

CARACTERIZAÇÃO DE CAVIDADES NATURAIS NO PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA (MINAS GERAIS) POR MEIO DA PESQUISA GEOLÓGICO-GEOFÍSICA

CHARACTERIZATION OF NATURAL CAVITIES IN IBITIPOCA STATE PARK (MINAS GERAIS) BY MEANS OF GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL RESEARCH

Andréa Alves Ferreira (1), Pablo Lopes (2), Marcelo dos Santos Salomão (1), Miguel Angelo Mane (1), Mauro Cesar Geraldês (3) & Heitor Cintra (2)

- (1) Departamento de Geologia Aplicada da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (DGAp-FGEL/UERJ), Rio de Janeiro RJ.
 (2) Sociedade Carioca de Espeleologia (SPEC), Rio de Janeiro RJ.
 (3) Departamento de Geologia Regional e Tectônica da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (DGRG-FGEL/UERJ), Rio de Janeiro RJ.

Contatos: afferreira.andrea@gmail.com; pablo_lopes_914@hotmail.com; salomao.mss@gmail.com.

Resumo

O Parque Estadual do Ibitipoca (PEI), no sudeste do estado de Minas Gerais, possui um dos mais expressivos conjuntos de cavernas em quartzito no mundo, com cerca de 40 grutas mapeadas. Estima-se que, em função de suas características geológicas, há a possibilidade de existirem cavidades ainda desconhecidas no PEI. Neste trabalho, por meio da integração das ciências geológica e geofísica, pôde-se investigar o subsolo da região na busca por cavernas e/ou dutos ainda não identificados. As áreas para a investigação geológico-geofísica foram localizadas próximas à Gruta Jacinto Lage. Recentes estudos topográficos nesta caverna mostram uma rede de dutos aparentemente não contínuos. Nos estudos geofísicos foram utilizados os métodos do Radar de Penetração no Solo (GPR) e Eletroresistividade, com capacidade de penetração do subsolo de até 12 metros. O primeiro método baseia-se na propagação de ondas eletromagnéticas; o segundo, na condutividade/resistividade da corrente elétrica no subsolo. Ambos os métodos mostraram-se eficientes, definindo variações composicionais do quartzito (com mica e granulometria mais fina; sem mica e com grão de quartzo maior) e identificando anomalias interpretadas como cavidades.

Palavras-Chave: Cavernas; Geofísica; Mapeamento; Quartzito.

Abstract

Ibitipoca State Park (ISP), in the southeast of the state of Minas Gerais, has one of the most expressive sets of quartzite caves in the world, with about 40 mapped caves. It is estimated that, due to its geological characteristics, a large number of unmapped cavities may exist at ISP. In this work, by means of the integration of geological and geophysical sciences, one may investigate the underground of the region in the search for caves and/or ducts not identified yet. The areas for geological-geophysical investigation were located near Jacinto Lage Cavern. Recent topographic studies in this cave show a network of apparently non-continuous ducts. In geophysical studies, the methods of the Ground Penetration Radar (GPR) and Electroresistivity were used, with a capacity of penetration of the underground of up to 12 meters. The first method is based on the propagation of electromagnetic waves; the second one, on the conductivity/resistivity of the electric current in the underground. Both methods proved to be efficient, defining compositional variations of quartzite (with mica and finer granulometry; without mica and with larger quartz grain) and identifying anomalies interpreted as cavities.

Key-Words: Caves; Geophysics; Mapping; Quartzite.

1. INTRODUÇÃO

O Parque Estadual do Ibitipoca (PEI) é uma Unidade de Conservação situada no sudeste do estado de Minas Gerais, a 258 km da cidade de Belo Horizonte. Possui uma área de aproximadamente 15 km² distribuídos nos municípios de Lima Duarte,

Bias Fortes e Santa Rita do Ibitipoca. O PEI é integrante da Província Espeleológica do Ibitipoca e possui 42 cavidades naturais (cavernas) e seus condutos, predominantemente em quartzitos (SBE, 2016).

As grutas são formadas pela ação da água e dos ácidos presentes, que atuam como agentes erosivos e provocam a dissolução da sílica existente no quartzito. A ação contínua dos agentes erosivos ocasiona o enfraquecimento das partes mais susceptíveis à solubilidade, gerando o abatimento das camadas de rocha desagregadas, acarretando a expansão das cavidades e a formação de grandes salões (NUMMER, 1991).

Em muitas vezes o mapeamento de cavernas e de seus condutos é dificultado pela inacessibilidade, fazendo-se necessário recorrer a outras tecnologias para a investigação em subsuperfície. O Laboratório de Exploração Mineral da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), em parceria com a Sociedade Carioca de Pesquisas Espeleológicas (SPEC), objetivaram caracterizar possíveis cavidades ainda não identificadas por meio da integração das pesquisas geológica e geofísica. Neste trabalho utilizou-se a Ciência Geofísica por meio dos métodos de investigação Radar de Penetração no Solo (*Ground Penetrating Radar - GPR*) e Eletroresistividade. O GPR utiliza ondas eletromagnéticas de alta frequência, que penetram em subsuperfície e identificam materiais com características distintas (condutividade e permeabilidade magnética). O método da Eletroresistividade é uma ferramenta para caracterizar a resistividade elétrica dos materiais, investigando estruturas e fluidos em subsuperfície. As informações provenientes desses métodos foram integradas aos dados geológicos do PEI, contribuindo para o mapeamento de possíveis cavidades naturais.

2. ASPECTOS FISIOGRAFICOS DO PEI

O Parque Estadual do Ibitipoca está situado na serra homônima, com relevo caracterizado por grotas, escarpas e colinas, e exibe altitudes entre 1200 e 1784 metros (MEDEIROS, 2006). As grotas ocupam cerca de 20% do parque e as escarpas (Figura 1) cobrem 16% da área.

