



## Aplicação de tomografia elétrica na detecção de tambores plásticos na área do Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP

Elizete M. A. da Silva<sup>1</sup>, Vagner Roberto Elis<sup>2</sup>, Welitom Rodrigues Borges<sup>1</sup>, Jorge L. Porsani<sup>2</sup> & Francisco Y. Hiodo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pós-Graduação em Geofísica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP)

<sup>2</sup> Departamento de Geofísica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP)

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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 resumo mostra resultados de tomografia elétrica 2D realizada sobre tambores plásticos enterrados na área do Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP. A metodologia aplicada teve como objetivo identificar o padrão das anomalias elétricas dos tambores plásticos utilizando o arranjo dipolo-dipolo com espaçamento entre os dipolos de 1 metro. Os resultados mostraram que os parâmetros de campo utilizados permitiram somente identificar a posição horizontal dos tambores. Os alvos apresentaram anomalias de alta resistividade e baixo valor de cargabilidade.

### Introdução

No Brasil assim como no mundo, junto com o desenvolvimento industrial e urbano ocorreu também o uso indiscriminado dos ambientes subsuperficiais, gerando transtornos para a vida urbana. Em cidades como São Paulo, os impactos gerados pelo uso intenso do subsolo e pela falta de planejamento urbano passaram a ser alvo de preocupação, já que a implantação de novas obras civis subterrâneas é cada vez maior.

Além disso, a falta de espaço físico aliado à impermeabilização da superfície, torna onerosa e inviável a utilização de métodos diretos de investigação. Deste modo, os métodos não destrutivos acabam sendo considerados ferramentas interessantes na investigação de problemas dentro do ambiente urbano.

No campus da USP-SP, foram realizados estudos para caracterizar a estrutura geológica através dos métodos geofísicos (Mendonça et al., 1999). A interpretação dos resultados obtidos mostrou-se muito complexa, devido às ambigüidades inerentes aos dados geofísicos. Visando encontrar soluções para contornar os problemas de aplicabilidade encontrados pela geofísica, foi instalado uma área de testes controlados em geofísica rasa no Campus da Universidade de São Paulo (Porsani et al., 2004b), que tem como objetivo estudar a assinatura

geofísica de alvos enterrados e diminuir as ambigüidades encontradas nos resultados geofísicos.

No Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG estão instaladas sete linhas de alvos, sendo que cada uma delas buscou reproduzir situações comuns encontradas no meio urbano, dentre elas tambores plásticos enterrados, simulando problemas relacionados ao planejamento urbano e ao meio ambiente, uma vez que estes tipos de tambores vêm sendo utilizados durante muitos anos pelas indústrias como armazenadores de material para descarte.

Os métodos geofísicos escolhidos para esta caracterização, apresentados neste trabalho, são os métodos da eletrorresistividade e da polarização induzida, que vêm sendo utilizados com bastante freqüência no estudo de problemas ambientais.

### Metodologia

O perfil de tomografia elétrica foi realizado sobre a linha de tambores plásticos (Linha 36NS) instalados no Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP (**Figura 1**). Os tambores plásticos foram enterrados na vertical, nas profundidades de 0.5 m, 1.0 m, e 1.5 m. Estes tambores estão vazios, preenchidos totalmente e parcialmente com água doce ou água salgada (**Figura 1**) visando simular líquidos e resíduos industriais dispostos diretamente no meio.

A tomografia elétrica 2D, também conhecida como caminhamento elétrico, é a técnica elétrica utilizada para verificar a variação lateral da resistividade elétrica do meio. Os dados foram adquiridos com o arranjo dipolo-dipolo, o qual apresenta o melhor acoplamento eletromagnético, permitindo correlacionar dados de cargabilidade aparente ( $M_a$ ) com dados de resistividade elétrica aparente ( $\rho_a$ ) (Ward, 1990).

Os dados foram coletados ao longo de uma linha com 34 m de extensão na direção N-S magnético, com espaçamento entre os dipolos de 1 m e 7 níveis de investigação. Apesar da diminuição do potencial medido com o distanciamento dos dipolos, uma tensão de 200 Volts utilizada foi o suficiente para se obter bons valores de potencial.

O equipamento utilizado foi o Syscal R2, fabricado pela empresa francesa IRIS, de propriedade do Departamento de Geofísica do IAG/USP. O tempo de injeção e relaxamento de corrente utilizado foi de 1 segundo, o tempo de medida da voltagem primária foi de 0.58 s, o tempo de espera (*delay time*) para medir a primeira

amostra IP foi de 0.16 s, e as janelas temporais foram de 0.12 s, 0.22 s e 0.42 s.

