



## RADAR DE PENETRAÇÃO DE SOLO (GPR) E GAMAESPECTOMETRIA NA ILHA DO CATALÃO (CIDADE UNIVERSITÁRIA-UFRJ-BRASIL)

Elaine Neri de Souza (BCMT,UFRJ)\*, Gleide Alencar Nascimento Dias (IGEO,UFRJ) e Dr. Miguel Ângelo Mane (UERJ)

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Resumo

O Radar de Penetração no Solo (GPR) na Ilha do Catalão, na Cidade Universitária (Fundão), no RJ, Brasil foram utilizados para analisar a presença de depósitos tecnológicos e a geologia da área. O Catalão está ligado à Cidade Universitária por um tómbolo artificial e a presença de rocha de embasamento são aflorantes. Através do GPR foram adquiridos 6 perfis fazendo um total de 310 m de extensão. Através das seções radargramas foram destacados quatro padrões estruturais, de 0.0 a 2.5 m de profundidade com maior quantidade de areia do que argila o qual caracteriza a presença de múltiplas, a presença de variações estruturais dentro desse limite é caracterizado pelas variações no solo na superfície do terreno como pequenas depressões ou por área mais porosa. De 2.5 m a 6.0 m maior quantidade de argila do que areia o qual caracteriza a presença marcante das múltiplas. De 6.0 m a 10.0 m estruturas que caracterizam o embasamento alterado e a partir de 10.0 m embasamento não alterado. Todo o percurso realizado com o GPR não foi verificado a presença de depósito tecnógeno. Através do gamaespectrômetro foram adquiridos 19 medidas ao longo do percurso de 500 m sendo possível obter três litologias, sendo os últimos cinco pontos correlacionados com as linhas de aquisição dos dados de GPR com região de grandes proporções de variações intempéricas e região com significativa presença de rochas félsicas.

### Introdução

Os depósitos tecnógenos são ambientes formados pela utilização de técnicas criadas pelo homem seja de forma direta (aterros), como de forma indireta (deslizamentos provocados pela retirada de cobertura vegetal), (Oliveira *et al.* 2005). Nas trilhas de acesso à Ilha nota-se uma homogeneidade de feições geomorfológicas, na

bifurcação da trilha onde foram realizadas as aquisições dos dados é visível a presença de afloramentos, estes são basicamente granitóides. A presença destas rochas evidencia a proximidade do contato entre feições de alterações antropogênicas e a formação original do local. A ilha da Cidade Universitária, foi criada a partir da aplicação de aterro a um arquipélago de oito ilhas durante a construção do *campus* a partir de 1950, sob ordens de Getúlio Vargas, já que até então a cidade era o Distrito Federal. Na extremidade norte do conjunto de ilhas se formou a Cidade Universitária e o Parque da Mata Atlântica da UFRJ fica na antiga Ilha do Catalão.

### Geologia

A Ilha do Catalão tem uma área de 17 hectares e cerca de 540 m na direção NE-SW e 330 m na direção NW-SE, com altitude máxima de 18 m acima do nível médio do mar. O Catalão está ligado à Cidade Universitária por um tómbolo artificial. A ilha é formada principalmente por biotita gnaisses, cortado por diques métricos de granito fino rosado. Possui foliação bem marcada na direção regional NE-SW, com mergulho médio de 30° para SSE. Compreende um ortognaisse que apresenta enclaves deformados de biotita (Mozart & Carvalho, 2014). Os aterros são constituídos por areias dragadas da Baía de Guanabara e solos de alteração de Gnaisses e migmatitos provenientes do desmonte da Colina do Fundão (Santos *et al.*, 2000).

De acordo com Mendonça-Santos (2007), na Ilha do Fundão foram mapeados e descritos cinco tipos de solos classificados de acordo com a avaliação do grau de fertilidade das amostras de aterros e/ou solos coletadas. Os cinco tipos são aterro solódico ou não (AT1), aterro com calhaus a 20 cm (AT2), aterro com calhaus a 60 cm ou 80 cm (AT3), aterro gleizado (AT4) e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto (PVAe) (Figura 1).