Em relação às características pedológicas, destacam-se latossolos, podzóis e cambissolos (NUMMER et al., 2012), distribuídos por aproximadamente 20% da área, sendo o restante do PEI formado por rochas quartzíticas expostas. A vegetação é constituída predominantemente por cerrados de altitude e campos rupestres (RODELA, 1998). O parque está inserido na região das bacias hidrográficas do Rio Grande e do Rio Paraíba do Sul, cortado pelos Rios do Salto e Vermelho e o Córrego do Monjolinho, formando praias, cachoeiras e piscinas naturais (Figura 2).



Figura 1: Escarpa no Parque Estadual do Ibitipoca.



Figura 2: Piscina natural no Parque Estadual do Ibitipoca.

2.1 Características geológicas

O PEI está inserido no Domínio Tectônico Andrelândia, na zona de interferência entre as Faixas Ribeira e Brasília (TROUW et al., 2000). As rochas da região sofreram uma deformação complexa, registrada na composição mineral, no grau de metamorfismo e nas expressivas estruturas geológicas, como zonas de cisalhamento.

De acordo com Corrêa Neto e Baptista Filho (1997), três fases de deformação afetaram as rochas da região, gerando grandes dobras recumbentes na primeira fase, com eixos E-W; uma reorientação parcial das estruturas anteriores por empurrões na direção SE-NW, além de redobramentos, durante o segundo momento; e, na última etapa, dobras suaves concêntricas com eixos NE-SW.

O Domínio Tectônico Andrelândia exibe um embasamento formado por ortognaisses paleoproterozoicos e cobertura metassedimentar de idade neoproterozoica metamorfisada em baixo a médio grau, denominada de Megassequência Andrelândia (PACIULLO, 1997). Heilbron et al. (2004) descrevem que a Megassequência Andrelândia representa diversas sucessões de rochas sedimentares associadas a rochas metaígneas máficas. As rochas mais características correspondem a quartzito grosso com textura

sacaroidal, quartzito fino micáceo e, com menor frequência, biotita xisto. O quartzito ocorre sob duas formas. A mais comum corresponde a quartzito com textura granular, homogênea e granulometria grosseira. Suas espessuras variam de poucos centímetros a 2 metros. A outra ocorrência é observada intercalada com a primeira, em finas camadas (máximo de 30 centímetros), rica em mica (muscovita), foliação bem definida e com granulometria fina. Estes níveis são mais susceptíveis à erosão, formando "degraus" nos afloramentos (SALOMÃO *et al.*, 2015; Figura 3).

2.2 Espeleogênese

As cavernas ou grutas (do latim *cavus*, buraco) têm definições variadas de acordo com a região ou órgão regulador. O conceito usado pela CPRM (2009) qualifica toda cavidade natural em rocha com dimensões que permitam o acesso a seres humanos, e esclarece que as cavernas podem ser classificadas como abrigo, lapa, fosso e abismo, conforme a sua topografia, comprimento e forma.

No desenvolvimento de cavidades naturais existem fases que envolvem ações pretéritas, como dissolução com águas (frias ou quentes), corrosão, desabamentos ou desmoronamentos (CESAD-UFS, 2012). Segundo Fabri e Augustin (2013) as cavernas mais comuns no mundo se desenvolvem em rochas carbonáticas (muito solúveis), formando os relevos

cársticos – próprios de litologias calcárias. Relatam ainda que as rochas siliciclásticas (elevado percentual de sílica) como o quartzito, não constavam, até recentemente, entre as passíveis de formarem feições cársticas, pois são consideradas pouco solúveis.

O termo Carste surgiu a partir dos estudos de Jovan Cvijić, natural da região de Kras, fronteira entre a Eslovênia e a Itália, e era empregado até meados da década de 1980 para indicar somente feições ou formas concebidas pela dissolução de rochas carbonáticas (BENTO *et al.*, 2015). Nos períodos que antecederam a década de 80, se as litologias não fossem predominantemente calcárias, as feições apesar de possuírem características do carste, eram consideradas pseudocarstes (HARDT *et al.*, 2010). Atualmente o termo é auferido a morfologias típicas do carste em litologias que antes não eram consideradas como base para formas cársticas. Para Hardt *et al.* (2010), caracterizar o carste em função exclusivamente da litologia é arbitrário, e defendem que tal formação deve ser definida nos termos dos processos atuantes, da dissolução, do desenvolvimento das formas de relevo e de drenagens características do carste. Segundo Bento *et al.* (2015), em algumas formações do PEI onde a litologia é mais propensa à carstificação, o padrão é denominado de carste quartzítico ou carste em quartzitos.