Os tempos de aquisição durante os testes prévios realizados no perfil mostraram-se muito elevados, por está razão foi utilizado um comutador eletrônico de eletrodos e um sistema de conexão entre os eletrodos e o cabo de potencial, ambos desenvolvidos no Laboratório de Instrumentação Geofísica do Departamento de Geologia do IAG/USP (Hiodo *et al.*, 2001). Desta forma, foi possível diminuir o tempo de aquisição de dados.

Na modelagem dos dados de campo da linha 36 NS foi utilizada o software RES2Dinv (Loke, 2004), que, baseado em um algoritmo de inversão pelo método dos mínimos quadrados, fornece um modelo de resistividade/cargabilidade e profundidades reais.

No caso deste trabalho, informações como profundidade, localização dos alvos e características geológicas são previamente conhecidos, o que favorece uma maior eficiência na interpretação.

## Resultados

Para a obtenção dos resultados os dados de resistividade aparente e de cargabilidade aparente foram invertidos conjuntamente.

A **Figura 2** mostra os resultados obtidos para a Linha 36NS, com os dados obtidos em campo (a), a pseudo-seção sintética (b), e o modelo resultante da inversão (c). O modelo de resistividade gerado pelo programa para a linha de tambores plásticos, apresentou um erro de 12,5% após três iterações. Observando os dados de resistividade aparente do modelo (Figura 2c) como já prevíamos, os resultados indicaram corpos resistivos e os respectivos conteúdos não apresentaram nenhum tipo de interferência.

A seção interpretada de cargabilidade (**Figura 3**) apresentou um erro de 1.2%. O modelo de cargabilidade gerado não foi capaz de caracterizar os tambores plásticos, no entanto, o tubo metálico pode ser identificado.

## Conclusões

Os dados de resistividade mostraram que embora não seja possível uma percepção visual de distinção de profundidade dos tambores, os mesmos podem ser identificados (como anomalias resistivas). Com relação ao conteúdo dos tambores, não impuseram nenhum tipo de interferência para o método empregado, já que o conteúdo encontra-se isolado no tambor de material plástico.

Os formatos das anomalias de resistividade aparente geradas não foram correspondentes à forma de um “bumerangue” (formação característica), pois os corpos anômalos estão muito próximos e as anomalias encontram-se sobrepostas.

Nos resultados de cargabilidade não foi possível identificar os tambores plásticos, pois não houve

contraste entre os valores de cargabilidade dos tambores metálicos e do material natural. No entanto, o cano metálico pode ser identificado.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Pessoal de nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro, processos n.º02/07510-0 e n.º 02/07509-1. Ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP (IAG/USP) pelo suporte à pesquisa, e ao Instituto de Física da USP por ceder a área de implantação do SCGR. Ao técnico Ernande C. Santos e a mestranda Selma I. Rodrigues pelo auxílio na aquisição dos dados.

