



Comparação entre Diferentes Alturas dos Sensores Eletromagnéticos (EM38) para Mapear Interferências Metálicas Instaladas no SCGR do IAG/USP

Vinícius Rafael Neris dos Santos^{1,*} & Jorge Luís Porsani²

¹ Pós-Graduação em Geofísica (IAG-USP) – Email: vinicius@iag.usp.br

² Departamento de Geofísica (IAG-USP) – Email: porsani@iag.usp.br

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica
This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.
Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th 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

Comparative results from EM38 inductive electromagnetic equipment in HLEM mode are shown for the sensors positioned at 0, 5, 10 and 15 cm high, in order to map buried targets, such as metal pipes in the line 6 of the IAG/USP test site. The best results were obtained with the coils at 10 cm, where anomalies became better defined, due the reduction of the surface layer effects. The results were interesting and effective to map interferences in subsoil and they have some applicability in geotechnical studies.

Introdução

O processo de expansão das grandes cidades tem se dado de forma rápida e desordenada. Com a ocupação territorial não planejada houve a necessidade de se melhorar a infra-estrutura da subsuperfície por meio de obras geotécnicas, por exemplo, ampliações das linhas do metrô, instalação de cabos elétricos e telefônicos, gasodutos, galerias de canalização de águas pluviais e esgotos, etc.

Com a instalação de novas obras subterrâneas fica evidente o aparecimento de acidentes relacionados com o rompimento de cabos, tubulações pré-existentes de água, esgoto ou gás, trazendo prejuízos financeiros, transtornos no trânsito, além de colocar a vida da população em risco. Assim, a Geofísica Aplicada pode minimizar a ocorrência de incidentes através de uso dos métodos não-destrutivos de caracterização da subsuperfície, visando à localização de interferências no subsolo e zonas de contaminação ambiental.

O emprego da Geofísica em áreas urbanas apresenta algumas limitações, devido à grande quantidade de ruídos eletromagnéticos e culturais que podem comprometer a qualidade dos dados, bem como a ambigüidade na interpretação dos resultados. Portanto, o grande desafio é poder empregar os métodos geofísicos em ambiente urbano, visando à localização de interferências no subsolo ou em estudos ambientais. Dessa forma, os estudos para minimizar tais problemas

nos levantamentos geofísicos em áreas urbanas têm caminhado para pesquisas realizadas em locais controlados. No campus da Universidade de São Paulo (USP), na capital paulista, foi instalada a primeira área para testes controlados de geofísica rasa do Brasil, onde foram enterrados alvos normalmente encontrados nos grandes centros urbanos (Porsani et al., 2006).

Neste trabalho utilizou-se o método eletromagnético indutivo - EMI (equipamento EM38) para analisar o efeito da variação da altura do equipamento, visando eliminar a influência da condutividade do *background*, i.e., solo superficial e melhorar a detecção dos alvos dispostos em maiores profundidades. Os resultados obtidos mostraram que os perfis de caminhamento eletromagnético realizado em distância e com os sensores dispostos a 10 cm de altura permitiram detectar as tubulações metálicas com maior nitidez, onde as influências da cobertura de solo superficial foram reduzidas. Estes resultados são apresentados neste artigo.

Área de estudo

O Sítio Controlado de Geofísica Rasa do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (SCGR do IAG/USP) situa-se na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo (Figura 1). A área é composta por um aterro argilo-siltoso seguido de uma camada de argilas com matéria orgânica até 6 m. A partir daí predominam sedimentos areno-argilosos das formações Resende e São Paulo sobrepostos ao embasamento granito-gnáissico. Dados de três poços para pesquisas geológicas-geofísicas, perfurados na área, mostram que a espessura dos sedimentos não ultrapassa 53 m (Porsani et al., 2004).

O SCGR possui dimensões de 50 m x 30 m, sendo composto por 7 linhas de 30 m cada, dispostas ao longo da direção NS magnético. Os alvos instalados nas 7 linhas são constituídos de diferentes materiais, tais como, cabos elétricos e de fibra ótica, tubulações metálicas e de PVC, tambores plásticos e metálicos, manilhas de concreto e materiais que simulam alvos arqueológicos. Detalhes sobre a instalação do SCGR e resultados geofísicos podem ser encontrados em Porsani *et al*, 2006, 2008; Borges, 2007, Porsani & Sauck, 2007, dentre outros.

