

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E GEOFÍSICA DA LIXEIRA DE PORTO VELHO (RO)

Adeilton Fernandes da COSTA ¹ & Walter MALAGUTTI FILHO ²

(1) Departamento de Matemática, Universidade Federal de Rondônia. BR 364, km 9,6.

CEP 78900-000. Porto Velho/RO. Endereço eletrônico: adeilton@unir.br

(2) Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista,

Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: malaguti@rc.unesp.br

Introdução
Caracterização da Área
Materiais e Métodos
Materiais
Métodos e Técnicas
Eletrorresistividade
Sondagem Elétrica Vertical
Imageamento Elétrico
Lineamentos Estruturais
Análise Físico-Química e Bacteriológica
Processamento dos Dados
Resultados
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – O município de Porto Velho (RO) gera em torno de 220 toneladas de lixo urbano por dia, os quais são dispostos em área de “lixeira” desde 1993. Este trabalho apresenta os resultados da aplicação do método geofísico da eletrorresistividade, através das técnicas da sondagem elétrica vertical e imageamento elétrico (arranjos Schlumberger e dipolo-dipolo) que foram executadas na área da lixeira da cidade de Porto Velho (RO), com o objetivo de identificar a contaminação do solo e das águas subterrâneas. A geologia sobre a qual está assentado o aterro de Porto Velho é constituída por sedimentos do pleistoceno (argilo-arenosos com concreções lateríticas) assentados sobre rochas graníticas – fraturadas - da Formação Santo Antônio.

Palavras-chave: Eletrorresistividade, imageamento elétrico, sondagem elétrica vertical, resíduos sólidos urbanos.

ABSTRACT – *A.F. da Costa & W. Malagutti Filho - Characterization and structural geophysics at the waste disposal area, in city of Porto Velho (RO), Brazil.* Porto Velho (RO) generates about 220 tons of garbage per day, which used to be disposed of in a dump from 1993. This paper presents the results of the application of the electric resistivity geophysical method, by means of vertical electrical sounding and geoelectrical resistivity imaging (Schlumberger and dipole-dipole configurations), were done at the waste disposal area, in city of Porto Velho, state of Rondônia, Brazil, with the objective to identify the contamination of the subsoil and groundwater. The local geology is constituted by pleistocenic sediments (clay-sandy lithology with lateritic concretionary) overlies granitic rocks of Santo Antônio Formation.

Keywords: Resistivity method, geoelectrical resistivity imaging, vertical electric sounding, solid domestic wastes.

INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado da maioria das cidades brasileiras nas últimas décadas requer cada vez mais a eficiência dos serviços públicos. Na cidade de Porto Velho (RO) como em outras do Brasil, existem graves problemas relacionados com a falta de políticas de preservação ambiental, especialmente para a limpeza urbana.

A disposição inadequada do lixo, resíduo sólido resultante da atividade das aglomerações humanas, constitui-se um desses problemas, e por isso se tornou objeto desta pesquisa. A contaminação do solo ocorre pela infiltração do chorume em disposições inadequadas. O caráter ácido ou lixiviante do chorume, líquido gerado

pela degradação de resíduos orgânicos, pode resultar no ataque aos elementos do solo e rochas (minerais). Na água, a contaminação ocorre por dissolução e diluição dos elementos orgânicos e inorgânicos carregados pelo chorume. Esta contaminação pode atingir as águas subterrâneas influenciando negativamente na qualidade ambiental e na saúde da população (Leite et al., 2004).

Neste estudo foi efetuada uma caracterização do depósito de resíduos sólidos urbanos (lixeira) de Porto Velho, a partir da integração de informações geológicas de campo, análises físico-químicas e bacteriológicas de amostras de águas das nascentes e poços locais, mapeamento de fraturas por meio de fotografias aéreas e em

campo e de dados obtidos em ensaios geofísicos. Foi aplicado o método geofísico de eletrorresistividade, a partir das técnicas de imageamento elétrico (IE) e

sondagem elétrica vertical (SEV), visando à identificação de anomalias existentes no subsolo da área deste depósito.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A lixeira de Porto Velho está localizada no Km 10 da rodovia BR-364 sentido Rio Branco – AC. Distância aproximadamente a 4 km da margem direita do Rio Madeira, a 1 km do Campus da Universidade Federal

de Rondônia - UNIR e a 12 km da zona urbana de Porto Velho. Ao lado da lixeira está situada a comunidade da Vila Princesa, onde moram 193 famílias, que sobrevivem em parte da reciclagem de resíduos (Figura 1).

