



Aplicação do método da eletrorresistividade em uma área de disposição de resíduos de óleos lubrificantes

Alexandre L. Lago¹, Weliton R. Borges¹, Sérgio Jr S. Fachin¹, Vagner R. Elis² e Ernande C. Santos³

¹Curso de Pós-Graduação em Geofísica. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas.

²Departamento de Geofísica. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas.

³Laboratório de Geofísica Aplicada. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas.

Copyright 2006, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no II Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, Natal, 21-23 de setembro de 2006. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Tecno-científica do II SR-SBGf mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.

Resumo

Este trabalho mostra a aplicação do método da eletrorresistividade, usando a técnica de caminhamento elétrico (arranjo dipolo-dipolo) em uma área de disposição de resíduos de óleos lubrificantes no município de Ribeirão Preto-SP. Os resultados mostram que baixos valores de resistividade elétrica, obtidos nas zonas aerada e saturada, indicam presença de contaminante no subsolo.

Introdução

O aumento dos problemas ambientais e a conseqüente escolha de novos métodos de análise do comportamento e possibilidade de preservação do meio físico são refletidos na necessidade de aprimoramento das técnicas existentes e a utilização de novas ferramentas de investigação, que possibilitam análises rápidas e eficientes. Dentro desse contexto a geofísica tem mostrado eficácia em mapear as áreas afetadas por contaminantes e contribuído para tornar mais efetivos os programas de sondagem voltados à coleta de amostras e instalação de sistemas de monitoramento. A geofísica, além de sua natureza não invasiva (não afeta e não destrói camadas selantes naturais ou artificiais), aliada ao baixo custo operacional e rapidez e facilidade de aplicação dos ensaios, é uma excelente ferramenta para ser aplicada em estudos ambientais (Dehaine, 1995; Elis, 1999; Costa et al., 2001). De uma forma geral a utilização de geofísica na caracterização de uma área afetada por substâncias poluentes consiste na detecção e mapeamento da extensão da área afetada, da profundidade da zona saturada e substrato rochoso e direção do fluxo da água subterrânea.

A aplicação de métodos geofísicos em estudos ambientais é amplamente relatada na literatura (Sauck et al., 1998; Vickery & Hobbs, 1998; Azambuja et al., 1999;

Atekwana et al. 2000; Sauck, 2000; Braga & Cardinali, 2005).

O presente trabalho tem como objetivo aplicar o método da eletrorresistividade (técnica de caminhamento elétrico) na caracterização geoambiental de uma área utilizada para disposição de resíduos de sulfonação de óleos lubrificantes no município de Ribeirão Preto-SP.

Características da Área

A área está localizada próximo ao Km 334 da Rodovia Alexandre Balbo (SP 328), município de Ribeirão Preto, estado de São Paulo (Figura 1).

O local do estudo foi receptor de resíduos provenientes da sulfonação de óleos lubrificantes usados desde meados da década de 70 até o ano de 1995 (Penner, 2005). Os resíduos foram dispostos em 4 cavas, que não receberam nenhum tipo de impermeabilização de base, e soterrados com cal e solo argilo-arenoso proveniente da alteração de basaltos.

Na área ocorrem arenitos da Formação Botucatu sobrepostos por basaltos da Formação Serra Geral. Poços de monitoramento do nível d'água, instalados na área, indicam a presença do lençol freático entre as profundidades de 11 a 15 metros.

Ensaio geofísicos realizados na área de estudo

Os dados de eletrorresistividade 2D foram adquiridos com o arranjo dipolo-dipolo devido ao melhor acoplamento eletromagnético entre o eletrodo de aço e o solo, possibilitando assim correlacionar, no futuro, com maior precisão dados de polarização induzida (IP) com dados de resistividade aparente (Ward, 1990). Os perfis de caminhamento elétrico foram obtidos próximo (Linha 2) e dentro (Linha 3) da Cava 1 da área estudada (Figura 1). A Cava 1 foi escolhida pois foi o primeiro local a receber resíduos na área (Penner, 2005), e de acordo com Sauck (2000), quanto maior o tempo de exposição do resíduo, maior o ataque bacteriológico e concomitantemente maior a produção de ácidos e diminuição da resistividade elétrica do meio.

As aquisições de dados foram efetuadas no mês de agosto de 2005, período de estiagem na região. O

equipamento utilizado foi o Syscal R2, fabricado pela empresa francesa IRIS, de propriedade do Departamento de Geofísica do IAG/USP. Para diminuir o tempo de aquisição de cada perfil, foi utilizado um comutador eletrônico de eletrodos desenvolvido no Laboratório de Instrumentação Geofísica do Departamento de Geofísica do IAG/USP (Hiodo *et al.*, 2001). Com a utilização deste comutador e de um sistema de conexão entre o eletrodo e o cabo de potencial foi possível diminuir o tempo de aquisição de dados.