Metodologia

O método eletromagnético indutivo diferencia-se de outras tecnologias pelo uso de equipamentos de operação simples, rápida e de baixo custo. Entre 1919 e 1922, os suecos H. Lundberg e K. Sundberg começaram a trabalhar com exploração elétrica com campos variáveis e principalmente na observação da intensidade do campo magnético, surgindo assim o método eletromagnético indutivo (Ward & Hohmann, 1987). O uso da propagação de campos eletromagnéticos de baixa frequência usada atualmente foi desenvolvido entre 1925 e 1940 por Sundberg e H. Hedström, sendo que a tecnologia de emissor e receptor móveis foram apresentadas entre 1940 e 1950.

O objetivo do método eletromagnético indutivo, para baixos valores de número de indução, é medir diretamente a condutividade elétrica e a susceptibilidade magnética. O equipamento EM38 (Geonics), conhecido como condutímetro de solo portátil, possui o espaçamento entre as bobinas de 1 m e frequência de operação de 14,6 kHz (McNeill, 1980). Ele possibilita obter a condutividade elétrica e a susceptibilidade magnética do meio nas profundidades teóricas de 0,75 m (DMH – dipolo magnético horizontal) e 1,5 m (DMV - dipolo magnético vertical). Suas principais aplicações são: estudos de agricultura de precisão, mapeamento de salinidade do solo, arqueologia, mapeamento de tubulações metálicas, dentre outras.

Aquisição e tratamento dos dados

Os dados foram adquiridos ao longo de uma faixa de estudos e corresponde à linha-6 do SCGR onde estão instaladas as tubulações metálicas dispostas na horizontal (direção EW e NS), vertical e inclinada (Figura 2). As tubulações metálicas de 4" (10,16 cm) de diâmetro externo simulam a passagem de água e gás nos grandes centros urbanos.

Para a aquisição dos dados a área do SCGR foi delimitada com trenas e foram feitas marcações a cada 1 m. Os perfis EM38 foram adquiridos em uma faixa de 4 metros de largura, totalizando um perfil a cada 0,5 m, sendo as medidas feitas também a cada 0,5 m no sentido SN. Os perfis foram adquiridos no modo DMV em distância e em tempo (Figura 3) e para retirar o efeito da cobertura de solo nos dados de condutividade, as medidas foram realizadas com o equipamento na superfície do solo (0 cm de altura) e em seguida o equipamento foi colocado a 5, 10 e 15 cm de altura. Os dados foram corrigidos da variação de temperatura (*drift instrumental*) por meio de uma função quadrática (Santos, 2009) e os mapas de condutividade elétrica aparente foram obtidos utilizando-se os softwares Matlab e Surfer.

Discussão dos resultados

Com o objetivo de mostrar a relação entre a diminuição dos valores de condutividade, devido ao decréscimo da amplitude do sinal eletromagnético que chega ao alvo, com a altura do equipamento, os resultados de

condutividade elétrica obtidos com o equipamento EM38 a 0, 5, 10 e 15 cm de altura em relação à superfície do solo, são apresentados a seguir, e para facilitar a análise, as escalas de cores foram normalizadas.

Inicialmente, no primeiro conjunto de resultados, utilizou-se uma escala de cor para cada perfil adquirido para destacar as anomalias presentes e assim fazer uma análise isolada de cada perfil. Já para os resultados apresentados em conjunto, ao normalizar a escala de cores, ou seja, delimitar os valores mínimo e máximo de condutividade para todos os perfis, o principal objetivo é realçar a diferença entre as alturas de aquisição com o EM38 no mapeamento dos alvos em subsuperfície.

A Figura 4 mostra os resultados de condutividade elétrica aparente em distância obtidos com o EM38 para a linha 6 do SCGR para diferentes alturas dos sensores em relação a superfície do solo. Os valores de condutividade variam de -47 a 43 mS/m e observa-se claramente que a amplitude das anomalias presentes diminuem à medida que o equipamento se afasta da superfície do solo, como já era esperado. Nota-se na Figura 4a que o alvo "A" apresenta uma anomalia com valores de condutividade negativos e a medida que o equipamento é posicionado a maiores alturas a anomalia de condutividade passou a apresentar valores positivos (Figura 4d), apesar disso, o alvo foi claramente detectado. O valor negativo de condutividade não tem significado físico, mas indica a presença de alvos metálicos no subsolo raso, o que viola a condição de baixo número de indução. O alvo "B" na posição de 6 metros foi bem mapeado quando o sensor foi colocado na superfície (Figura 4a) e a sua anomalia parece ficar mais nítida quando o equipamento é posicionado a 5 e 10 cm de altura. O cano metálico guia (alvo "E") foi bem detectado com o equipamento colocado em todas as alturas, sendo caracterizado por valores de condutividade negativos. O alvo "G" possui as mesmas características do alvo "A", discutidos anteriormente e a anomalia referente ao alvo "H" foi caracterizada como sendo uma região anômala circular e não apresentou variações significativas de condutividade quanto às mudanças de altura do equipamento.