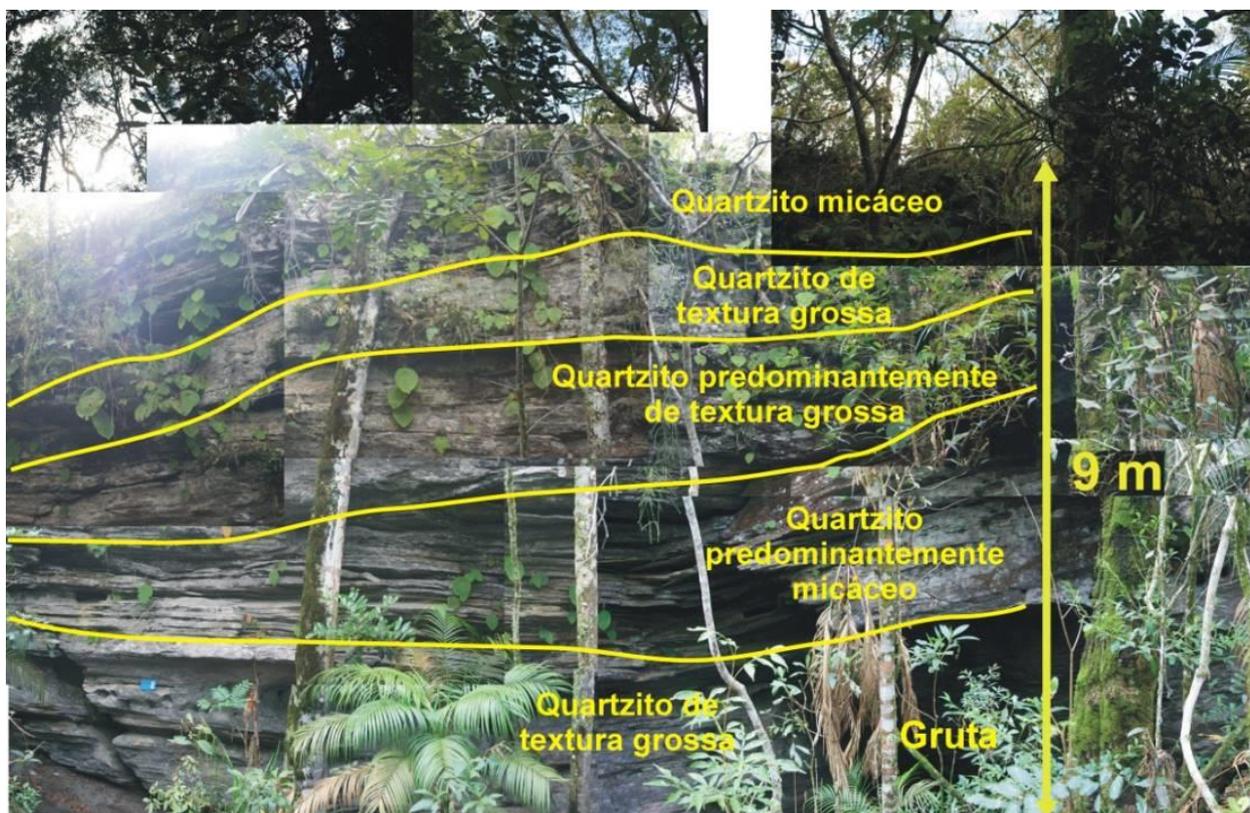


Figura 3 – Intercalação dos níveis de quartzito no Parque Estadual de Ibitipoca.

Nummer (1991) descreve o sistema que compõe o Distrito Espeleológico da Serra do Ibitipoca com os seguintes atributos:

- i) Dissolução regulada pelas estruturas de acamamento e falhamento;
- ii) Predomínio de desmoronamentos em relação à dissolução;
- iii) Existência de grandes salões de abatimento;
- iv) Escoamento subterrâneo sazonal;
- v) Espeleotemas de sílica (SiO₂) pouco desenvolvidos (em escala centimétrica);
- vi) Sedimentação de materiais epígenos (e.g., situados acima) ou hipógenos (e.g., situados abaixo) no piso das grutas;
- vii) Áreas com erosão acentuada pelo fluxo sazonal da água.

Em Ibitipoca, no processo de desenvolvimento de uma caverna, os *pipes* (canais centimétricos a métricos) são formados pela erosão a partir da dissolução de sílica pela água e ácidos, que ao percolarem lentamente o quartzito pelas porosidades estruturais primárias - pela interseção entre fraturas, e interseção entre fraturas e planos de acamamento - passam a convergir os escoamentos de água, aumentando a porosidade. Com o passar do tempo, os *pipes* se alargam por concentrarem os fluxos de água que intemperizam a rocha, formando os condutos (NUMMER et al., 2012).

3 MÉTODOS GEOFÍSICOS

Métodos geofísicos geram dados a partir de informações sobre as propriedades físicas do subsolo, sem a obrigatoriedade de escavação ou de sondagem. A escolha do método a ser usado depende, principalmente, do objetivo que se deseja alcançar e pode ser utilizado em conjunto com um ou mais métodos para corroborarem os resultados.

Dois métodos geofísicos foram utilizados neste trabalho: Radar de Penetração no Solo (*Ground Penetrating Radar* - GPR) e Eletroresistividade.

3.1 *Ground Penetrating Radar* – GPR

O GPR ou Georadar consiste no método geofísico que utiliza ondas eletromagnéticas de alta frequência, entre 10 e 2500 MHz, aplicado na identificação de estruturas, plumas de contaminação, objetos (e.g. tanque de combustível, material arqueológico, etc.) e feições geológicas rasas do subsolo. Este método se assemelha ao método de

reflexão sísmica e ao sonar, em relação ao princípio físico e à metodologia do levantamento de campo, exceto que é fundamentado na reflexão de ondas eletromagnéticas.

O GPR possui profundidade máxima de investigação em torno de 30 metros, limitando o uso deste equipamento em algumas áreas de pesquisa geológica. A profundidade de alcance das ondas eletromagnéticas e a propagação do sinal são dependentes da frequência do sinal emitido (Tabela 1) e de propriedades como condutividade elétrica, permissividade dielétrica e permeabilidade magnética. As propriedades eletromagnéticas dos materiais refletem a sua composição e umidade, controlando a velocidade de propagação das ondas bem como sua atenuação (ANNAN, 1992).

Tabela 1 – Relação entre frequência e profundidade de investigação de algumas antenas de GPR.

Frequência Central (MHz)	Profundidade de investigação no solo (m)	Profundidade de investigação na rocha (m)
25	25	40
50	20	30
100	12	20
200	8	15
500	3,5	5
1000	1,5	3

A condutividade elétrica equivale à habilidade do material em conduzir corrente elétrica (KELLER, 1987) e corresponde à primeira relação constitutiva do meio (Lei de Ohm) e relaciona a densidade de corrente de condução (σ) ao campo elétrico (\vec{E}):

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

Em materiais geológicos simples a relação é aproximadamente linear e a constante de proporcionalidade é a condutividade elétrica (σ). Para investigações rasas é mais comum trabalhar com a unidade mS/m.