Os dados de resistividade aparente foram modelados no software Res2dinv (Loke, 2004a), que determina automaticamente um modelo de resistividade bidimensional para o meio, através dos dados elétricos de campo.

Discussão dos resultados

A Figura 2 mostra os resultados obtidos para a Linha 2, com os dados obtidos em campo (a), a pseudo-seção sintética (b), e o modelo resultante da inversão (c). O erro RMS (*Root Mean Square*) obtido foi de 7,2% após três interações. A seção de resistividade (Figura 2c) mostra que a tendência de menor resistividade abaixo da profundidade de aproximadamente 13 metros, caracteriza a zona saturada. Esta interpretação foi confirmada com leituras do nível d'água nos poços de monitoramento. Os valores de resistividade superiores a 500 Ohm.m (Figura 2c) são interpretados como sendo o solo superficial (solo residual de basalto). Observa-se, também, uma zona mais condutiva (abaixo de 200 Ohm.m) em relação ao meio natural entre as distâncias de 60 e 95 metros, que pode sugerir a presença de resíduos biodegradados misturados ao solo, devido a sua proximidade com a cava 1.

A Figura 3 mostra os resultados obtidos para a Linha 3, com os dados obtidos em campo (a), a pseudo-seção sintética (b), e o modelo resultante da inversão (c). O erro RMS (*Root Mean Square*) obtido foi de 28,1% após três interações. A seção (Figura 3c) mostra 2 zonas de resistividade bem evidentes. A primeira zona, com resistividade acima de 800 Ohm.m, com material natural com valores de resistividade superiores a 800 Ohm.m e a uma zona com valores de resistividade mais baixos entre as distâncias 55 e 105 metros que caracteriza a cava preenchida com resíduos. Observa-se dentro da zona saturada, caracterizada pela tendência de menor resistividade a partir da profundidade de 12,7 metros no início do perfil, uma zona de menor resistividade (valores de resistividade inferiores a 38 Ohm.m) na posição entre 80 e 90 metros, sugerindo que processos de contaminação pela migração de materiais proveniente da cava preenchida com resíduos estão ocorrendo.

Conclusões

Os resultados indicam que a resistividade elétrica é influenciada pela presença de resíduos de óleos lubrificantes dispostos no solo. Na área, valores de resistividade elétrica abaixo de 500 Ohm.m, obtidos na zona aerada, indicam presença de resíduo, ao passo que valores acima disto são correlacionados ao solo aerado proveniente da alteração de basaltos.

A zona saturada foi identificada como uma zona condutiva (abaixo de 250 Ohm.m) quase retilínea, na profundidade de aproximadamente 13 metros.

No modelo geológico obtido para a linha 3, foi possível definir as laterais da cava de resíduos.

Também se sugere que as anomalias condutivas (abaixo de 50 Ohm.m) presentes na zona saturada indicam contaminação gerada pela migração de fluidos provenientes da cava.

Em síntese, o método da eletrorresistividade mostrou-se uma ferramenta útil na caracterização geoambiental de áreas de disposição de óleos lubrificantes.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento de bolsas de pesquisa. Ao doutorando Ivan Mamede Carlos e geofísico Paulo Almeida pelo auxílio na aquisição dos dados de campo. Ao Departamento de Geofísica do IAG/USP pela oportunidade da realização desta pesquisa.

Referências

- Atekwana, E.A.; Sauck, W.A. & Werkema Jr., D.D., 2000. Investigations of geoelectrical signatures at a hydrocarbon contaminated site. *Journal of Applied Geophysics*, vol. 44: 167-180.
- Azambuja, E.; Costa, A. F. U.; Nanni, A. S., 1999. O emprego da prospecção geofísica na avaliação de plumas de contaminação por hidrocarbonetos. In: IV Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, São José dos Campos/SP.
- Braga, A. C. O. & Cardinali, M. T., 2005. Aplicação da resistividade e cargabilidade em estudos de contaminação de sedimentos por derivados de hidrocarbonetos. *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol. 23, n.2:181-190.
- Costa, A. F. U.; Pinto, I. F.; Costa, R. T., 2001. Imageamento elétrico 2-D aplicado à avaliação ambiental de posto de combustíveis. In: Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 7., Salvador. Anais... Salvador: SBGF, 2001. p. 255-258.