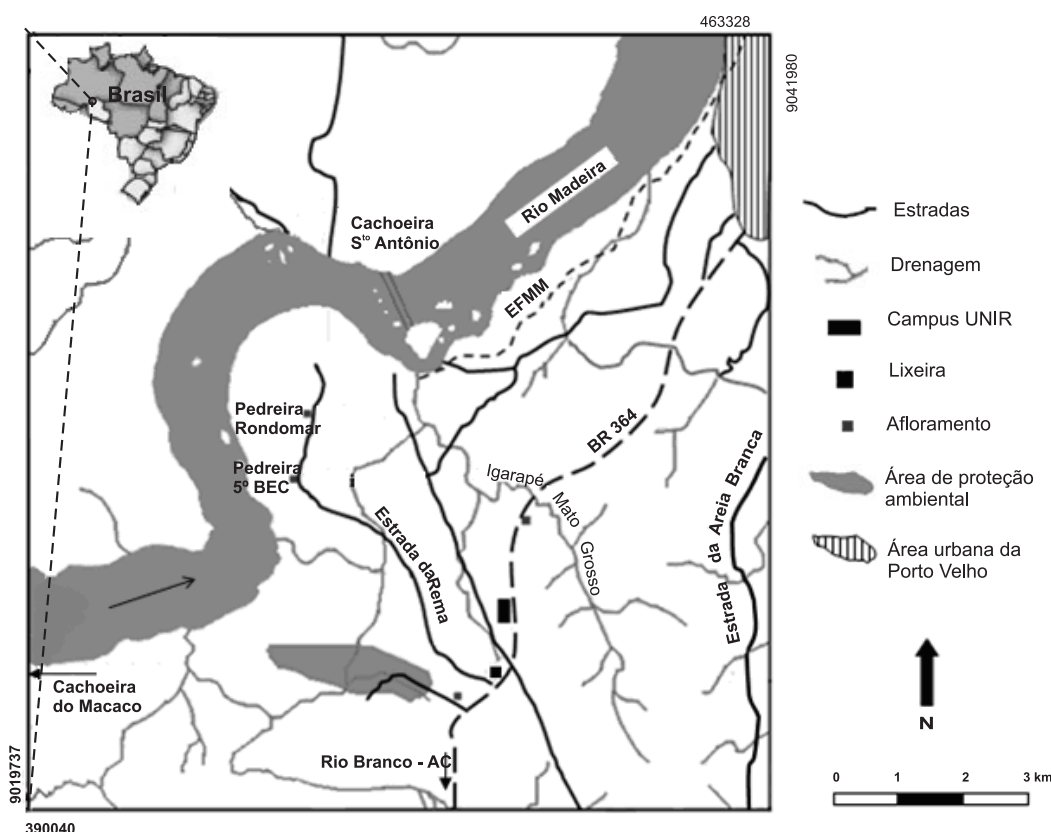


FIGURA 1. Mapa de localização da área de estudo (adaptado de Krebs et al., 1999 e Rizzotto, 2005).

Segundo a Secretaria Municipal de Serviços Públicos (SEMUSP), este depósito teve origem em 1993 como lixão a céu aberto, e a partir de 2004 passou a ser depositado em células e coberto por uma camada de aproximadamente 60 cm de solo, originário da escavação de novas células. A disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados em Porto Velho é feita em uma área total de 51 ha. Desse total, aproximadamente 50% já está ocupado com os resíduos, o restante corresponde à Vila Princesa, um vale com nascentes e por floresta parcialmente nativa (Krebs et al., 1999).

Segundo a classificação de Köppen, o clima de Porto Velho é tropical chuvoso, tipo Aw. Na área ocorrem latossolos espessos, com horizonte concrecionário colunar, desenvolvidos sobre sedimentos argilo-arenosos da Formação Jaciparaná (Pleistoceno) incipientemente consolidados e lateritos imaturos (Pleistoceno). Esta seqüência está sobre rochas graníticas da Suíte Intrusiva Santo Antonio (Proterozóico Médio) afetadas por intenso processo de fraturamento, predominantemente rúptil (Bettencourt et al., 1995).

As referidas litologias afloram com mais frequência no leito do Rio Madeira, principalmente na margem

direita, na cachoeira de Santo Antônio e arredores, assim como nas pedreiras da Rondomar e 5° BEC (Figura 1). No trecho que compreende essas pedreiras há uma predominância de fraturas na direção N45-60E / 90°.