## Referencias

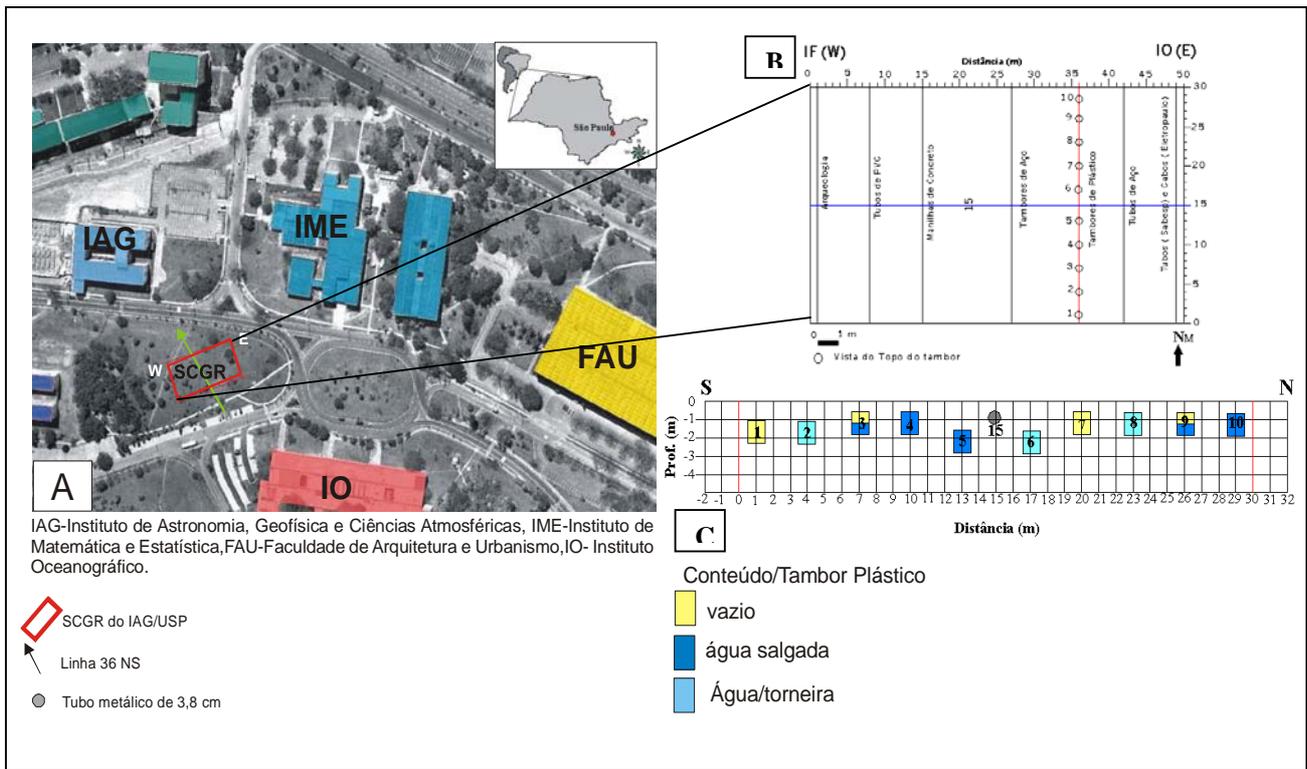
**Hiodo, F. Y.; Silva, N.; Elis, V. R.; Galhardo Filho, L. & Silva, J. E. da. 2001.** Projeto de um sistema semi-automatizado de medidas de potencial elétrico natural ou induzido do solo para aplicações geolétricas. *In: Anais do 7.º International Congress of The Brazilian Geophysical Society*, Salvador,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

**Loke, M.H., 2000.** Res2Dinv versão 3.4 for Windows 3.1, 98 and NT. Rapad 2D Resistivity & IP Inversion using the least-squares method. Software Manual. Disponível em: <http://www.abem.se>

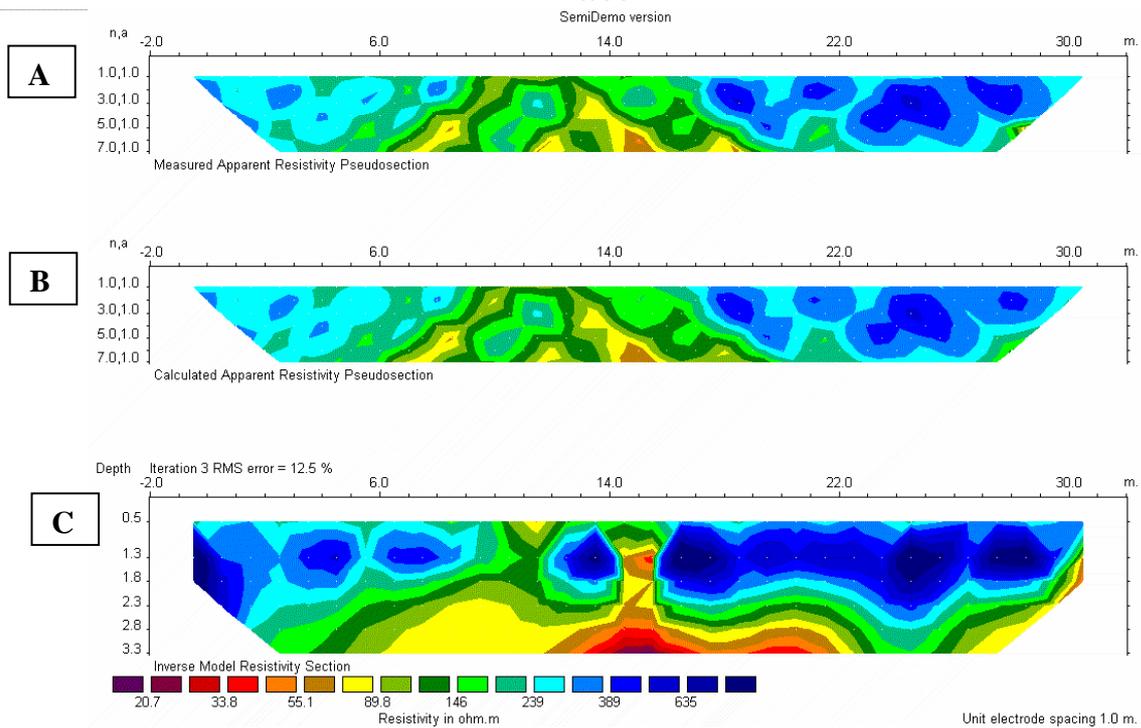
**Mendonça, C.A., Diogo, L.A., Porsani, J.L. & Hiodo, F.Y., 1999.** Ensino de geofísica aplicada: o campus universitário como laboratório de exploração. *In: 6<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Resumos Expandidos*, Rio de Janeiro-RJ, SBGf, CD.