A permissividade dielétrica relaciona diretamente o campo elétrico (\vec{E}) com a corrente de deslocamento, ou à polarização (D), e a constante de proporcionalidade é a permissividade dielétrica do material (ϵ):

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

A permeabilidade magnética (μ) relaciona o campo magnético (H) com o campo de indução magnética (B), e corresponde à constante de proporcionalidade. A permeabilidade magnética é obtida de acordo com a relação:

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

Os fatores mais importantes que controlam as respostas GPR em materiais geológicos são as propriedades elétricas. Para materiais com baixa perda de propagação do sinal eletromagnético, o campo EM propaga-se com uma velocidade de fase dada por:

$$v = \frac{C}{\sqrt{k}}$$

onde:

c = velocidade da luz = 2,997 x 10⁸ m/s 0,3 m/ns;

k = permissividade dielétrica ou constante dielétrica dos materiais.

Os padrões de variação nessas propriedades elétricas dos materiais fazem com que parte do sinal emitido seja refletida e a outra parte difratada no subsolo, sendo então recebidas pela antena receptora (Figura 4).

A fração refletida é registrada em razão do tempo de percurso (tempo duplo) e também, amplificada, digitalizada e gravada no disco rígido do computador, que fica com os dados disponíveis para posterior processamento.

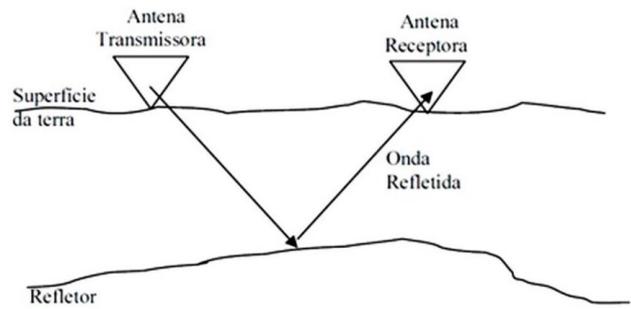


Figura 4: Arranjo das antenas de GPR.

3.2 Eletrorresistividade

Este método geofísico é utilizado para a investigação de estruturas e a presença de fluidos em subsuperfície por meio das variações de resistividade elétrica. Neste método é aplicada uma corrente elétrica artificial (I) injetada no terreno pelos eletrodos (A-B) com o objetivo de medir o potencial gerado (V) em outros dois eletrodos (M-N). O entendimento das relações entre a corrente elétrica e o potencial elétrico possibilitam o cálculo da resistividade aparente no subsolo. (Figura 5).

A eletrorresistividade é amplamente usada na detecção de plumas contaminantes, na investigação do lençol freático, no reconhecimento de estruturas geológicas (solos, rochas, cavernas, zonas de falhas, fissuras e dobramentos), na aferição da resistividade para aterramento e na pesquisa para perfuração e locação de poços.

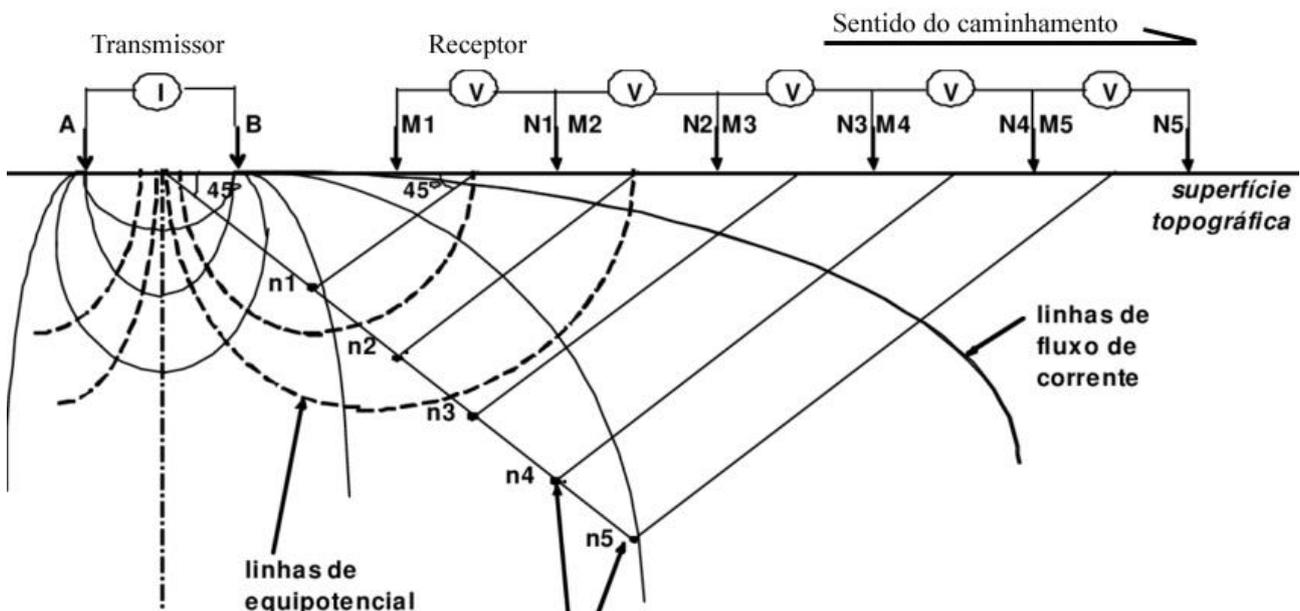


Figura 5: Princípio do método da Eletrorresistividade (PENNER *et al.*, 2008).