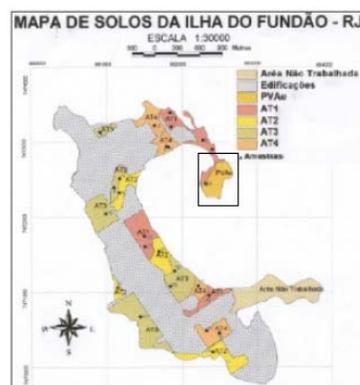


Figura 1 - Mapa de Distribuição dos solos baseada na avaliação de fertilidade (Santos *et al.*, 2000).

## Metodologia

O *Ground Penetrating Radar* (GPR) é um método geofísico composto por três elementos 1) Unidade de Controle (computador); 2) Antena e 3) Fonte de Energia. A Unidade de controle contém circuitos eletrônicos que disparam o pulso radar que a antena envia para o solo. O princípio físico da técnica do GPR tem a emissão de ondas eletromagnéticas de alta frequência. A propagação da onda eletromagnética é condicionada à frequência de sinal emitido e as propriedades elétricas do meio (permissividade dielétrica, condutividade e permeabilidade magnética). O aumento da condutividade elétrica do meio resulta na atenuação do sinal e, por consequência, na diminuição da profundidade de penetração da onda eletromagnética, (Mori, 2009).

O método geofísico da gamaespectrometria é também fundamentado na captura da radiação natural do meio incluem mapeamento da radiação emitida pelo K, Th e U individualmente e por contagem total de radiação, fornecendo mapas das razões Th/K, U/Th e U/K e a combinação dos três canais radiométricos em um mapa com escala ternária. Permite verificar o meio apenas superficialmente em 30 cm de profundidade. O método gamaespectrométrico pode ser usada para estudar o material da rocha fonte erodida, sendo uma ferramenta muito importante para a exploração mineral, sendo muito útil na delimitação de unidades geológicas. Na Figura 2 pode ser verificado o esquema de funcionamento do princípio físico do método gamaespectrométrico que capta o sinal dos elementos emissores gama naturais presentes na camada superior dos solos e rochas aflorantes, com uma pequena contribuição da radiação de origem cósmica (Fornazzarineto, 2003).

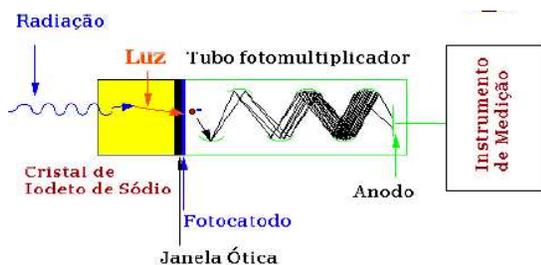


Figura 2 - Esquematisação do funcionamento interno do aparelho de medição.

## Aquisição de dados e resultados

O equipamento utilizado na aquisição dos dados foi o GSSI (Geophysical Survey Systems, Inc) com antena de 200 MHz, não blindada, no modo *common-offset*. Foram obtidas 6 linhas de aquisições (Figura 5) com o total de 57 metros de extensão cruzando as áreas de interface embasamento e depósito tecnógeno.

Para as aquisições dos dados foi utilizado antenas de 40 MHz para estudo de aproximadamente 22 m de

profundidade, a antena tem 240 cm de comprimento, cujo espaçamento *offset* utilizado entre as antenas foi de 1 m e o caminhamento do espaçamento para a aquisição dos dados foram de 0,5 m. Os dados de GPR foram processados no software REFLEXW, versão 4.2 (Sandmeier, 2008) seguindo-se as seguintes etapas: a) *Static Correction*; b) *Subtract-mean (dewow)*; c) *Background Removal*; d) *Bandpass frequency*; e) *Gain - Div. Compensation*. Todos os dados não foram migrados. Além de correção de topografia para algumas seções radargramas.