Os alvos "C" e "I" não são observados em nenhuma das formas de aquisição e o tubo inclinado "J" apresenta uma interferência pouco visível. O alvo "C" (tubulação na horizontal) não foi identificado, pois está a 2 m de profundidade. Este resultado já era esperado, pois o equipamento EM38, no modo DMV investiga até a profundidade de 1,5 m (Geonics, 1998). O alvo "I" em 1,0 m de profundidade, também não foi identificado, provavelmente devido à influência da anomalia gerada pelo alvo "H", localizado em 0,5 m de profundidade e que interfere no alvo "I".

Para os alvos "D" e "F" foram observados o mesmo padrão de anomalia com os ruídos provocados pelo cano metálico guia. Estas anomalias referentes às tubulações perpendiculares horizontais EW a 1,5 e 1,0 metros de profundidade, respectivamente, não aparecem bem definidas, pois a anomalia gerada pelo cano metálico guia é mais intensa e interfere nas duas tubulações ao seu redor; além da pequena quantidade de metal nos alvos e a sua profundidade de ocorrência.

A parte inicial do alvo "J" (tubulação inclinada) está a 1 m da superfície e a parte final a 2 m da superfície, sendo assim devido à sua profundidade de ocorrência aliada ao seu pequeno volume de metal inclinado não favoreceu para sua identificação.

Conclusões

O método EMI (equipamento EM38) se mostrou eficaz na detecção de tubulações metálicas instaladas na linha 6 do Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP. Os melhores resultados foram obtidos com os sensores posicionados a 10 cm de altura, devido às anomalias ficarem mais nítidas, sendo que a influência da condutividade do *background* foi reduzida. Estes resultados são promissores e têm aplicações em estudos geotécnicos.

Agradecimentos

VRNS agradece ao CAPES pela bolsa de Mestrado. Ao IAG/USP pela infra-estrutura para a realização desta pesquisa. JLP agradece à FAPESP pelo apoio financeiro que resultou na instalação do SCGR do IAG/USP (02/07509-1). Ao Ernande Costa Santos pelo apoio recebido durante a aquisição dos dados.

Referências

Borges, W.R., 2007. Caracterização geofísica de alvos rasos com aplicações no planejamento urbano e meio ambiente: Estudo sobre o Sítio Controlado do IAG/USP. Tese (Doutorado), IAG/USP.

Geonics, 1998. EM38 ground conductivity meter operating manual. Geonics Ltd, Mississauga, Ont. Canada, 27p.

McNeill, J.D., 1980. Electromagnetics terrain conductivity measurement at low induction numbers. Tech. Note TN-6, Geonics Ltd, Mississauga, Ont., Canadá, 13p.

Porsani, J.L.; Borges, W.R.; Elis, V.R.; Diogo, L.A.; Hiodo, F.Y.; Marrano, A.; Birelli, C.A., 2004. Investigações geofísicas de superfície e de poço no sítio controlado de geofísica rasa do IAG/USP. *Revista Brasileira de Geofísica*, Rio de Janeiro, v.22, n.3, p.245-258.

Porsani, J.L.; Borges, W.R.; Rodrigues, S.I.; Hiodo, F.Y., 2006. O sítio controlado de geofísica rasa do IAG/USP: Instalação e resultados GPR 2D-3D. *Revista Brasileira de Geofísica*, Rio de Janeiro, v.24, p.49-61.

Porsani, J.L., Sauck, W.A., 2007. Ground-penetrating radar profiles over multiple steel tanks: Artifact removal through effective data processing. *Geophysics*, v.72, p.J77-J83.

Porsani, J.L., Santos, V.R.N., Rodrigues, S.I., Almeida, E.R., 2008. GPR characterization of plastic and steel drums buried in the test site at University of São Paulo-Brazil: applications to environmental studies. Proceedings of the 12th International Conference on Ground Penetrating Radar, GPR2008, Birmingham, UK, cdrom.

Santos, V.R.N., 2009. Emprego dos Métodos Eletromagnético Indutivo e GPR no Mapeamento de Redes de Interferências Instaladas no Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP. Dissertação (Mestrado), IAG/USP.

Ward, S.H., Hohmann, G.W., 1987. Electromagnetic Theory for Geophysical Applications: Electromagnetic Methods in Applied Geophysics. Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, ed. Misac N. Nabighian, vol.1, no.3, p.131-311.