4. METODOLOGIA

Para este trabalho foram definidas três etapas de investigação: pré-campo, atividade de campo e pós-campo. A primeira envolve o levantamento bibliográfico das características fisiográficas do Parque Estadual de Ibitipoca, bem como seus aspectos geológicos e espeleológicos. Nesta etapa foram definidos os locais para a investigação geofísica e os métodos adequados. Objetivando caracterizar a resposta geofísica em uma cavidade conhecida e acessível, optou-se pela passagem da primeira linha de aquisição sobre a entrada da cavidade da Gruta Jacinto Lage.

A segunda linha de aquisição geofísica foi traçada paralela à primeira e objetivou caracterizar cavidades não visíveis/acessíveis, com base nas respostas (anomalias) obtidas na primeira linha (Figura 6). As duas linhas de investigação possuem, cada uma, 70 metros de extensão. Os métodos geofísicos escolhidos foram o Radar de Penetração no Solo (GPR) e Eletorresistividade.

dobramentos) em escala de afloramento. Os equipamentos geofísicos utilizados correspondem ao Radar de Penetração no Solo da marca MALA, modelo ProEx, com antenas de 50 e 100 Mhz e Eletorresistivímetro da marca IRIS, modelo Syscal Kid, com 24 eletrodos, disponibilizados pelo Laboratório de Exploração Mineral (LEXMIN) da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

No levantamento de campo usando o GPR utilizou-se o procedimento de afastamento constante, com antenas transmissora e receptora mantidas com uma distância fixa (1m) e constante, sendo transportada passo a passo ao longo da linha, formando uma imagem 2D. Foram utilizadas antenas com frequências de 50 e 100 MHz (Figura 7). O resultado corresponde à imagem (seção) onde o eixo horizontal representa a distância na superfície e o eixo vertical representa o tempo duplo do sinal de GPR (tempo de ida e volta), mostrando as variações das propriedades dielétricas da subsuperfície (reflexões).

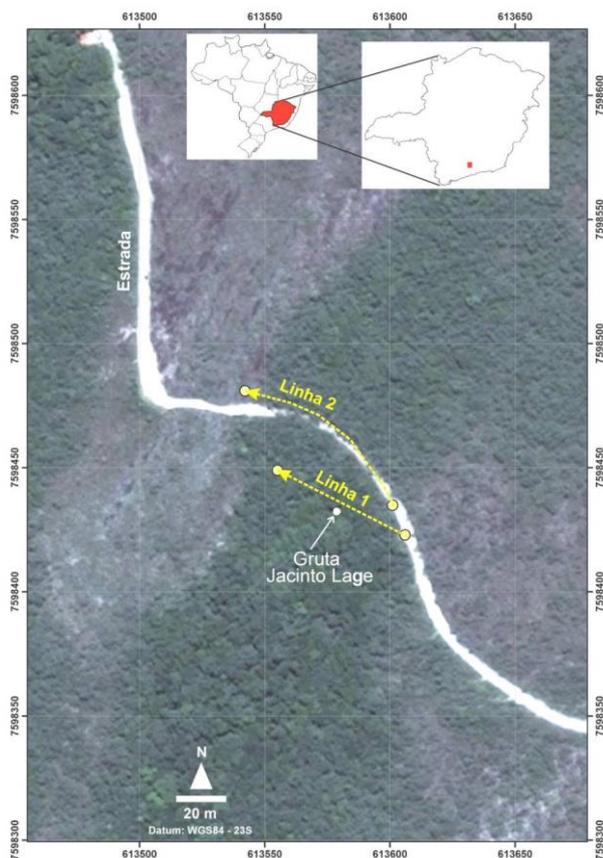


Figura 6: Localização das linhas geofísicas no PEI sobre imagem orbital (Google Earth).

Na segunda etapa foram desenvolvidas as atividades de campo, com investigação geológica e geofísica. A análise dos aspectos geológicos permitiu diferenciar os níveis quartzíticos no pacote metassedimentar e as estruturas existentes (falhas e



Figura 7: Investigação geofísica utilizando o método do Radar de Penetração no Solo no PEI.

Na investigação por Eletorresistividade utilizou-se a técnica do caminhamento elétrico, com arranjo Dipolo-Dipolo, com espaçamento de 3 metros entre os eletrodos e com 9 níveis de investigação.

A etapa pós-campo envolveu a compilação dos dados bibliográficos integrados aos resultados geológicos e geofísicos na área de trabalho. Os dados de GPR foram processados utilizando-se o *software* REFLEX V4.5 da Sandmeier Scientific Software, onde foram aplicados os filtros para refinamento dos resultados visando à integração com as características geológicas. Os dados de eletorresistividade foram processados pelo *software* Res2DInv, da Geotomo Software, gerando as seções de resistividade aparente na unidade Ohm.metro.

5. RESULTADOS

A investigação integrada dos métodos geofísicos com a geologia resultou na caracterização de cavidades até então não mapeadas ou acessíveis. Através das assinaturas geofísicas obtidas na linha sobre a cavidade visível da Gruta Jacinto Lage pôde-se aplicar suas anomalias aos outros trechos da mesma seção (linha 1), bem como da linha 2.

As duas seções de Eletrorresistividade exibem uma camada superficial de alta condutividade (até 20000 Ohm.m) com espessura de até 5 metros (Figuras 8A e 8B). As observações de campo permitiram relacionar esses valores à presença de um solo poroso sobre quartzito micáceo. O quartzito micáceo exibe níveis de resistividade variados, resultado da presença de umidade proveniente da água pluvial.