Figura 3 - Imagem gerada e demarcada no Google Earth, mostra os pontos das linhas do GPR.

Para todas as linhas interpretadas foram utilizadas diferentes formas de visualização dos dados com *color coding* e *gray scale*, além das seções não processadas. Em todas as seções radargramas na parte superficial. Na Figura 6 está disposto apenas uma das seções radargramas sem o processamento dos dados.

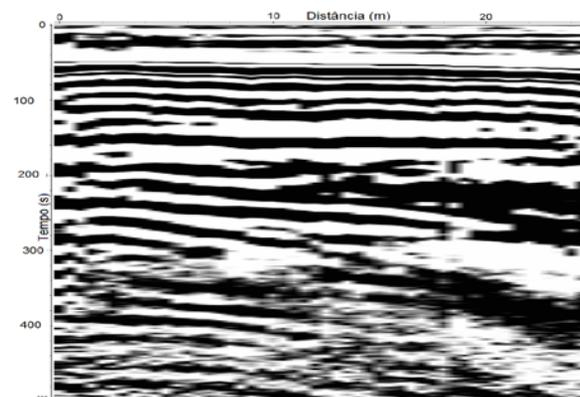


Figura 4 - Linha 01 não processada.

A linha 01 (Figura 5) é possível verificar 3 refletores mais contínuos e fortes (destacado em vermelho). E 2.5 m, 9.0 m e 12.0 ± 2.0 m. Na parte superior da seção radargrama entre 0.0 a 10.0 de distância (seta em vermelho) é possível verificar duas estruturas como forma de depressão do solo, as múltiplas presentes de 0 a 2.5 m são quase que horizontais. Entre 4.0 a 9.0 m praticamente toda a seção também marcada por

múltiplas sub-horizontais. Entre 9.0 a 12.0 m (seta em azul) é possível verificar o encontro de dois refletores. A partir de 9.0 m de profundidade são verificados pequenas estruturas sub-horizontais. A área onde foram adquiridos os dados da linha 01 não possui variação de topografia e nem a presença de afloramentos.

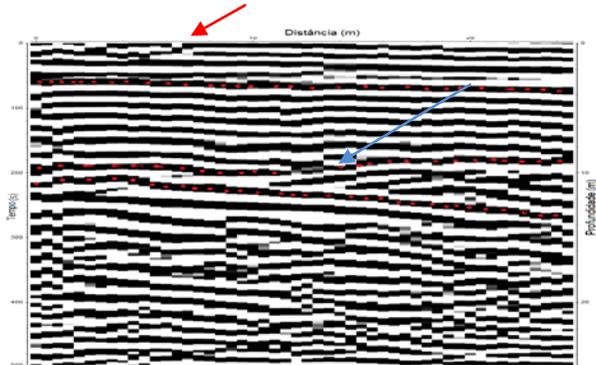


Figura 5 - Linha 01 seção radargrama processada (direção S60W).

Na linha 02 (Figura 6) é possível destacar 2 principais refletores (em vermelho) em 2.5 m e 9.0 metros de profundidade, entre as distancias de 12.0 m a 20.0 m (circulo em laranja) é possível verificar o sentido da inclinação dos refletores da esquerda para a direita na parte superior da seção e da direito para a esquerda entre 2.0 m e 8.0 m de profundidade. A partir de 10.0 m de profundidade não se tem uma definição de estruturas e por visualização com *color coding* é verificado a atenuação dos dados em profundidade. O terreno plano garantiu o acoplamento das antenas.