Os dados de fraturas do maciço Santo Antônio, coletados em afloramentos no trecho do rio Madeira, entre as cachoeiras do Macaco e Santo Antônio e da Pedreira da Rondomar, são apresentados no diagrama de contornos de pólos de fraturas. Neste maciço identificam-se cinco famílias de fraturas A, B, C, D e E (Figura 2).

- Direções principais: A = N-S / 80-90E ou 80-90W; B = N42E / 83SE; C = N60E / 83NW;
- Direções secundárias: D = N50W / 89NE; E = N-S / 30W;
- A família E constitui possíveis fraturas de alívio do Maciço Santo Antônio.

O estereograma (Figura 2) com as três principais famílias de fraturas A, B e C, define um triângulo de interseção, demonstrando que as mesmas pertencem, provavelmente, a um mesmo regime de tensão tectônica (Rizzotto, 2005).

Do ponto de vista geológico-geotécnico, os solos são bem drenados e apresentam elevado volume de vazios, baixa massa específica aparente e elevada permeabilidade, devido à sua estrutura macroporosa e microagregada. Por outro lado, esta estruturação confere-lhes uma baixa suscetibilidade aos processos erosivos (Reis et al., 1996; Krebs et al., 1999).

A área apresenta relevo com declividades que variam de 2% a 20%. A zona alta apresenta cotas alti-

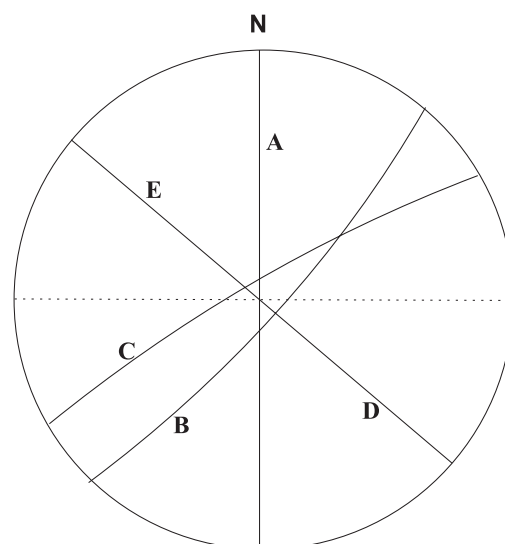


FIGURA 2. Estereograma com as principais direções de famílias de fraturas do maciço Santo Antônio (Rizzotto, 2005).

métricas variando de 100 a 110 m e a zona baixa com cotas próximas a 60 m. O local onde se situa o depósito corresponde a um pequeno divisor de águas, com geometria alongada em forma de tabuleiro intensamente dissecado pelas drenagens. Nas encostas deste tabuleiro ocorrem nascentes de um pequeno curso de água que deságua no igarapé Mato Grosso e segue em sentido ao Rio Madeira. No entorno do depósito ainda existe floresta nativa, onde ocorrem árvores de grande porte.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

A seqüência de atividades desenvolvidas neste trabalho são:

- mapeamento das principais estruturas rúpteis da área de estudo a partir de mapa topográfico do projeto de instalação da lixeira municipal de Porto Velho, escala 1: 2000 (Porto Velho, 1993) e imagens de satélite;
- análises físico-químicas e bacteriológicas de amostras d'água de poços e nascentes locais;
- ensaios geofísicos – método da eletrorresistividade com o equipamento Terrameter, modelo SAS 4000, da ABEM Instruments.

MÉTODOS E TÉCNICAS

Eletrorresistividade

O emprego do método geofísico da eletrorresistividade baseia-se no fato de que as rochas, em função

de suas composições mineralógicas, texturais e disposições, apresentam a propriedade elétrica da resistividade. É um dos métodos mais utilizados em estudos ambientais, podendo fornecer informações sobre o perfil natural do solo; profundidade do substrato rochoso e zona saturada; detecção e mapeamento de contaminação e identificação de zonas de fraturas.

Nesse método emprega-se uma corrente elétrica na identificação de variações de resistividade elétrica no meio. Esta corrente é introduzida superfície do solo através de dois eletrodos de corrente (A e B) com o objetivo de medir o potencial gerado, por meio de eletrodos de potencial (M e N) nas proximidades do fluxo de corrente. As relações entre corrente elétrica (I), potencial elétrico (ΔV) e disposição geométrica dos eletrodos em superfície (dada pela constante K) permitem calcular a resistividade aparente em subsuperfície (ρ_a) a partir da relação:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

Sondagem Elétrica Vertical

A técnica da sondagem elétrica vertical (SEV) consiste na determinação das variações da resistividade aparente em profundidade, obtida a partir de medidas efetuadas sob um ponto central fixo na superfície do terreno. Foram realizadas 9 SEVs utilizando arranjo Schlumberger com abertura máxima AB de 300 m (Figura 3). Detalhes sobre a fundamentação da técnica podem ser obtidos em Gallas (2001), Moura & Malagutti Filho (2003), Santos (2005) e outros.

