



São Paulo 2004

## Utilização de tomografia elétrica na identificação de tambores metálicos implantados 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 2004, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no I Simpósio Regional da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo, 26-28 de setembro de 2004. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Tecno-científica do I 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 apresenta os resultados preliminares de um perfil de tomografia elétrica 2D sobre tambores metálicos enterrados na área do Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP. A aplicação desta metodologia tem como objetivo identificar o padrão das anomalias elétricas dos tambores metálicos utilizando-se 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 alto valor de cargabilidade, na forma esférica.

### Introdução

O crescimento da sociedade humana tem se caracterizado pelo aumento das populações em áreas urbanas e pelo crescimento industrial. No Brasil este fato intensificou-se nas últimas décadas de forma que os impactos gerados no ambiente subsuperficial cresceram na mesma proporção e resultam em enormes transtornos para a vida urbana.

A cidade de São Paulo já sofre as conseqüências dos problemas relacionados à falta de planejamento urbano, principalmente em relação ao uso intensivo do subsolo para implantação de obras subterrâneas.

Com a impermeabilização da parte superior do terreno (capeamento asfáltico ou de concreto) e a falta de espaço físico, a utilização de métodos diretos de investigação do subsolo tornam-se muito onerosas. Deste modo, os métodos não destrutivos acabam sendo considerados ferramentas interessantes na investigação de problemas dentro do ambiente urbano.

Estudos da estrutura geológica dentro do campus da USP, em São Paulo, por meio de métodos geofísicos, vêm sendo realizados desde 1993 (Mendonça et al., 1999). Por meio dos resultados obtidos, notou-se uma complexidade muito grande nas interpretações, provenientes das ambigüidades inerentes aos dados geofísicos. Na busca de soluções para contornar os problemas de aplicabilidade encontrados pela geofísica foi proposto um projeto de instalação de uma área de testes controlados em geofísica rasa no Campus da

Universidade de São Paulo, que tem como objetivo estudar a assinatura geofísica de alvos enterrados e diminuir as ambigüidades encontradas nos resultados geofísicos (Porsani, 2002).

No Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG foram instaladas sete linhas de estudos e cada uma delas buscou reproduzir situações comuns encontradas no meio urbano, dentre elas tambores metálicos 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 frequência no estudo de problemas ambientais.

### Metodologia

A técnica utilizada neste trabalho é a tomografia elétrica 2D, a qual possibilita identificar variações laterais de resistividade e cargabilidade, através de injeção de corrente elétrica DC no subsolo. A resistividade ( $\rho = \text{ohm.m}$ ) é a propriedade física do solo que representa a impedância do fluxo de corrente elétrica através de uma determinada área (definida pela configuração dos pontos de injeção de corrente e medidas de potencial) do solo. A cargabilidade ( $M = \text{milivolt por volt}$ ) representa a variação da voltagem em função do tempo, medida no solo, após a interrupção da passagem de corrente elétrica.

O perfil de tomografia elétrica foi realizado sobre a linha de tambores metálicos instalados no SCGR do IAG/USP (**Figura 1**). Foram enterrados tambores metálicos na horizontal e vertical, nas profundidades de 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m e 2.0 m, visando simular situações típicas de disposição de rejeitos industriais.

Os dados de tomografia elétrica 2D 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 aparente ( $\rho_a$ ) (Ward, 1990).

A coleta dos dados foi realizada ao longo de uma linha com 34 metros de extensão, afastamento entre os dipolos de 1 metro, com 7 níveis de investigação. 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.

