



Investigação Geofísica (Eletrorresistividade e GPR) nos Limites do Lixão da Estrutural e do Parque Nacional de Brasília – DF (Resultados Preliminares)

Márcio Maciel Cavalcanti (marciom.cavalcanti@hotmail.com – Mestrando em Geociências Aplicadas – IG/UnB); Welitom Rodrigues Borges (welitom@unb.br – IG/UnB); Marcelo Peres Rocha (marcelorocha@unb.br – IG/UnB); Luciano Soares da Cunha (lucianosc@unb.br – IG/UnB); Eduardo Xavier Seimetz (edu.seimetz@gmail.com – Mestrando em Geociências Aplicadas – IG/UnB)

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th 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.

Abstract

This abstract presents the results of geophysical investigations of ground penetrating radar and electrical resistivity performed in the Structural Landfill, in Brasília/DF. The results show that contaminated areas have low resistivity and high attenuation of GPR signal and that the groundwater flow is leading to contamination to the Brasilia National Park and residential areas.

Introdução

O aumento do volume de resíduos urbanos vem, trazendo muitos problemas relacionados aos métodos de sua disposição e estocagem, que se inadequados, provocam a contaminação do solo e das águas subterrâneas. Esta contaminação é causada essencialmente pelo lixiviamento dos metais pesados presente nos resíduos sólidos os quais constituem o lixo urbano (pilhas, baterias, latas de tinta, entre outros). Estes metais pesados, em conjunto com o líquido proveniente da decomposição de materiais orgânicos constituem o chorume.

A pluma de contaminação pode ocorrer em duas zonas diferentes no subsolo: a primeira na zona vadosa e a segunda na zona saturada. Na zona vadosa a pluma de contaminante esta presente na fase livre e residual, tendo o solo e sedimentos impregnados pelo contaminante no estado líquido ou gasoso. Na zona saturada o contaminante apresenta-se na forma dissolvida, representando o contaminante em seu estado líquido em

contato com a água subterrânea, seguindo na direção e velocidade do fluxo d'água.

As contaminações inorgânicas em subsuperfície são, frequentemente, os locais em que ocorrem anomalias eletricamente condutivas, devido ao aumento do conteúdo iônico diluído nos fluídos. Um dos protocolos ambientais eficientes na localização de áreas contaminadas por lixiviação de resíduos sólidos usa os métodos geoeletricos (eletrorresistividade e o radar penetração no solo), uma vez que o chorume é riquíssimo em ions (GALLAS, 2005).

Neste trabalho utilizaram-se os métodos geoeletricos para identificar o comportamento da pluma de contaminação na área do Lixão da Estrutural, na área do Distrito Federal (**Figura 1**).

A contaminação do subsolo no interior e nas proximidades do Lixão da Estrutural foi observada por estudos geofísicos anteriores. Franco (1996) mostrou, com o uso de sondagens elétricas verticais (SEVs), que o chorume produzido pelo resíduo do lixão da estrutural contaminou a água subterrânea que flui tanto no sentido do córrego Vicente Pires quanto no sentido do Parque Nacional de Brasília. Araújo (1996) mostrou, através de análises químicas de águas subterrâneas, coletadas em poços de monitoramento, que há uma maior lixiviação do chorume nos meses de alta precipitação pluviométrica, evidenciando a alta permeabilidade dos solos da região. Modelos matemáticos de fluxos subterrâneos para a área (CARNEIRO, 2002) mostram que há duas tendências principais do fluxo de contaminantes no subsolo: uma em direção ao Parque Nacional de Brasília; e outra em direção ao córrego Cabeceira do Valo.

Considerando que existe contaminação do solo para além dos limites do Lixão da Estrutural, indicada pelos trabalhos realizados anteriormente, e ainda, que estes foram realizados a mais de uma década, justificou-se a realização de um estudo mais abrangente e atual na região.



Figura 1 – Mapa de localização da área de pesquisa e das linhas de investigação geofísica.

Metodologia

Neste trabalho foram utilizados os métodos geoeletricos: eletrorresistividade e Radar de Penetração de Solo (GPR) com o objetivo de identificar as áreas possivelmente contaminadas nos arredores do Lixão da Estrutural.