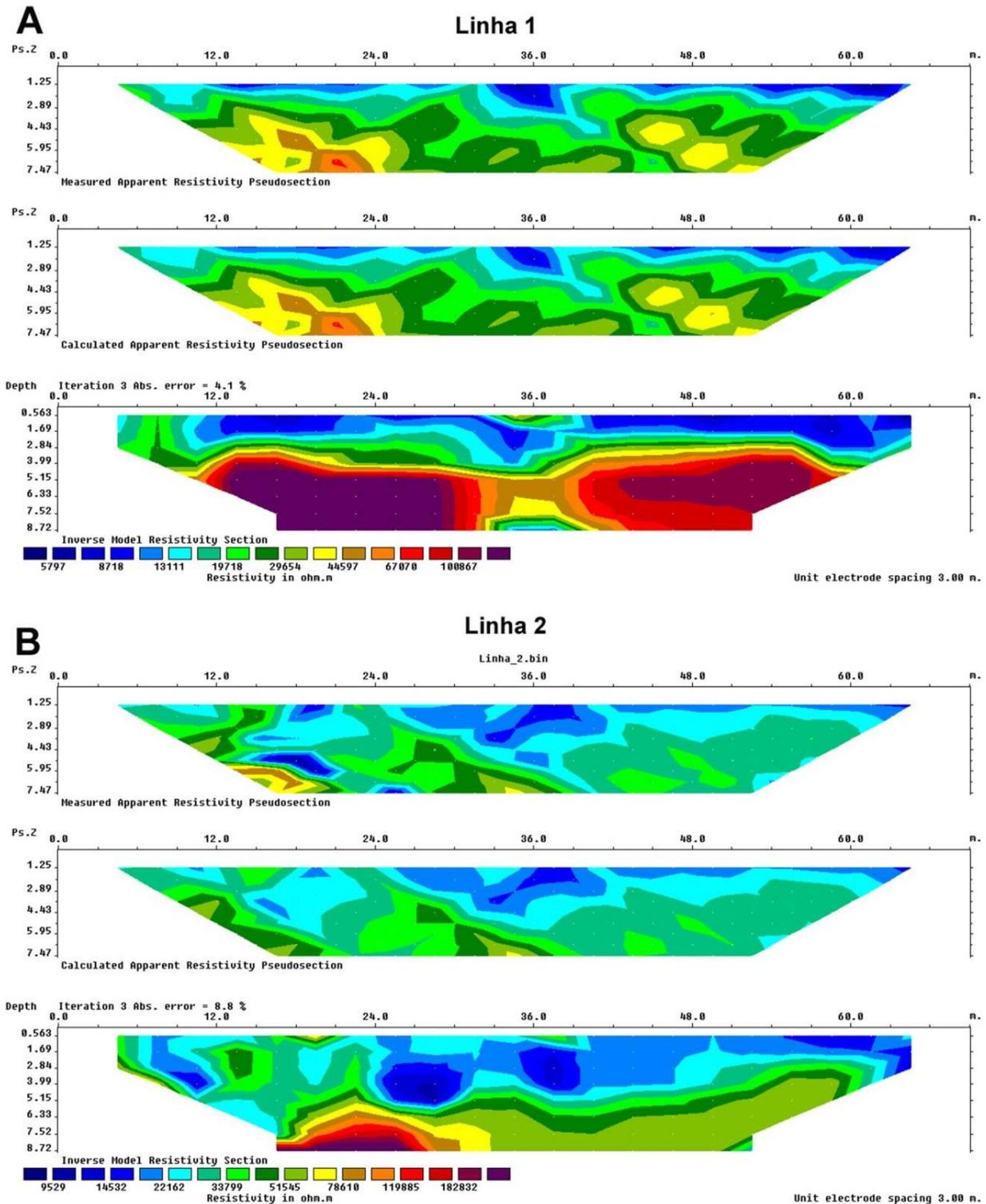


Figura 8: Seções de Eletrorresistividade próximas à Gruta Jacinto Lage. A - Linha 1; B - Linha 2.

A linha 1 (Figura 8A) possui anomalias com valores maiores de resistividade (menor condutividade) em profundidades superiores a 5 metros e aspectos sub-horizontais, interpretadas como níveis de quartzito predominantemente de textura grossa (Figura 9A). Na metade do perfil, aproximadamente a 6 metros de profundidade, ocorre uma anomalia de baixa resistividade associada ao topo da entrada da caverna Jacinto Lage.

A linha 2 (Figura 8B) foi executada passando a nordeste da entrada da caverna Jacinto Lage, visando a investigar a possibilidade de uma continuidade lateral de cavidades e/ou dutos. Seus resultados de eletrorresistividade mostram um pacote de baixa resistividade com espessura de 6 metros. Este pacote é correlacionado à presença de solo com quartzito micáceo, com influência da água pluvial. Um nível de quartzito de textura mais grossa (seco), a 6 metros de profundidade, migra lateralmente para um quartzito micáceo (muscovita), indicado pela diminuição lateral da resistividade (Figura 9B).

As duas seções de GPR foram executadas ao longo das linhas de eletrorresistividade. Seus resultados apontam para a possibilidade de cavidade não mapeada (Figura 10A). Esta possível cavidade está na mesma profundidade da Gruta Jacinto Lage (35 metros) e com assinatura geofísica similar. A propagação do sinal eletromagnético mostrou-se variável em função das características mineralógicas do quartzito (Figura 10A). Na Linha 1 a cavidade acessível da Gruta Jacinto Lage exibiu anomalia de feição arredondada, a cerca de 6 metros de profundidade. Na Linha 2 foram identificadas

variações laterais na composição mineral do quartzito, passando de textura grossa, quase exclusivamente com quartzo, a micáceo. Na Linha 2 não foram identificadas assinaturas associadas à presença de cavidades (Figura 10B).

6. DISCUSSÕES

A integração das ciências Geológica e Geofísica permitiu caracterizar cavidades naturais não acessíveis e/ou mapeadas na região do Parque Estadual de Ibitipoca. Dos métodos utilizados, o Radar de Penetração no Solo mostrou-se mais eficiente na detecção de possíveis cavidades, em função de seu maior poder de penetração no subsolo e pelas características do solo e das rochas da região.