Imageamento Elétrico

A técnica de imageamento elétrico (IE) consiste na análise e interpretação da variação lateral da resistividade elétrica, a partir de medidas efetuadas na superfície do terreno, com investigação da variação lateral sob profundidades aproximadamente constantes. Os resultados obtidos ao longo da linha do imageamento podem ser interpretados por meio de mapas, ou de seções geoeletricas. Foram realizadas duas linhas: IE1 com 720 m e IE2 com 1000 m, ambas com espaçamento de 20 m entre eletrodos (Figura 3), utilizando

arranjo dipolo-dipolo. Detalhes sobre a técnica podem ser obtidos em Gallas (2001), Moura & Malagutti Filho (2003), Santos (2005) e outros.

Lineamentos Estruturais

Na análise e interpretação dos lineamentos de relevo e drenagem foram consideradas as quebras negativas de relevo e a estruturação da rede de drenagem, conforme metodologia de Soares & Fiori (1976). A rede de drenagem da área é representada por um curso de água, de direção N/S (Figura 3).

Análise Físico-Química e Bacteriológica

Para uma interpretação integrada com os dados geológicos e geofísicos, foram analisadas amostras de águas de três poços locais, um tubular (PC1) e dois tipo Amazonas (PC2 e PC3), com profundidades 56m, 20m e 19m, respectivamente, e das duas nascentes NS1 e NS2, existentes na área (Figura 3). Nestas análises foram observados os seguintes parâmetros: condutividade elétrica; pH; coliformes fecais; e nitrato e cloreto, por serem bons parâmetros para diagnosticar a qualidade das águas (ARGOSS, 2001).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises feitas pela Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia (CAERD).

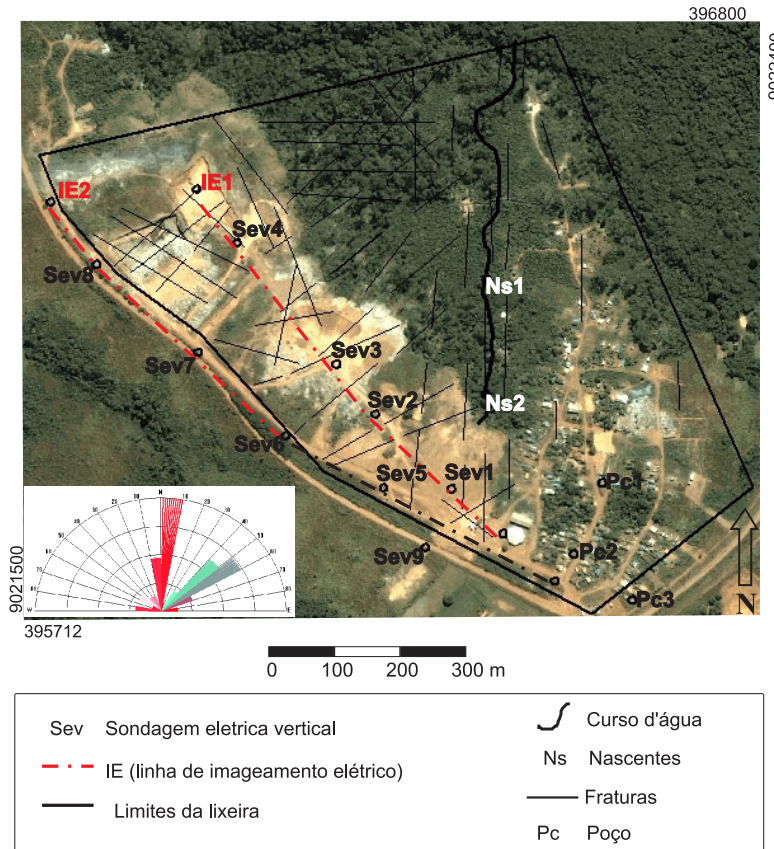


FIGURA 3. Mapa de localização dos pontos estudados e lineamentos estruturais da lixeira.

TABELA 1. Resultados das análises físico-químicos e bacteriológicos das amostras de água dos poços e nascentes, localizados na lixeira de Porto Velho.