Eletrorresistividade

O método da eletrorresistividade consiste basicamente em injetar correntes elétricas no solo e medir a diferença de potencial elétrico gerado pelo fluxo da corrente. Os dados de eletrorresistividade foram adquiridos através da técnica da tomografia elétrica bidimensional de superfície, amplamente conhecida no Brasil como caminhamento elétrico. Os perfis de eletrorresistividade foram adquiridos ao longo de estradas nas proximidades da área de pesquisa. Neste trabalho utilizou-se o equipamento multicanal Syscal Pro 72 (fabricado pela Iris Instruments), de propriedade do Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA/IG/UnB). Os eletrodos foram afixados no subsolo a cada 10 metros, obedecendo à distribuição de disposição de pontos do arranjo dipolo-dipolo. Foi adquirida uma seção de eletrorresistividade, com 60 eletrodos de aço inox, e de acordo com a rotina de

aquisição do equipamento (protocolo), foram investigados 29 níveis de profundidade, resultando na coleta de 1173 pontos por seção de 590 metros (**Figura 01**).

GPR

O GPR utiliza-se de ondas de rádio de alta frequência (10 a 2500 MHz) para estudos de estruturas subsuperficiais (ANNAN, 1992). Sua antena transmissora emite um pulso para o subsolo, onde este pulso é refletido, refratado e difratado para uma antena receptora. Este sinal recebido é então processado por meio de digitalização sendo possível a visualização de padrões de reflexão relacionados a objetos enterrados no subsolo. Sua aplicação é bastante utilizada em estudos geológicos, arqueológicos, ambientais e geotécnicos. Na aquisição dos dados de GPR foi utilizado o SIR3000 (fabricado pela Geophysical Survey Systems Inc.), de propriedade do Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto (LGPSR/UFC). O perfil de afastamento constante foi adquirido lateralmente às estradas que circundam a área do Lixão da Estrutural. Foram adquiridas 03 linhas de GPR, com uma antena blindada de 200 MHz, espaçamento entre os traços de 2,5cm e janela temporal de 270ns (**Figura 1**).

Resultados e discussões

Eletrorresistividade

A modelagem dos dados de resistividade elétrica foi realizada no software Res2dinv, versão 3.57 (GEOTOMO, 2003). A rotina de inversão utilizada foi a de contraste de suavização por mínimos quadrados (SASAKI, 1989), implementada no software. O método de otimização utilizado foi o Gauss-Newton que recalcula as derivadas parciais da matriz jacobiana para todas as iterações. Este método aumenta o tempo de processamento, entretanto, apresenta melhores resultados quando há contrastes elevados de resistividade. (LOKE; DAHLIN, 2002).

A **Figura 2** mostra os resultados da tomografia elétrica obtida na Linha 1 sobre a área investigada. Os dados modelados mostram um erro RMS de 21,5% entre a pseudo-seção de resistividade elétrica obtida em campo (**Figura 2a**) e a pseudo-seção de resistividade aparente calculada (**Figura 2b**). O modelo obtido (**Figura 2c**) mostra valores de resistividade elétrica entre 50 $\Omega.m$ e 1450 $\Omega.m$ (média de 670 $\Omega.m$).

No modelo geoeletrico (**Figura 2c**) notam-se três horizontes geoeletricos distintos: o primeiro ocorre desde a superfície até a profundidade média de 7 metros, com resistividade elétrica acima de 1000 $\Omega.m$, sendo interpretado como um solo areno-argiloso com baixo conteúdo de água, conforme verificado na superfície; o segundo horizonte geoeletrico mostra valores de resistividade elétrica variando entre 50 $\Omega.m$ a 500 $\Omega.m$, ocorrendo em média até a profundidade de 25 metros, atingindo profundidades maiores na porção sul do perfil (60 metros), sendo interpretado como solo argiloso/rocha alterada com alto conteúdo em água (zona saturada); o último horizonte geoeletrico possui resistividade acima de 1000 $\Omega.m$, ocorrendo até o final do modelo geoeletrico, e interpretado como rocha mais compactada e/ou menos alterada (possível unidade ardósiana do Grupo Paranoá). Além desses horizontes geoeletricos, aparece uma anomalia condutiva na posição de 320 a 360 m na parte superficial do perfil, possivelmente ocasionada pela contaminação provocada pela percolação de chorume no solo. Existem registros de extravasamento superficial de chorume retidos em canaletas próximas a área. O extravasamento ocorreu nos períodos de chuva devido a alta precipitação pluviométrica e a baixa capacidade de retenção hidráulica das canaletas.