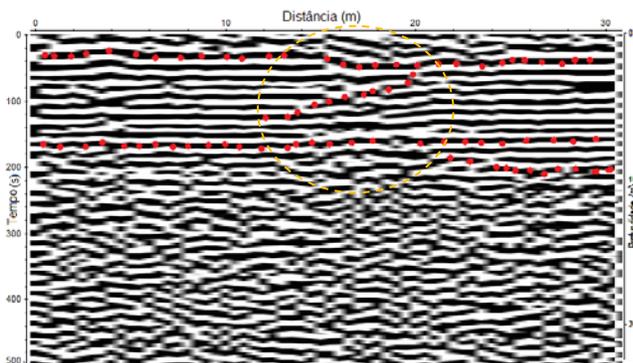


Figura 6 - Linha 02, seção radargrama processada (direção S60W).

A linha 03 (Figura 7) é possível destacar 1 refletor principal (em vermelho) entre 8.0 e 10.0 m de profundidade, em Valério *et al.* (2012) rochas basálticas apresentam forte refletores sendo aqui a característica curva para baixo (seta em azul), são destacados a presença de falhamentos (seta em laranja) pela difração

da onda existente na seção. Entre 20.0 a 30.0 m de distância a um soerguimento dos refletores (seta em verde). A partir de  $9.0 \pm 2.0$  m de profundidade não se tem uma definição de clara das estruturas

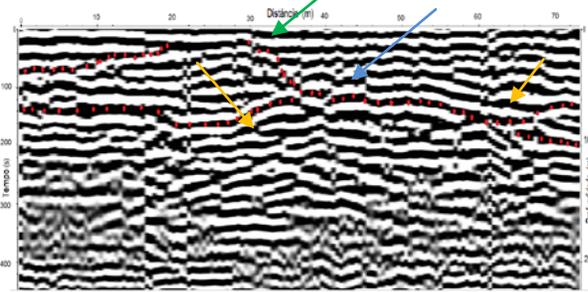


Figura 7 - Linha 03 seção radargrama processada (direção S55W).

Na linha 04 (Figura 18) é possível destacar 2 principais refletores (destacado em vermelho) em  $5.0 \pm 2.0$  m e  $6.0 \pm 1.0$  m de profundidade, entre 2.0 m até 5.0 metros de distancias (círculo em laranja) é verificado a descontinuidade dos refletores na parte superior da seção a esquerda, distúrbio no solo. A partir de  $9.0 \pm 2.0$  m de profundidade não se tem uma definição de estruturas. Próximo as linhas 03 e 04 em superfície são possíveis verificar grandes blocos de rochas (figura 11).

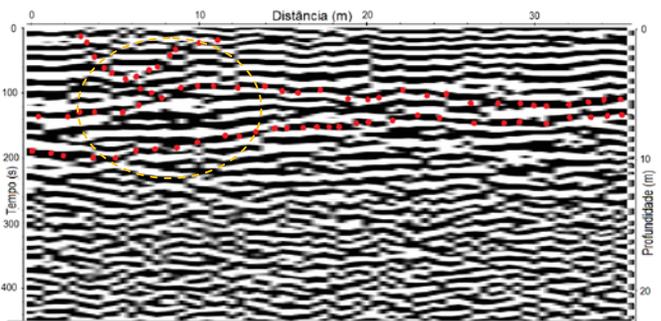


Figura 8 - Linha 04 seção radargrama processada (direção S30W).



Figura 9 - Grandes blocos de rochas podem ser visualizados no percurso das Linha 03 e 04.

Na linha 05 (Figura 10) é possível destacar 2 principais refletores (destacado em vermelho) em  $5.0 \pm 1.0$  m e  $10.0 \pm 2.0$  m. A partir de  $10.0 \pm 2.0$  m de profundidade não se tem uma definição de clara das estruturas. A área possui pequena variação de topografia.

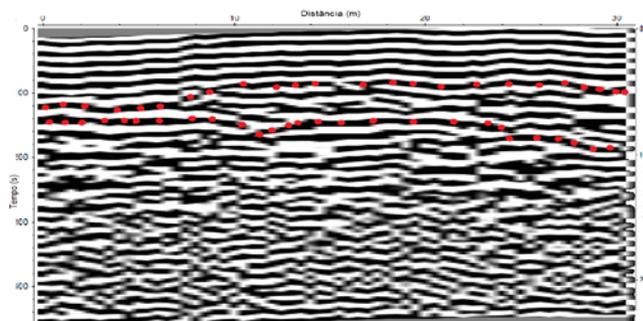


Figura 10 - Linha 05 seção radargrama processada (direção S30E).