Dehaine, J., 1995. Avaliação da aplicabilidade de métodos geofísicos em estudos de casos de contaminação de águas subterrâneas por diferentes fontes. Dissertação de Mestrado (Instituto de Geociências), USP, São Paulo, 70 p.

Elis, V. R., 1999. Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos. Tese de Doutorado (Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro), UNESP, Rio Claro, 264 p.

Hido, F. Y.; Silva, N.; Elis, V. R.; Galhardo Filho, L. & Silva, J. E. da. 2001. Projeto de um sistema semi-automatizado de medidas de potencial elétrico natural ou induzido do solo para aplicações geolétricas. *In: Anais do 7.º International Congress of The Brazilian Geophysical Society*, Salvador, BA, p. 136-139.

Loke, M.H., 2004a. Res2Dinv versão 3.54 for Windows 98/Me/2000/NT/XP. Rapid 2D Resistivity & IP Inversion using the least-squares method. Software Manual. 133 p. Disponível em: <http://www.geoelectrical.com>

Penner, G.C.E. 2005. Estudo de caso da contaminação do solo e da água subterrânea por deposição no solo de resíduos vinculados a óleos lubrificantes. Tese de Doutorado (Escola de Engenharia de São Carlos), USP, São Carlos, 193 p.

Sauck, W. A., 2000. A model for the resistivity structure of NAPL plumes and their environs in sandy sediments. *Journal of Applied Geophysics*. Vol. 44: 151-165.

Sauck, W. A.; Atekwana, E. A. & Nash, M. S., 1998. Elevated conductivities associated with an LNAPL plume imaged by integrated geophysical techniques. *Journal Environmental and Engineering Geophysics*. Vol. 2: 203-212.

Vickery, A.C. & Hobbs, B.A., 1998. Contributions of surface geophysics to environmental site investigation of former oil distribution terminals. *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, vol. 3, n. 3:101-109.

WARD, S., 1990. Resistivity and Induced Polarization Methods. *Geotechnical and Environmental Geophysics, Volume 1: Review and Tutorial*. Society of Exploration Geophysics, Tulsa, OK, p. 147-189.