GPR

A seção de GPR foi processada no Módulo 2D do software REFLEXW® versão 5.5.1 (SANDMEIER, 2006) e todas as etapas do processamento foram desenvolvidas de forma a destacar a anomalia alvo deste trabalho. Inicialmente, o dado de campo foi filtrado (dewow), eliminando-se os ruídos eletrônicos e estáticos inerentes ao sistema. O processamento envolveu: a determinação da chegada da primeira onda (ajuste do

tempo zero); aplicação de ganho (decaimento de energia); filtragens 1D (bandpass frequency) e 2D (remoção do background).

Na Linha 1 (limite do Aterro com o Parque Nacional de Brasília) observa-se que na distância entre 310m a 360 m, na profundidade entre 1,5m a 8m, ocorre uma forte atenuação do sinal do GPR (*shadow zone*, **Figura 3**). Este tipo de atenuação pode ser ocasionado pela percolação de chorume no solo ou pela presença de material geológico condutivo (argila). Desde a superfície até a profundidade média de 7,5m ocorrem refletores contínuos e descontínuos de alta amplitude, debaixo dessa profundidade acontece um padrão caótico de reflexão de baixa amplitude. Os refletores de alta amplitude são interpretados como interfaces pedológicas e fragmentos de rocha presentes em um solo areno-argiloso não saturado. O padrão caótico de baixa amplitude é interpretado como solo areno-argiloso e/ou regolito, com alto conteúdo de água.

A Linha 2 de GPR (**Figura 4**) foi realizada na parte nordeste da área do Lixão, próximo a pequenas chácaras, com presença de ocupação urbana irregular. Nesta linha são percebidas algumas zonas de sombra do sinal do GPR, nas posições de 2 a 5m, de 120 a 130m, de 150 a 170m, e de 230 a 270m. Essas zonas de sombra podem ser ocasionadas pela percolação do chorume na parte superficial do solo (extravasamento das canaletas). Além dessas zonas de sombra ocorrem os mesmos padrões de reflexão registrados na Linha 1 (alta reflexão relacionada ao solo não saturado, e a baixa reflexão interpretada como solo saturado).

Conclusões

Os resultados geofísicos obtidos na Linha 1 mostram padrões anômalos (baixa resistividade elétrica e alta atenuação do sinal do GPR) relacionados a áreas possivelmente contaminadas. Campos (2007) comprova que o fluxo da água subterrânea, na área estudada, vai para direção nordeste, em direção ao Parque Nacional de Brasília. Deste modo, caso seja confirmada a contaminação verificada nos resultados geofísicos, a mesma prosseguirá em direção ao Parque.

Na Linha 2 ocorrem anomalias que podem indicar percolação de chorume no sentido do aterro sanitário para a área de ocupação urbana (chácaras e residências), onde o abastecimento de água se dá por cacimbas.

Como esperado, os métodos geofísicos mostraram-se eficientes na identificação de áreas possivelmente contaminadas, que serão confirmadas em etapas posteriores de investigações diretas (execução de furos de sondagem a trado).