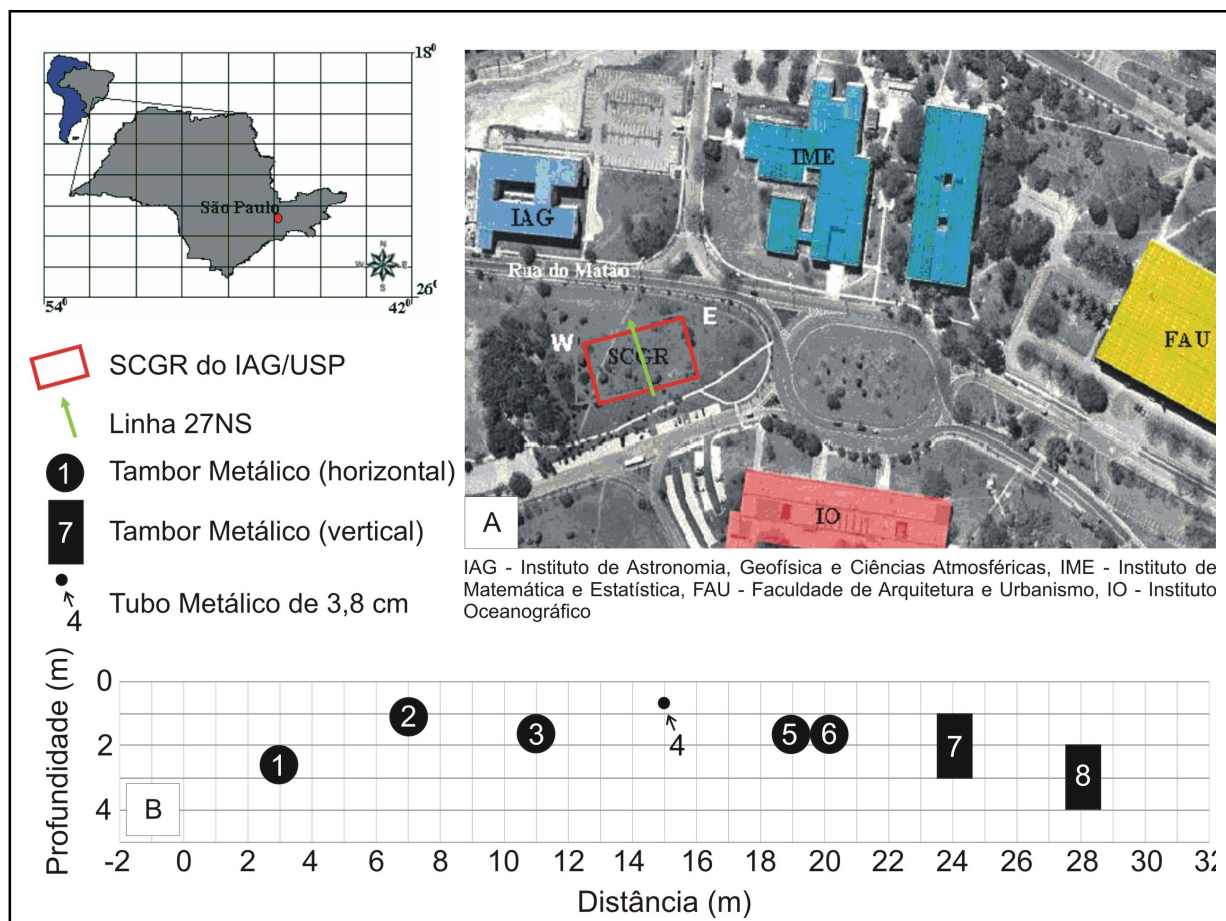
Para diminuir o tempo de aquisição dos dados, foi utilizado um comutador eletrônico de eletrodos desenvolvido no Laboratório de Instrumentação Geofísica do Departamento de Geologia do IAG/USP (Hiodo *et al.*, 2001). Com a utilização deste comutador e de um sistema de conexão entre o eletrodo e o cabo de potencial foi possível diminuir o tempo de aquisição de dados.

Para interpretação dos dados de campo da linha 27NS foi utilizado o software RES2Dinv (Loke, 2000), que, baseado em um algoritmo de inversão pelo método dos mínimos quadrados, fornece um modelo de resistividade/cargabilidade e profundidades reais. Tratando-se de uma área controlada, informações como: profundidade, localização dos alvos e características geológicas são previamente conhecidas, o que torna a interpretação eficaz.