Na linha 06 (Figura 11) é possível destacar 2 principais refletores (em vermelho) em  $5.0 \pm 1.0$  m de profundidade, entre 12.0 m até 16.0 metros de distâncias (em laranja) é verificado elevação de encontro dos refletores esse padrão de resposta está associado a erosão no terreno não permitiu um acoplamento das antenas. A partir de  $9.0 \pm 2.0$  m de profundidade não se tem uma definição de clara das estruturas.

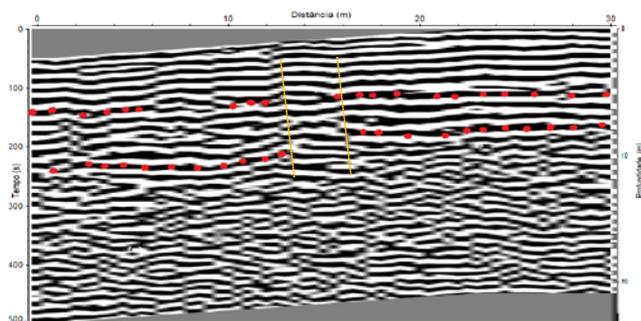


Figura 11 - Linha 06, seção radargrama processada.

Os dados foram georreferenciados por um GPS (*Global Positioning System* - tipo Garmin) o qual se manteve em posição estática por 14 minutos antes de se iniciar a marcação de cada ponto de aquisição dos dados da gamaespectrometria. Esses foram adquiridos com o equipamento gamaespectrômetro BGO-Super-SPEC RS 230. Para cada aquisição de dados o equipamento foi colocado na superfície do terreno para estabilizá-lo (cerca de 2 min) e logo em seguida foi realizada a medição dos valores das concentrações de K, eTh e eU destacados no visor das diferentes litologias da área de estudo. Foram estudados 19 pontos na área com extensão de 500 m, sendo os primeiros nove pontos

espaçados de 10 m e os demais separados de aproximadamente 41 m (figura 12).

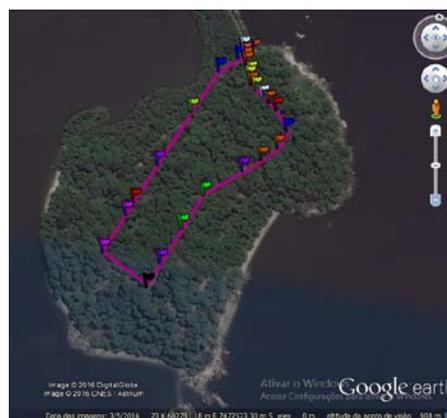


Figura 12- Imagem gerada e demarcada no Google Earth, mostra os pontos das medidas do gamaespectrômetro.

Na figura 13 Foi verificado maiores concentrações de eTh que é o mais inerte dos três, se tornando um bom marcador litológico e a abundância desse elemento maior que os outros dois indica região de grande intemperismo químico; já as taxas de eU e K se apresentaram mais contínuas em menores proporções quando comparados com o eTh. Segundo os valores adquiridos pela aquisição (expressos no gráfico) foi possível fazer-se a distinção entre três litologias: a) Aterro (2.3-2.6K%), (1.6 – 2.5 U%), (17.3 – 20.6 Th%); b) Região de grande variação intempérica (1.5 – 3.7 K%) ,(1.3 – 2.7 U%), (20.2 – 37.3 Th%); c) Região com grande quantidade de rochas félsica ((2.6 – 3.3 k%), (2.1 – 2.9 U%), (19.7 – 26.7 Th%), área com grande presença de fragmentos de quartzo. Na figura 13 observa-se alto valor para o tório, o qual esta indicado na figura 12 com uma bandeira de cor preta, esse valor corresponde a ocorrência de uma declividade no perfil onde ocorre um acúmulo de minerais pesados. Os pontos que compreendem da direita do gráfico da linha vertical vermelha, são correspondente também a localização das seções obtidas pelo GPR, indicando grande quantidade de rochas félsicas evidencia a presença do embasamento.