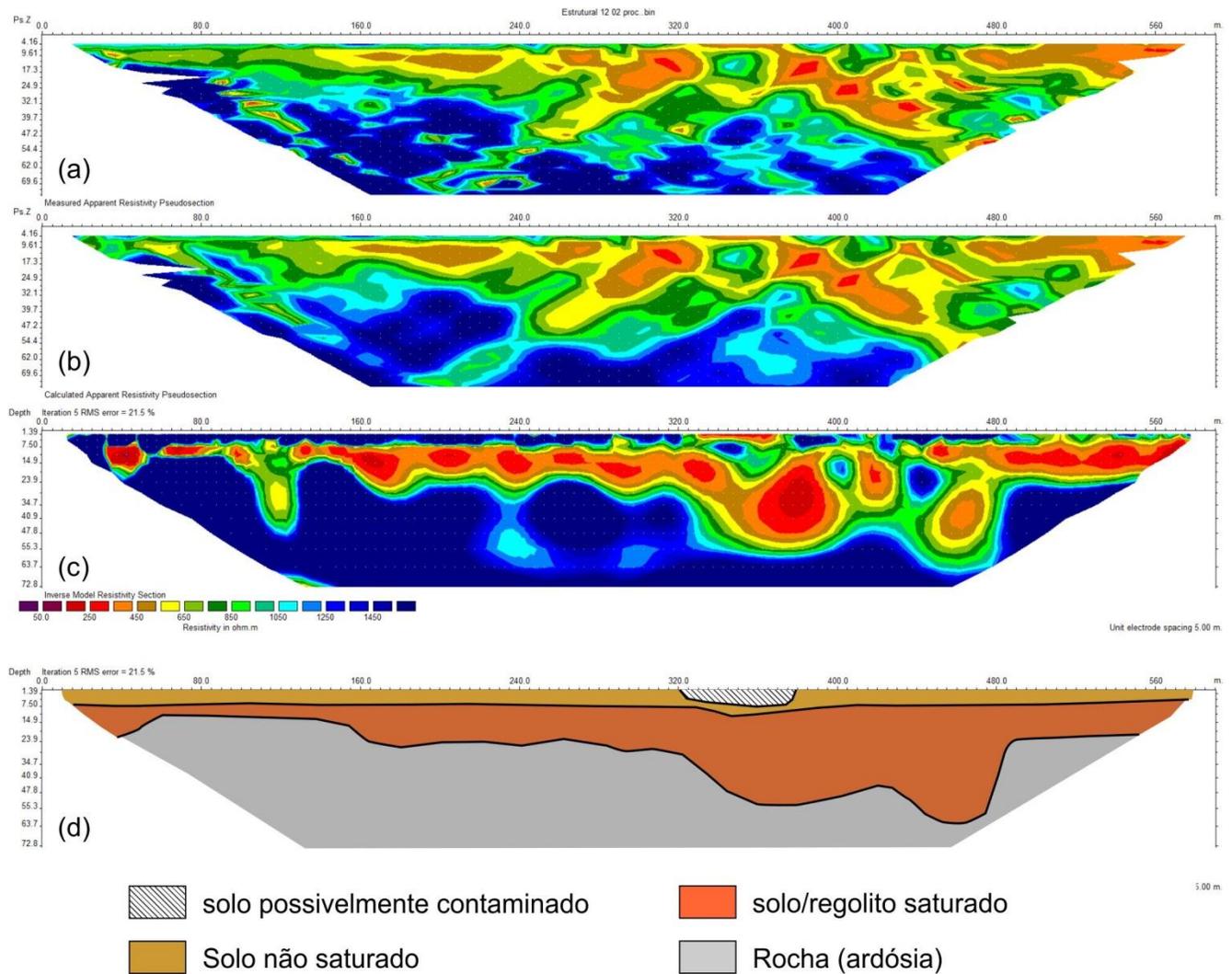


Figura 2 – Seções de eletroresistividade obtidos no limite entre o Lixão da Estrutural e o Parque Nacional de Brasília. (a) Pseudo-seção de resistividade aparente dos dados de campo. (b) Pseudo-seção de resistividade aparente calculada. (c) Modelo de resistividade elétrica obtido após a inversão dos dados. (d) Modelo geológico elaborado a partir dos dados de eletroresistividade.