Parâmetros	Unidades	Poços			Nascentes		Referência (Port. 518/2004)
		PC1	PC2	PC3	NS1	NS2	
PH	-	5,39	4,80	4,79	4,54	6,89	6.0 a 9.5
Cloreto - Cl ⁻	Mg/l	1,49	0,99	0,99	15,99	76,97	250*
Nitrato - NO ₃ ⁻	Mg/l N	12,03	11,72	13,07	24,48	331,22	10*
Condutividade	μ S/cm	21,1	16,3	18,6	92,6	1114	-
Coliformes fecais	VMP/100 ml	ausente	1700	800	1500	900	ausente

* VMP: Valor Máximo Permitido

PROCESSAMENTO DOS DADOS

Na interpretação das SEVs foram utilizados métodos direto e inverso; no primeiro a curva foi ajustada a partir de um modelo pelo método da superposição e ponto auxiliar de Ebert (IPT, 1988) e no segundo ajustada por inversão no programa IX1D v.3, que se baseia no método dos mínimos quadrados (Inman, 1975). Os dados bidimensionais obtidos nas SEVs forneceram informações a respeito das posições dos diversos materiais de subsuperfície e da zona saturada.

Os dados de resistividade obtidos nas linhas de imageamento elétrico foram modelados no programa RES2DINV (Geotomo Software, 2003). O método utilizado pelo programa consiste em dividir a subsuperfície em uma quantidade finita de blocos, aplicando

em seguida uma inversão baseada no método dos mínimos quadrados, para atribuir o valor da resistividade aparente, obtida em campo, a cada bloco formando uma malha (grid). O resultado final permite – com base em dados de campo – uma interpretação qualitativa das variações laterais de resistividade, que podem estar relacionadas a contatos geológicos, níveis profundos de alteração, zonas de fraturamento ou à presença da pluma de contaminação.

Visando uma melhor apresentação do modelo geoeletrico, os resultados obtidos, por inversão, na seção geoeletrica foram exportados na forma de arquivo XYZ e interpolados por krigagem ordinária, no programa SURFER 8 (Golden Software, 2002).

RESULTADOS

Os resultados obtidos foram apresentados em seções e mapas de contornos equipotenciais a partir de interpretações quantitativas. As SEVs 1, 2, 3, 4 e 5 e a linha IE1 foram escolhidas, para discussão nesse artigo, por estarem diretamente sob influência das células de resíduos soterrados. As SEVs 6, 7, 8 e 9 e a linha IE2, por apresentarem alta resistividade, serviram como referência.

Os ajustes das curvas, por inversão, foram feitos sempre em conformidade com o conhecimento da geologia da área de estudo. Na Figura 4 é apresentada a SEV3, com a curva ajustada, o modelo geoeletrico calculado e o modelo geoeletrico interpretado (com valores de resistividade e profundidade das camadas, obtidos a partir da superfície).

A baixa resistividade associada à área contaminada e a alta resistividade à área de ocorrência do maciço rochoso (Castany, 1975; Mooney, 1980; Telford et al., 1990; Moura & Malagutti Filho, 2003 e Huber et al., 2005), permitiram a partir dos dados da pseudo-seção geoeletrica (Figura 5) a geração de um modelo

geoeletrico proposto para a linha IE1 (Figura 6), fornecendo informações a respeito das posições dos diversos materiais de subsuperfície.

Dos resultados obtidos na pseudo-seção (Figura 5) e modelo geoeletrico (Figura 6) pôde-se observar o contraste significativo entre os valores de resistividade do solo não saturado e do solo contaminado pelo churume.

A partir de pontos de afloramento (Figura 1) e de valores de resistividade (> 300 Ω.m) obtidos nas SEVs é possível sugerir a profundidade do topo do granito. Conforme se observa na Figura 6, o topo da rocha na SEV1 está a 7,2 m de profundidade, na SEV2 a 23,1 m e na SEV3 a 37,2 m.