### Resultados

Os dados de resistividade aparente foram invertidos em conjunto com os dados de cargabilidade aparente. A **Figura 2** mostra a pseudo-seção de resistividade aparente da Linha 27NS, com os dados obtidos em campo (a), a pseudo-seção sintética (b), e o modelo resultante da inversão (c). O modelo de resistividade obtido para a linha de tambores metálicos, apresentou um erro de 9.7% após 3 iterações. Observando-se os dados de resistividade aparente do modelo (**Figura 2c**) nota-se que, apesar da extrema condutividade do metal, os resultados indicam corpos resistivos.

A inversão dos dados de cargabilidade aparente (**Figura 3**) apresentou um erro de 1.5%. O modelo de cargabilidade obtido indica que as anomalias circulares com os maiores valores representam os tambores metálicos. Os dados de IP identificaram com melhor precisão os alvos metálicos.



**Figura 1** – A) Mapa de localização do Sítio Controlado de Geofísica Rasa (SCGR) do IAG/USP, indicando a posição do perfil 27NS (linha de tambores metálicos). B) Linha 27NS, em corte, mostrando a posição e orientação dos tambores metálicos.

## Discussão e Conclusões

Os dados de resistividade aparente mostraram que embora não havendo uma percepção visual de distinção de profundidade dos tambores, os mesmos podem ser identificados, com exceção do tambor 1. Devido a pequena espessura das paredes metálicas do tambor, o conteúdo foi o fator responsável pela detecção dos mesmos. Neste caso, devido aos tambores estarem vazias, as anomalias apresentadas foram resistivas. Em relação ao formato da anomalia de resistividade, a forma de um "bumerangue" é percebida apenas quando há somente um corpo no subsolo, ou melhor, quando o espaçamento entre os eletrodos é suficientemente pequeno para amostrar o corpo diversas vezes, sem a presença de demais corpos. Quando há corpos anômalos muito próximos, as anomalias são sobrepostas, impossibilitando a formação das anomalias características. Dos tambores enterrados na linha 27NS, somente o tambor 1 não foi identificado nos dados.

Já os resultados de cargabilidade indicaram que os tambores metálicos mostram anomalias IP elevadas, características de objetos metálicos.

## 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 mestrandia Selma I. Rodrigues pelo auxílio na aquisição dos dados.

## Referências

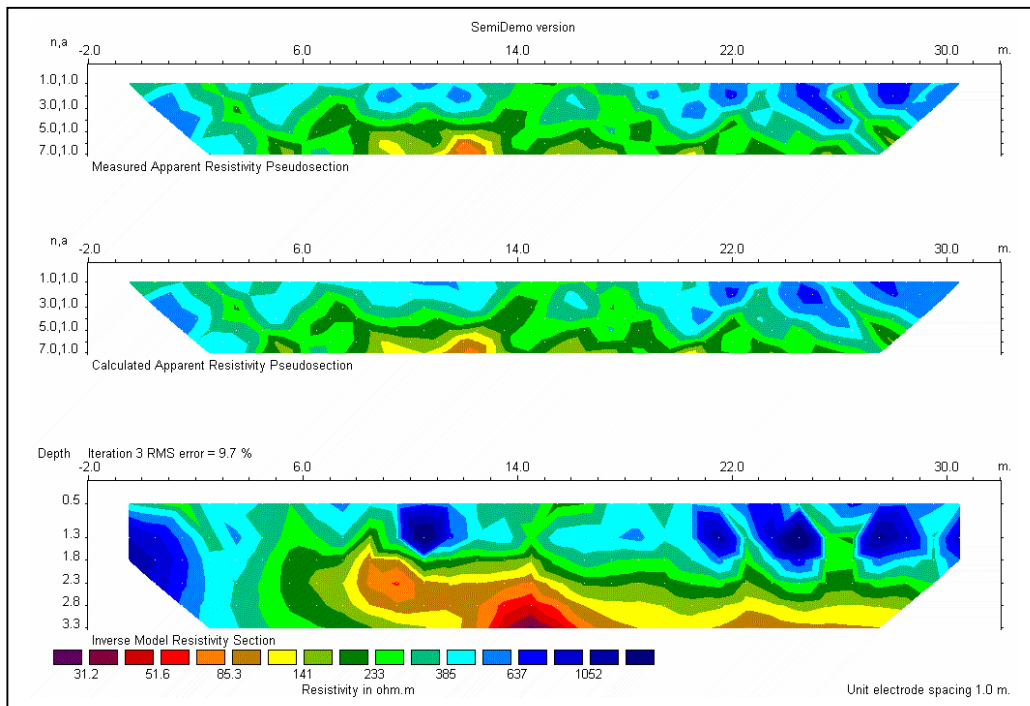
**Hiodo, F. Y.; Silva, N.; Elis, V. R.; Galhardo Filho, L. & Silva, J. E. da. 2001.** Projeto de um sistema semi-automatizado de medidas de potencial elétrico natural ou induzido do solo para aplicações geolétricas. *In: Anais do 7.º International Congress of The Brazilian Geophysical Society, Salvador,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