A integração dos métodos geofísicos da Eletrorresistividade e do Radar de Penetração no Solo ao longo de uma mesma linha de aquisição de dados sobre uma cavidade acessível (Gruta Jacinto Lage) permitiu, além da caracterização/assinatura geofísica de cavidades, a diferenciação das camadas de quartzito com mica (muscovita) de outras com granulometria maior e sem mica. O método geofísico da eletrorresistividade contribuiu ainda para caracterizar a presença/ausência de umidade nos níveis quartzíticos.

A possibilidade de novas cavidades na região do PEI estimula as pesquisas geológicas que, integradas aos métodos geofísicos, contribuirão para o entendimento do paleoambiente e dos diferentes mecanismos que tornaram este parque uma referência em Espeleologia.

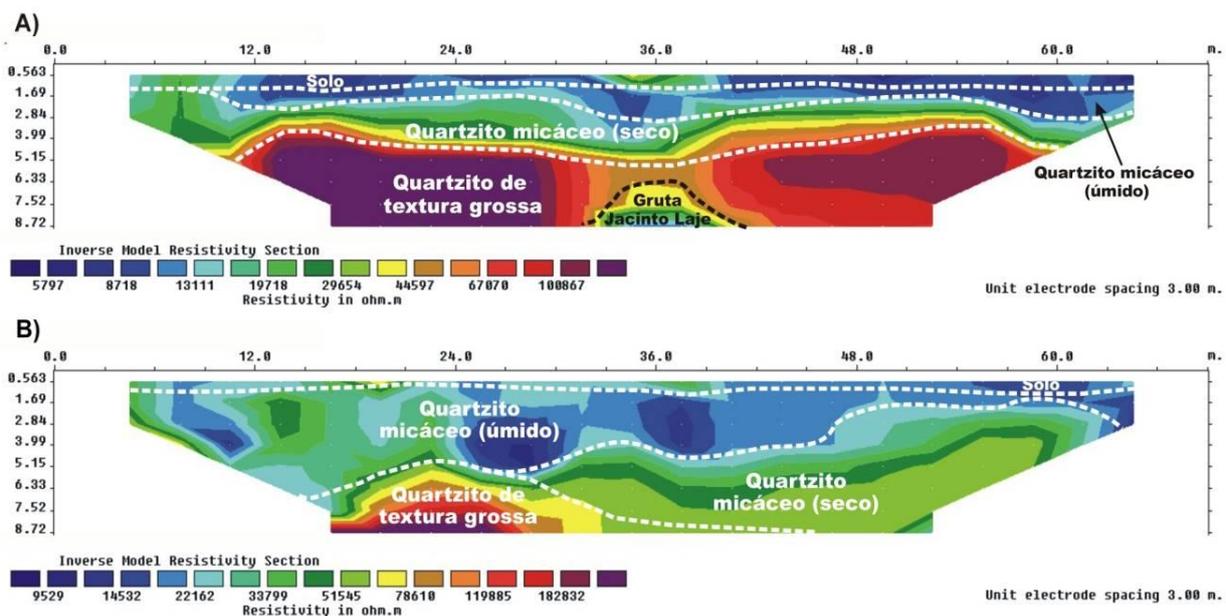


Figura 9: Interpretações geológicas integradas aos dados de eletrorresistividade. A - Linha 1; B - Linha 2.