**Porsani, J.L., Rodrigues, S.I., Borges, W.R. e Hiodo, F.Y., 2004b.** O sítio controlado de geofísica rasa do IAG-USP: Instalação e resultados preliminares. I Simpósio Brasileiro de Geofísica, São Paulo, cd-rom.

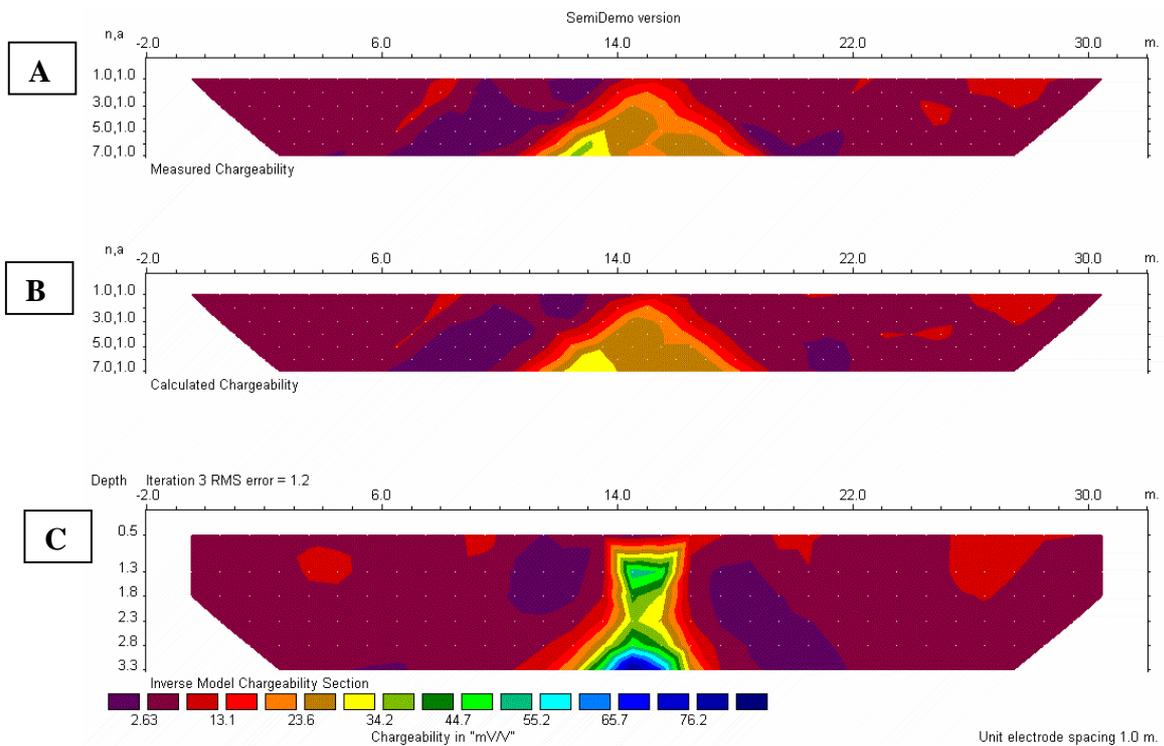
**Ward, O.S.H., 1990.** Resistivity and Induced Polarization Methods. *Geotechnical and Environmental Geophysics, Volume 1: Review and Tutorial. Society of Exploration Geophysics*, Tulsa, OK, pp. 147-189.



**Figura 1** – A) Mapa de localização do Sítio Controlado de Geofísica Rasa (SCGR) do IAG/USP (indicando a posição do perfil 36 NS (linha de tambores plásticos). B) Vista da linha 36NS e de todas linhas de estudo C) Linha 36NS, em corte, mostrando a posição e orientação dos tambores plásticos.



**Figura 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. Nota-se anomalias resistivas sobrepostas indicando as posições dos tambores plásticos.



**Figura 3** - (a) Pseudo-seção de cargabilidade aparente dos dados de campo. (b) Dados sintéticos do ajuste do modelo. (c) Modelo de cargabilidade obtido após inversão. A anomalias de cargabilidade não puderam caracterizar os tambores plásticos. No entanto, na posição 15 podemos identificar o cano metálico de 3,8 cm.