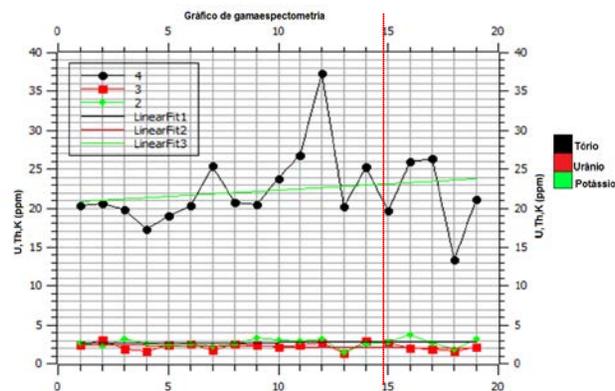


Figura 13 – Gráfico gerado a partir dos dados adquiridos na aquisição

## Conclusão

Todo o percurso realizado com o GPR não foi verificado a presença de depósito tecnógeno. Vale ressaltar que para esta área de estudo não há informações geotécnicas disponíveis. A através das seções radargramas processadas em algumas seções foi observado padrões estruturais com maior quantidade de areia do que argila, argila com areia, embasamento alterado e não alterado. Os dados da gamaespectrometria caracterizaram as áreas em solo (região de grande variação intempérica) e embasamento (região com grande quantidade de rochas félsicas) auxiliando na interpretação dos dados GPR.

## Agradecimentos

Primeiramente a Deus. A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), pelo apoio e colaboração. Ao Horto da prefeitura universitária da UFRJ, pelo apoio e autorização para a entrada no parque do Catalão. A Giseg pela colaboração e segurança. Ao laboratório de física do IGEO juntamente com os meus colega, que ajudaram na realização desse trabalho.

## Referencias

- FORNAZZARINETO F. & FERREIRA F. J. F.** 2003. Gamaespectrometria integrada a dados Exploratórios Multifonte em Ambiente SIG Aplicada À Prospecção de ouro Na Folha Botuverá,SC . Revista Brasileira de Geociências.
- MENDONÇA- SANTOS, M. DE L.; SANTOS, H. G. DOS; DART, R. DE O.; PARES, J. G.** 2007. Mapeamento Digital, Solos. Embrapa Solos.
- MORI G.** 2009. The use of Ground Penetrating Radar and alternative geophysical techniques for assessing embankments and dykes safety. Alma Mater Studiorum Università di Bologna. Doctoral Thesis.
- MOZART M. S. & CARVALHO M. D. S.** 2014. Mapeamento do patrimônio geomineiro identificado na ilha do catalão, cidade universitária / UFRJ. JIC.
- OLIVEIRA, A. M. S. ET AL.** 2005. Tecnógeno: registro da ação geológica do homem. In: SOUZA, C. R. G. *et. al.* (ed.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos.
- SANDMEIER K. J.** 2008. REFLEXW version 4.5 for Windows 9x/2000/NT/XP. Program for the processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. Manual do Software. Karlsruhe.
- SANTOS, R. D. DOS ET AL.** 2000. Projeto Parque Frei Veloso: levantamento detalhado dos solos campus da Ilha do Fundão – UFRJ. 2000. Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, n. 19, p. 69. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2000.
- VALERIO G.; GALLI A.; BARONE P. M.; LAURO S. E.; MATTEI E.; PETTINELLI E.** 2012. GPR detectability of rocks in a Martian-like shallow subsoil: A numerical approach. Planetary and Space Science. Volume 62, Issue 1, March, Pages 31–40.