Na Figura 6, observa-se entre as estações E-200 e E-650 a existência de anomalias de baixa resistividade, caracterizando-se como locais promissores para a contaminação em profundidade. Como os ensaios de campo foram realizados no período de alta precipitação pluviométrica (final de novembro), há um aumento da quantidade de água infiltrada no solo,

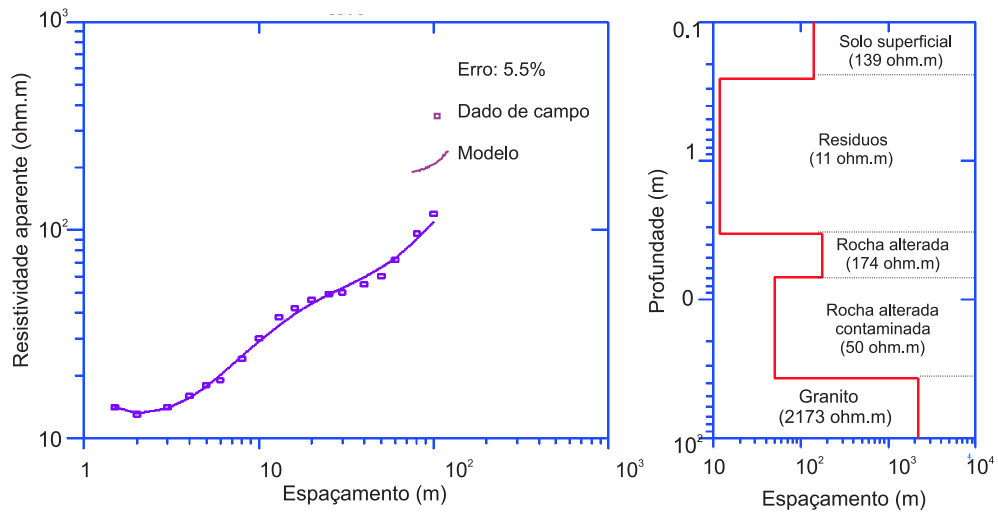


FIGURA 4. Interpretação da SEV3.

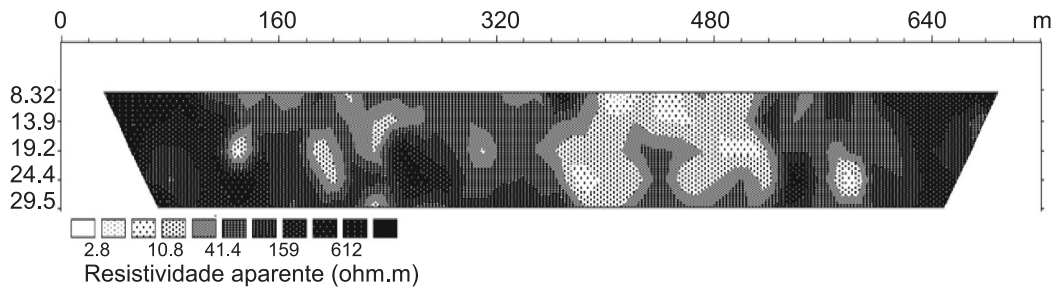


FIGURA 5. Pseudo-seção geolétrica da linha IE1.

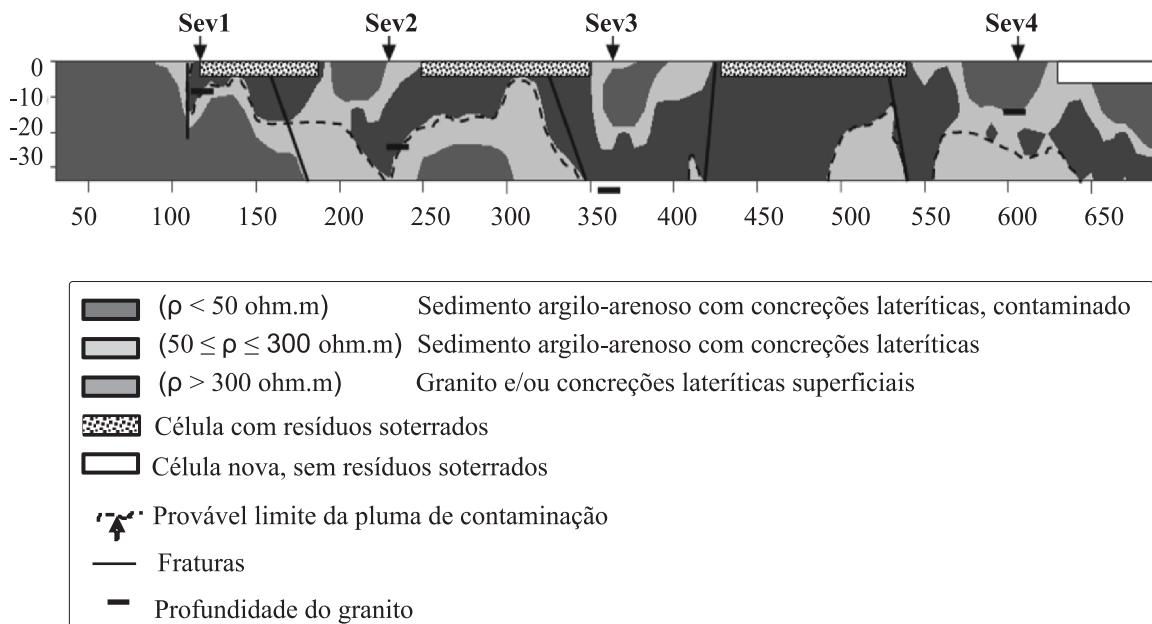


FIGURA 6. Modelo geolétrico interpretado da linha IE1.

ocasionando um aumento do volume de chorume gerado.