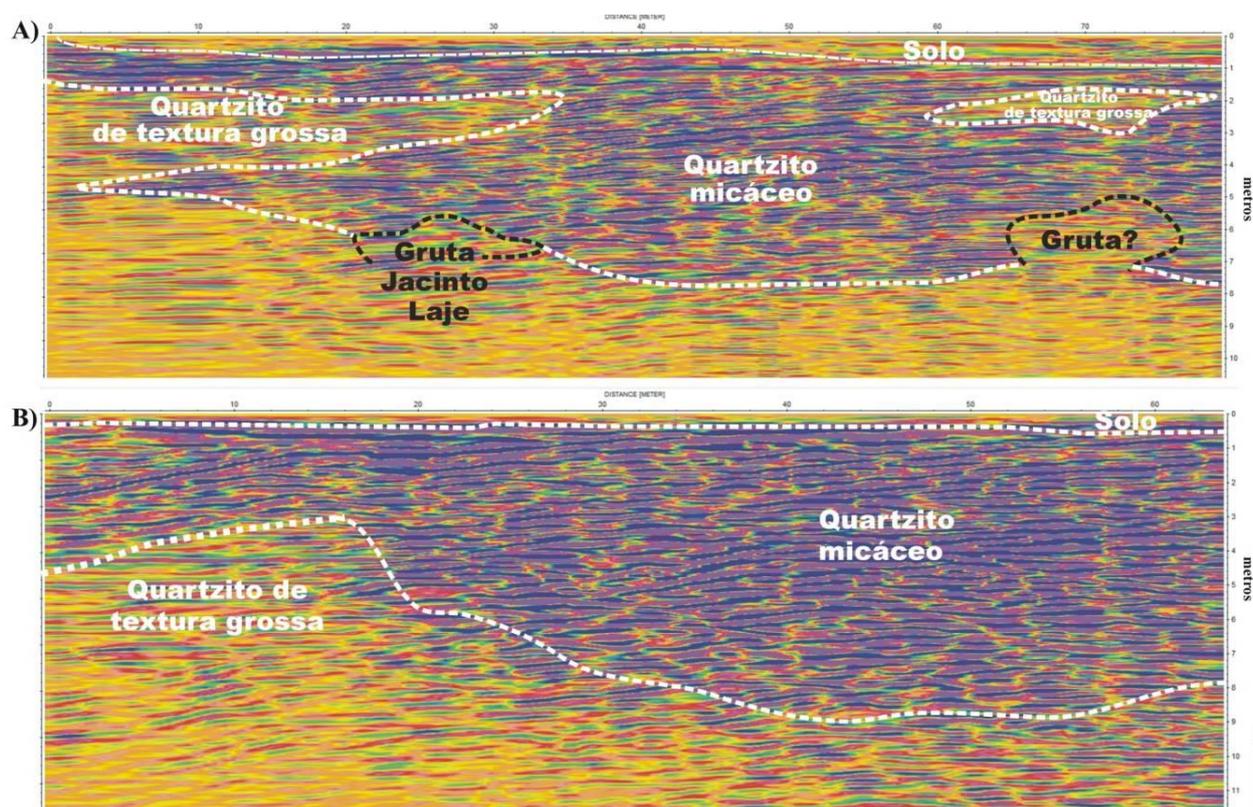


Figura 10: Interpretações geológicas integradas aos dados de Radar de Penetração no Solo. A - Linha 1; B - Linha 2.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Pesquisa em Geotectônica da Faculdade de Geologia da UERJ, pelo apoio logístico nas atividades de campo. E aos gestores do PEI, pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

BENTO; RODRIGUES, Aspectos geológico-geomorfológicos do parque estadual do Ibitipoca/MG: base para o entendimento do seu geopatrimônio. *Soc. & Nat.*, Uberlândia, mai/ago/2013.

BENTO, L.C.M.; TRAVASSOS, L.E.P.; RODRIGUES, S.C. Considerações Sobre as Cavernas Quartzíticas do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil, 2015. *Caminhos de Geografia*- revista online. ISSN 1678-6343.

BRASIL. CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº10, de 1º de outubro de 1993. **Dispõe sobre os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão da Mata Atlântica.** Diário Oficial da união. Brasília. 1993.

CESAD-UFS. **Morfologia Cárstica**, 2012 Disponível em: http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15502516022012Geomorfologia_Estrutural_Aula_9.pdf.

CORRÊA NETO, V; BAPTISTA FILHO, J. *Anuário do Instituto de Geociências* - Volume 20 - PP. 75-87 - 1997.

CPRM. **O estudo das cavernas.** Por Pércio de Moraes Branco. Brasil, 2009.

DIAS, H. C. T; SCHAEFER, C. E. G. R; FERNANDES FILHO, E. I; OLIVEIRA, A. P; MICHEL, R. F. M; LEMOS JR, J. B. Caracterização de solos altimontanos em dois transectos no Parque Estadual do Ibitipoca (MG). *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2003, vol.27, n.3.

- FABRI, F. P.; AUGUSTIN, C. H. R. R. **Fatores e processos envolvidos no desenvolvimento de formas cársticas em rochas siliciclásticas em Minas Gerais, Brasil.** Belo Horizonte, 17 de janeiro - 06 de junho de 2013. Vol. 9, nº 1, 2013.
- HARDT, R.; RODET, J.; FERREIRA PINTO, S.A. **O Carste.** Produto de uma Evolução ou Processo? Evolução de um Conceito. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3,2010.
- HEILBRON M, PEDROSA-SOARES AC, CAMPOS NETO MC, SILVA LC, TROUW RAJ AND JANASI VA. Província Mantiqueira. Cap XIII In: MANTESSO-NETO V *et al.*, (Orgs) **Geologia do Continente Sul-Americano:** Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, p. 203–235 - 2004.
- MEDEIROS, E.V.S.S. **Flora do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil – Família Piperaceae.** 2006. 127p. Dissertação (Mestrado em Botânica), Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro-JBRJ.
- NUMMER, A.R. **Geologia Estrutural.** Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais. Brasil, 1991.
- NUMMER, A.R.; GARCIA, M.G.M.; RODELA, L. G; OLIVEIRA, J.C.L; Belcavelo, R. **Potencial Geoturístico do Parque Estadual da Serra do Ibitipoca, Sudeste do Estado de Minas Gerais.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 35 - 1 / 2012 p.112-122.
- PACIULLO, F. V. P. 1997. **A Sequência Depositional Andrelândia.** Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 245p.
- PENNER, G. C.; SCHULZ, H. E.; ELIS, V. R. **Avaliação de sítio contaminado usando o método geofísico do caminhamento elétrico dipolo-dipolo.** XIII SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, At Belém, PA, Brasil, Volume: 1. 2008.
- RODELA, L.G; TARIFA, J. R. O Clima da Serra do Ibitipoca, Sudeste de Minas Gerais. GEOUSP: **Espaço e Tempo**, n11, p. 101-113, 2002.
- RODELA, L.G. Cerrados de Altitude e Campos Rupestres do Parque Estadual do Ibitipoca, Sudeste de Minas Gerais: Distribuição e Florística por Subfisionomias da Vegetação. **Revista do Departamento de Geografia – USP.** n.12, p.163-189, 1998.
- SALOMÃO, M.; CINTRA, H.; FERREIRA, A.; LOPES, P. Uso de radar de penetração no solo (GPR) na caracterização geofísica do quartzito da Caverna dos Coelho, Parque Estadual do Ibitipoca, MG. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. **Anais...** Campinas: SBE, 2015. p.623-626. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_623-626.pdf.
- SBE. **PROJETO CAVERNAS DO IBITIPOCA – IBITIProCa.** Projeto da Sociedade Carioca de Espeleologia – SPEC. Brasil, 2016.
- TROW, R. A. J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; HEILBRON, M. 2000a. **Interference between the Neoproterozoic Brasília and Ribeira belts, with special emphasis on high pressure granulites.** Pre-Congress Field Trip.31 International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, Fiel TripBft 08, 45pp
- VASCONCELOS, M.F. **Avifauna dos Campos Rupestres e dos Campos de Altitude do Leste do Brasil: Levantamento, Padrões de Distribuição Geográfica, Endemismo e Conservação.** 2009. 229p. Tese (Pós Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre), Universidade Federal de Minas Gerais.

Fluxo editorial:

Recebido em: 30.11.2016

Aprovado em: 24.04.2017



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp