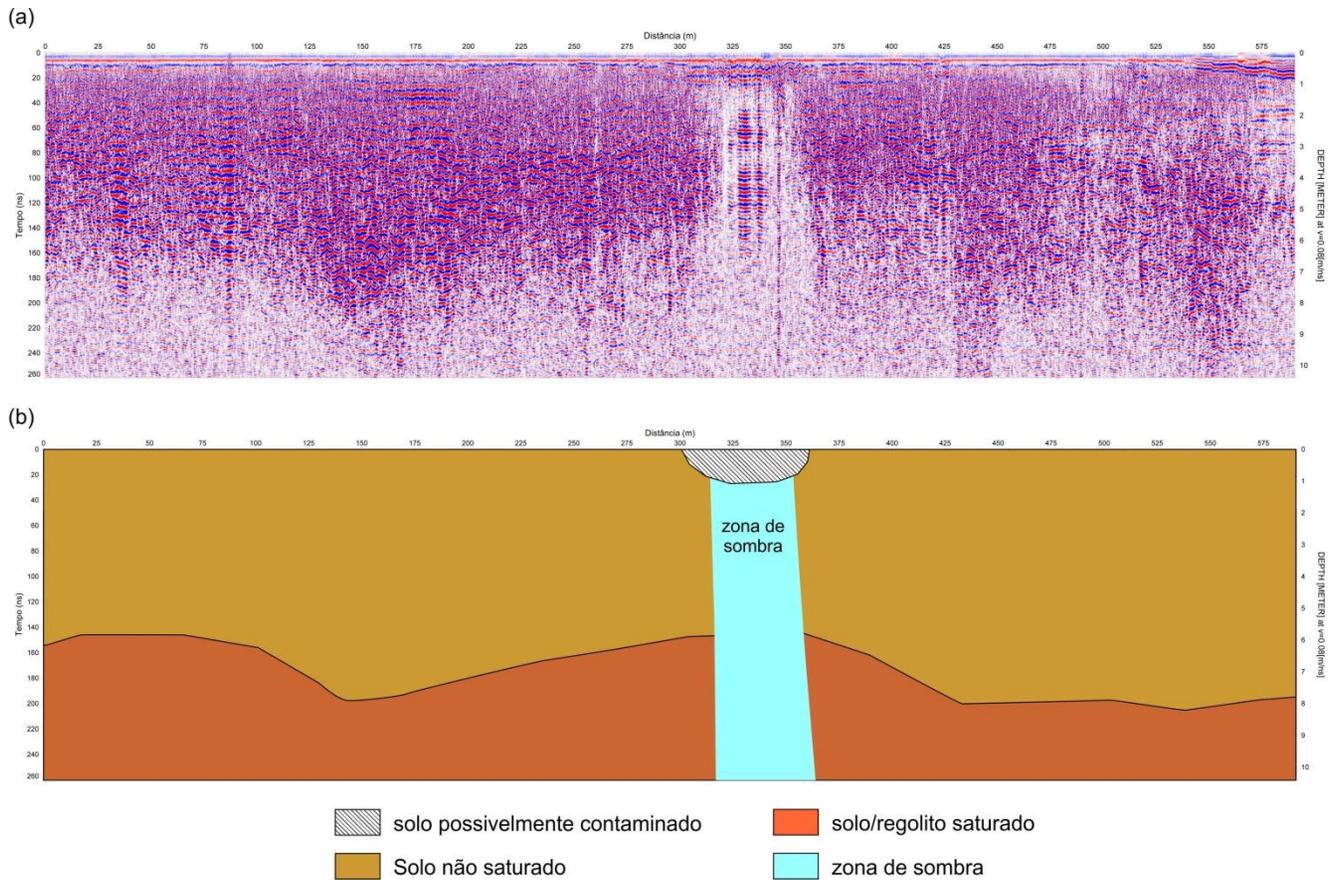


Figura 3 – (a) Seção de GPR obtida com antena blindada de 200 MHz no limite entre o Lixão da Estrutural e o Parque Nacional de Brasília. (b) Modelo geológico elaborado a partir do dado de GPR.