As anomalias (Figura 6) indicam que esta área permite o armazenamento natural de água e percolado em subsuperfície, já que o substrato rochoso apresenta-se fraturado. Esta afirmativa é corroborada pelas famílias de fraturas do maciço Santo Antonio (A, B, C, D e E) apresentadas no estereograma de planos de fraturas (Figura 2) e lineamentos estruturais da área de estudo (Figura 3).

CONCLUSÕES

Os resultados geoeletricos interpretados em conjunto com dados geológicos e hidrográficos do local, permitiram uma avaliação preliminar da área do depósito de resíduos sólidos urbanos de Porto Velho – RO.

A análise integrada do mapeamento de fraturas, de resultados geofísicos e de dados geológicos de campo, revela-se ser um importante recurso no estudo da contaminação em meios fraturados, pois permitem a identificação das fraturas preenchidas pelo percolado, representada por anomalias de baixa resistividade nas proximidades das fraturas inferidas. Estas descontinuidades podem ser confirmadas no estereograma do maciço Santo Antonio e no mapa de lineamentos estruturais da área de estudo.

O quarto horizonte na SEV3 (Figura 4), contaminado, apresenta baixo valor de resistividade (50 Ω .m). Considerando que o topo da zona saturada está neste horizonte, é possível que o aquífero livre esteja contaminado. Isto se justifica devido a SEV3 ter sido realizada numa célula de lixo e pela alta condutividade na nascente NS2 (1114 μ S/cm), que deságua no Igarapé próximo e segue em direção ao Rio Madeira. Esta contaminação da NS2 é confirmada por Martins (2006).

A nascente NS1, que se direciona à Vila Princesa, apresentou condutividade 92.4 μ S/cm indicando que o subsolo onde está localizada a vila, aparentemente, ainda não esteja contaminado pelo chorume. Isso é confirmado pelas altas resistividades no limite esquerdo das linhas IE1 e IE2 (> 300 Ω .m) e pela baixa condutividade (< 22 μ S/cm) medida nos dois poços PC2 e PC3.

Na Figura 6 as fraturas identificadas entre as estações E-100 e E-260 pertencem à família A; as fraturas entre E-300 e E-400; E-500 e E-600 pertencem à família B e a fratura entre E-400 e E-500 pertence à família C. A grande preocupação são estas descontinuidades, devido à percolação de chorume nestes pontos.

Os resultados geofísicos, analisados e interpretados, mostraram uma área de baixa resistividade, devido à grande quantidade de resíduos saturados e a percolação de chorume nas fraturas.

Os poços e nascentes também apresentaram teores de nitrato e coliformes fecais acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde. Nesta avaliação preliminar, a contaminação das águas da nascente NS1 e dos poços não pode ser atribuída exclusivamente à ação do chorume, mas aos dejetos de rede de esgotos, a grande quantidade de fossas sépticas próximas e às infiltrações das águas superficiais no solo contaminado. Segundo Santos (2006) este solo está contaminado por metais pesados.

Os dados geofísicos, geológicos e hidrológicos permitiram determinar o topo da zona saturada, delimitar o horizonte de resíduos soterrados, perfil geológico vertical do solo e proceder a uma avaliação parcial da contaminação das nascentes e poços.

A presença de anomalias de baixa resistividade no imageamento elétrico é devida aos resíduos soterrados e/ou áreas contaminadas pelo percolado no manto de alteração e/ou zonas de fraturas.

A contaminação proveniente da lixeira, que tende a aumentar no período chuvoso (novembro a abril) estende-se na horizontal no sentido leste-nordeste, concordando com o gradiente altimétrico e com o fluxo subterrâneo, e na vertical por percolação no solo e na rocha fraturada, o que compromete o aquífero livre.