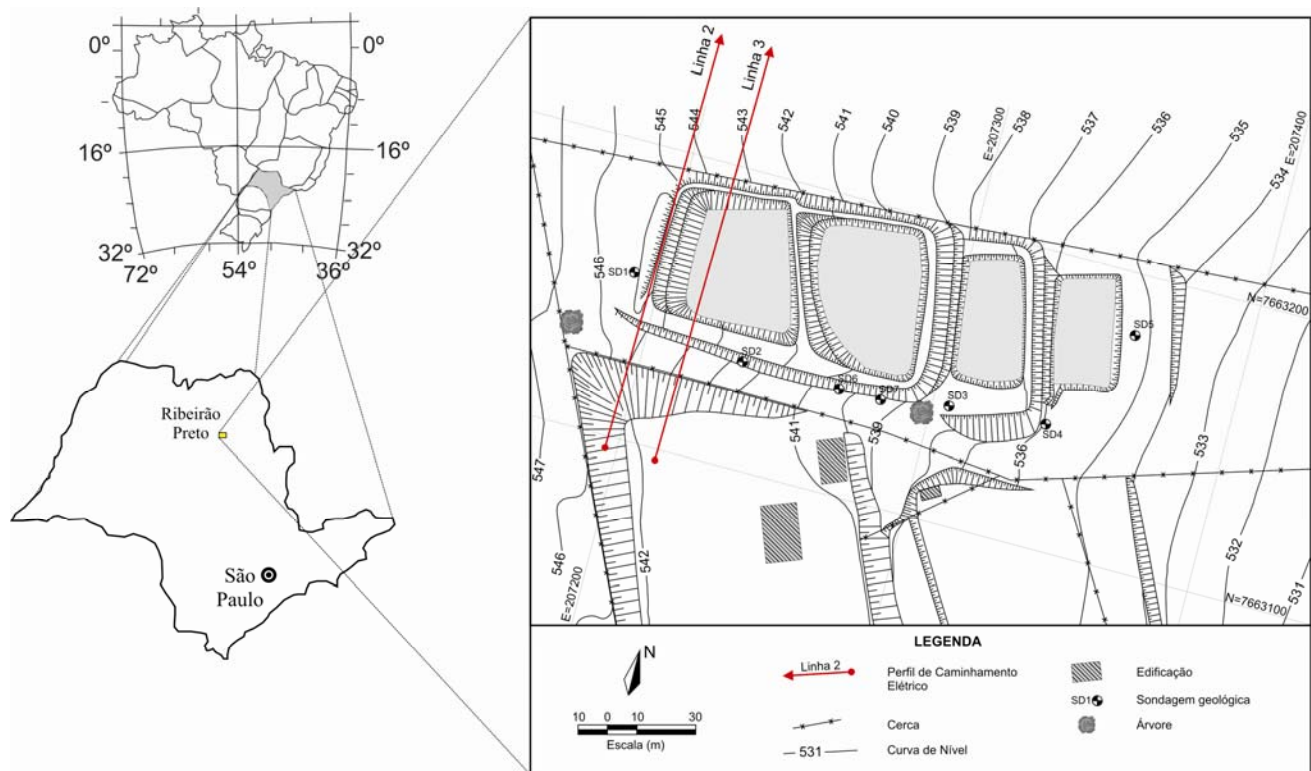


Figura 1- Mapa de localização dos ensaios geofísicos realizados na área de estudo.

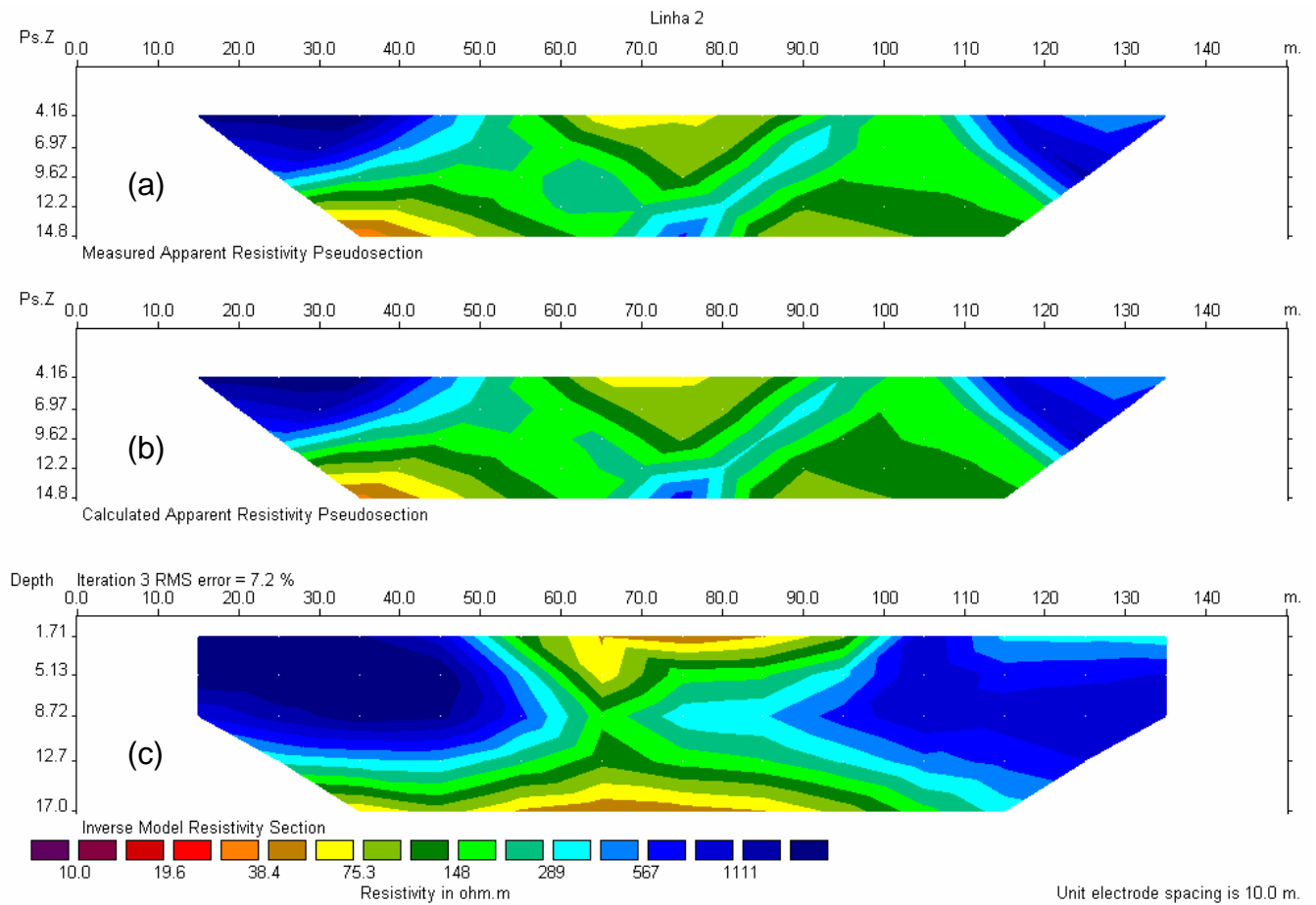


Figura 2 – Linha 2. (a) Pseudo-seção de resistividade aparente dos dados de campo. (b) Dados sintéticos do ajuste do modelo. (c) Modelo de resistividade obtido após inversão.