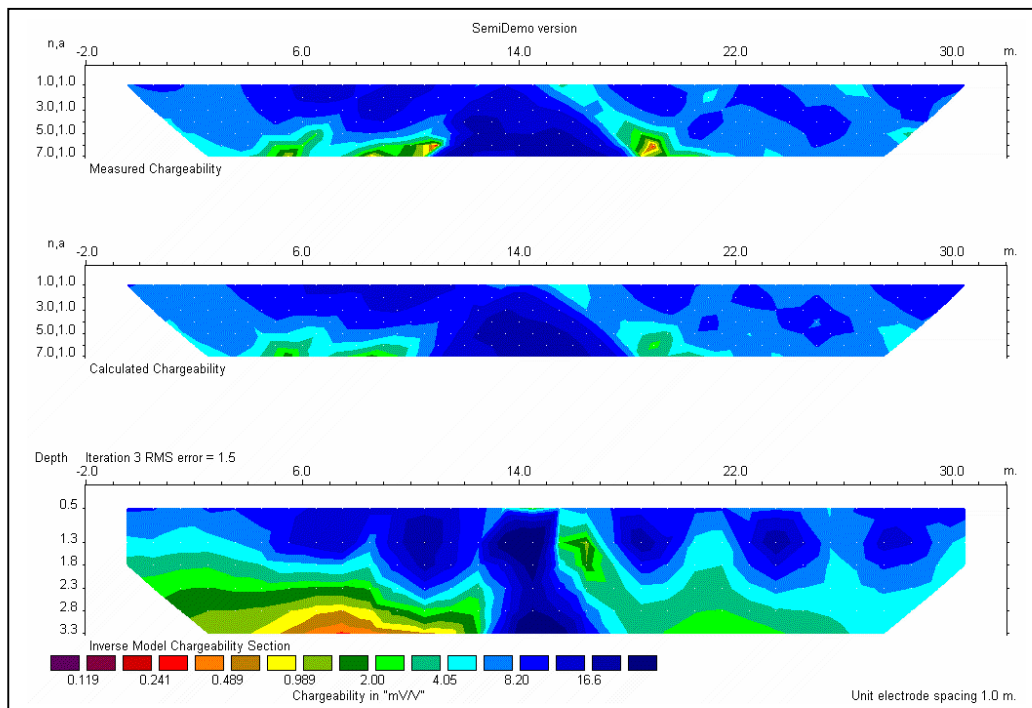
**Mendonça, C.A., Diogo, L.A., Porsani, J.L. & Hiodo, F.Y., 1999.** Ensino de geofísica aplicada: o campus universitário como laboratório de exploração. *In: 6<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Resumos Expandidos, Rio de Janeiro-RJ, SBGf, CD.*

**Porsani, J.L., 2002.** Caracterização geofísica de alvos rasos com aplicações no planejamento urbano, meio ambiente e arqueologia: estudo sobre o sítio controlado do IAG/USP. Projeto de Auxílio à Pesquisa. Processo FAPESP No. 02/07509-1, São Paulo - SP.

**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 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 nas posições 11 m, 18 m, 21 m, 24 m e 28 m, indicando a posição dos tambores metálicos.



**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 mostram com maior nitidez a posição horizontal dos alvos metálicos, com exceção do tambor localizado na posição  $x = 3$  m,  $z = 2$  m.