Conclui-se que a forma de instalação da atual lixeira não está em conformidade com os critérios da legislação ambiental federal, no que se refere à distância de corpos d'água, a presença de vegetação de preservação, topografia e drenagem e, principalmente por estar assentada em meio permeável e fraturado.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, agência que financiou, na forma de bolsa do PICDT, a pesquisa de doutorado que originou este artigo. Ao Departamento de Geologia Aplicada do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP/ Rio Claro por ceder os equipamentos geofísicos para realização dos ensaios em Porto Velho - RO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARGOSS. **Guidelines for assessing the risk to groundwater from on site sanitation**. British Geological Survey Commissioned Report, CR/01/142, 97 p., 2001.
2. BETTENCOURT, J.S.; TOSDAL, R.; LEITE JUNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L. Overview of the rapakivi granites of the Rondônia Tin Province (RTP). In: SYMPOSIUM ON RAPAOKIVI GRANITES AND RELATED ROCKS. **Excursion Guide Book...** Belém: Universidade Federal do Pará, v. 1, p. 5-15, 1995.
3. CASTANY, G. **Prospeccion y explotacion de las águas subterráneas**. Barcelona: Ediciones Omega S.A., p. 659-669, 1975.
4. GALLAS, J.D.F.; TAIOLI, F.; MALAGUTTI FILHO, W.; PRADO, R.L.; DOURADO, J.C. Métodos e técnicas geoeletricas rasas na delimitação de área afetada por ruptura em teto de túnel urbano. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 19, n. 1, p. 33-46, 2001.
5. GEOTOMO SOFTWARES2DINV: **Rapid 2-D resistivity & IP inversion using the least-squares method**. Malaysia, Ver. 3.53, 2003.
6. GOLDEN SOFTWARE. **Surfer: Surface mapping system**. Colorado: USA: Golden Software, Ver. 8.0, 2002.
7. HUBER, F.; FACHIN, S.J.S.; SHIRAIWA, S.; BORGES, W.R. Método elétrico e eletromagnético aplicados ao delineamento de zonas contaminadas por resíduos de um curtiume. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRASILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 9, 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2005, 6 p.
8. INMAN, J.R. Resistivity inversion with ridge regression. **Geophysics**, n. 40, p. 789-817, 1975.
9. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Métodos geoeletricos**. Apostila interna. São Paulo, 70 p., 1988.
10. KREBS, A.S.J.; ADAMY, A.; REIS, M.R. **Alternativas locais para a disposição de resíduos sólidos urbanos na área de Porto Velho-RO**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Porto Velho, Relatório, 56 p., 1999.
11. LEITE, S.P.; HEREDIA, B.; MEDEIROS, L.S.; PALMEIRA, M.; CINTRÃO, R.P. **Impactos dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro**. São Paulo: UNESP, v. 1, 391 p., 2004.
12. MARTINS, A.S. **Avaliação de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos no igarapé próximo ao campus da UNIR sob influência do lixão municipal**. Porto Velho, 2006. 25 p. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.
13. MOONEY, H.M. **Handbook of engineering geophysics – electrical resistivity**. Minneapolis: Bison Instruments Inc., v. 2, 34 p., 1980.
14. MOURA, H.P. & MALAGUTTI FILHO, W. Métodos de Eletroresistividade e de Polarização Induzida Aplicados na Área de Disposição de Resíduos Urbanos: Aterro Controlado de Rio Claro, SP. **Geociências**, v. 22, p. 129-139, 2003.
15. PORTO VELHO - SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO, **Instalação da lixeira municipal – Levantamento altimétrico**. Porto Velho, 1 Mapa, Escala 1:2000, 1993.
16. REIS, M.R.; PEREIRA, L.A.C.; REIS, M.F.P.; SILVA FILHO, E.P.; MORAIS, P.R.C. Avaliação preliminar da Área Periurbana de Porto Velho (APPV) para a disposição de Resíduos Urbanos. Porto Velho: CPRM, Relatório, 16 p., 1996.
17. RIZZOTTO, G.J. Projeto Rio Madeira. **Levantamento de informações para subsidiar o estudo de viabilidade do aproveitamento hidrelétrico (AHE) do Rio Madeira, AHE Santo Antônio**. Relatório de Pesquisa. Porto Velho: CPRM, 235 p., 2005.
18. SANTOS, F.M. **Aplicação de métodos geofísicos no estudo da contaminação de águas subterráneas no lixão de Cuiabá – MT**. Cuiabá, 2005. 88 p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.
19. SOARES, P.C. & FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.
20. TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E.; KEYS, D.A. **Applied Geophysics**. Cambridge University Press, 866 p., 1990.

*Manuscrito Recebido em: 21 de julho de 2008
Revisado e Aceito em: 15 de outubro de 2008*