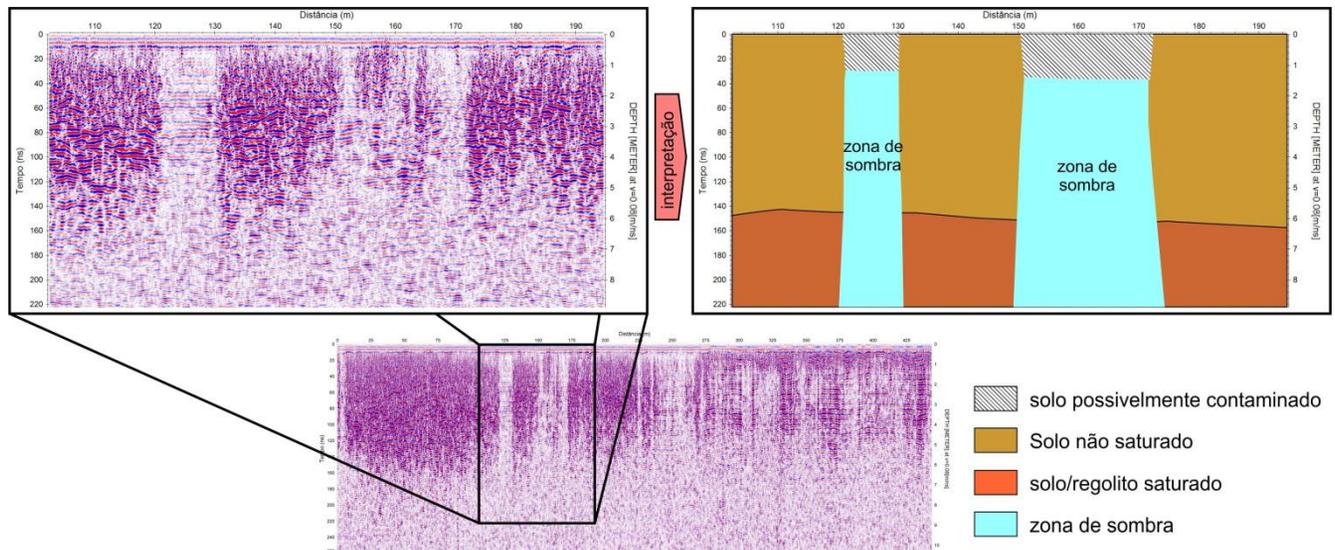


Figura 4 – Seção GPR obtido com antena de 200MHz na proximidade entre o Aterro Sanitário e a ocupação irregular urbana (2ª linha).

Agradecimentos

Aos alunos de Graduação em Geofísica: Aline, Isabela Karine, Rafael e Rodrigo e ao técnico Péricles de Brito Macedo pelo auxílio na aquisição de dados em campo. Ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA/UnB) pela disponibilização dos equipamentos geofísicos.

Referências

- ANNAN, A.P, 1992. Ground Penetrating Radar, Workshop Notes. Sensores e Software, Inc. Internal Report. pp.130.
- ARAUJO, R. DE. 1996. Estudo Geoquímico da Contaminação dos Recursos Hídricos e sua Propagação nas Adjacências do Aterro de Resíduos Sólidos Jockey Club – DF. Instituto de Geociências (Dissertação de Mestrado), IG/UNB, Brasília/DF, 74pp.
- CAMPOS, JEG. 2007. Análise e delimitação da pluma de contaminação do Aterro do Jockey, região da Vila Estrutural. Relatório Técnico, Brasília/DF, 14pp.
- CARNEIRO, G. A. 2002. Estudo de Contaminação do Lençol Freático Sob a Área do Aterro de Lixo do Jockey Clube-DF e suas Adjacências. Instituto de Geociências (Dissertação de Mestrado), IG/UNB, BRASÍLIA/DF, 123PP.
- FRANCO, H. DE A. 1996. Geofísica e Químicas Aquáticas Aplicadas ao Estudo da Contaminação de Recursos Hídricos Subterrâneos no Aterro do Jockey Club, Brasília. Instituto de Geociências (Dissertação de Mestrado), IG/UNB, BRASÍLIA/DF, 95PP.
- GALLAS, JDF; TAIOLI, F; SILVA, SMCP. 2005. Contaminação por chorume e sua detecção por resistividade. Revista Brasileira de Geofísica (ISSN 0102-261X). 23(1):51-59. www.scielo.br/rbg.
- GEOTOMO. 2003a. RES2DINV Version 3.53. for Windows 98/ME/2000/NT/XP. Rapid 2D resistivity and IP inversion using the least-squares method. User's Manual, 129p.
- LOKE M.H.; DAHLIN, T. 2002. A comparison of the Gauss-Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion, *Journal of Applied Geophysics*, Vol. 49(3): 149-162.
- SANDMEIER, K.J., 2006. REFLEXW Version 4.2, Windows 9x/2000/NT. Program for the processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. *Manual do Software*, Karlsruhe, Germany, 209p.
- SASAKI, Y. 1989. Two-dimensionas joint inversion of magnetotelluric and dipole-dipole resistivity data. *Geophysics*, Vol. 54(2):254-254.