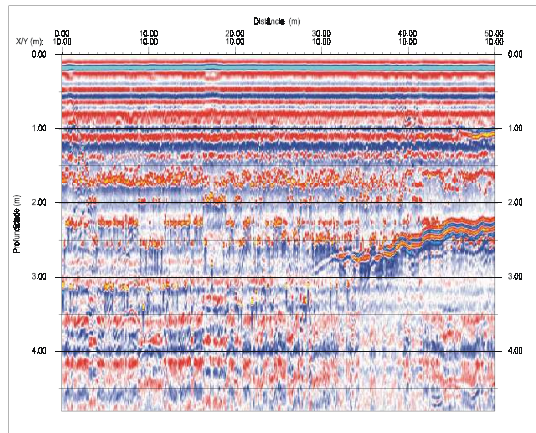


Figura 2: Radargrama levantado na direção E-W com antena de 400 MHz cruzando o radargrama da figura 1 na posição de 10m. Observe o fechamento

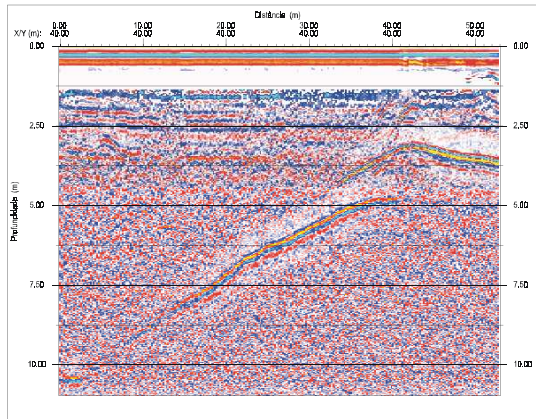


Figura 3: Radargrama com afastamento constante levantado empregando a antena de 200 Mhz, na direção E-W, perpendicular ao radargrama da figura 1. Podemos observar um grande plano de fratura que divide a área em duas partes: a porção E acima do plano de fratura e a porção W abaixo deste ambas as partes estão aparentemente livre de fratura. Entretanto, a porção superior (0 e 2,5 m) apresenta hipérbole de difração indicativas de fraturamento restrito e subvertical, as quais revelam uma velocidade de propagação de 0,12 m/ns, o que torna possível converter o radargrama de tempo para profundidade.