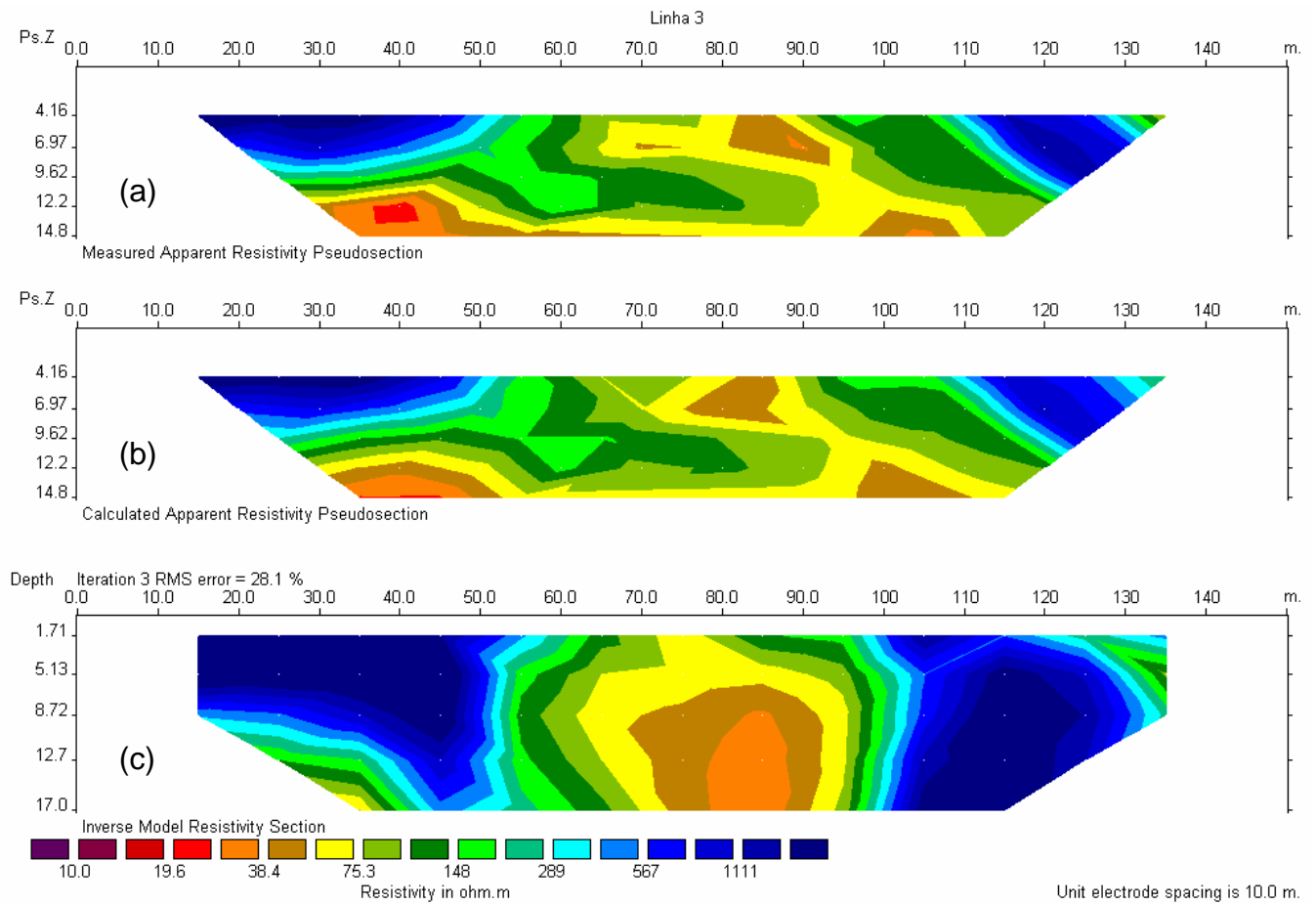


Figura 3 – Linha 3. (a) Pseudo-seção de resistividade aparente dos dados de campo. (b) Dados sintéticos do ajuste do modelo. (c) Modelo de resistividade obtido após inversão.