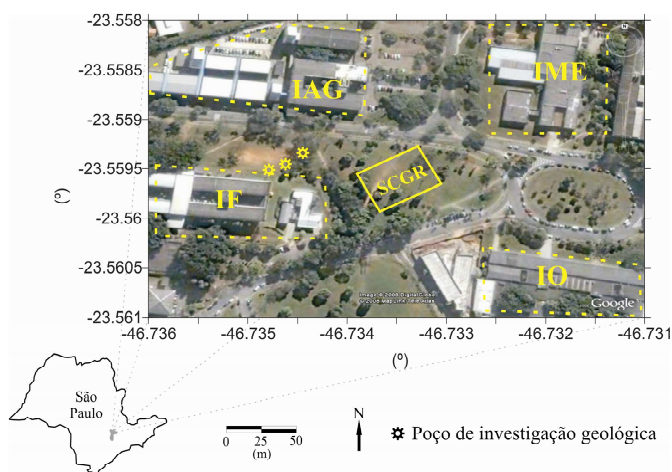


Figura 1. Localização do SCGR do IAG/USP.

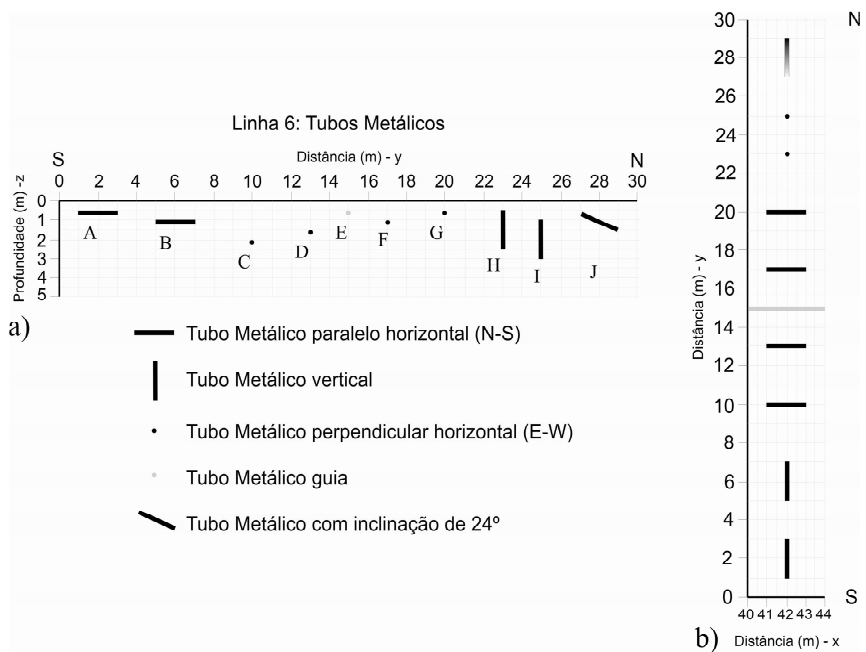


Figura 2. a) Distribuição espacial das tubulações metálicas ao longo da linha 6 do SCGR do IAG/USP. b) disposição das tubulações em planta.

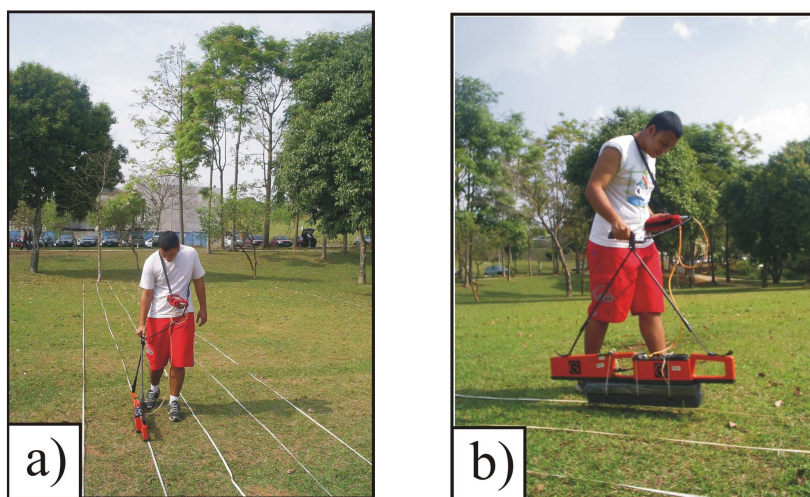


Figura 3. Aquisição com o eq. EM38 em diferentes alturas. a) 0 cm. b) 10 cm.

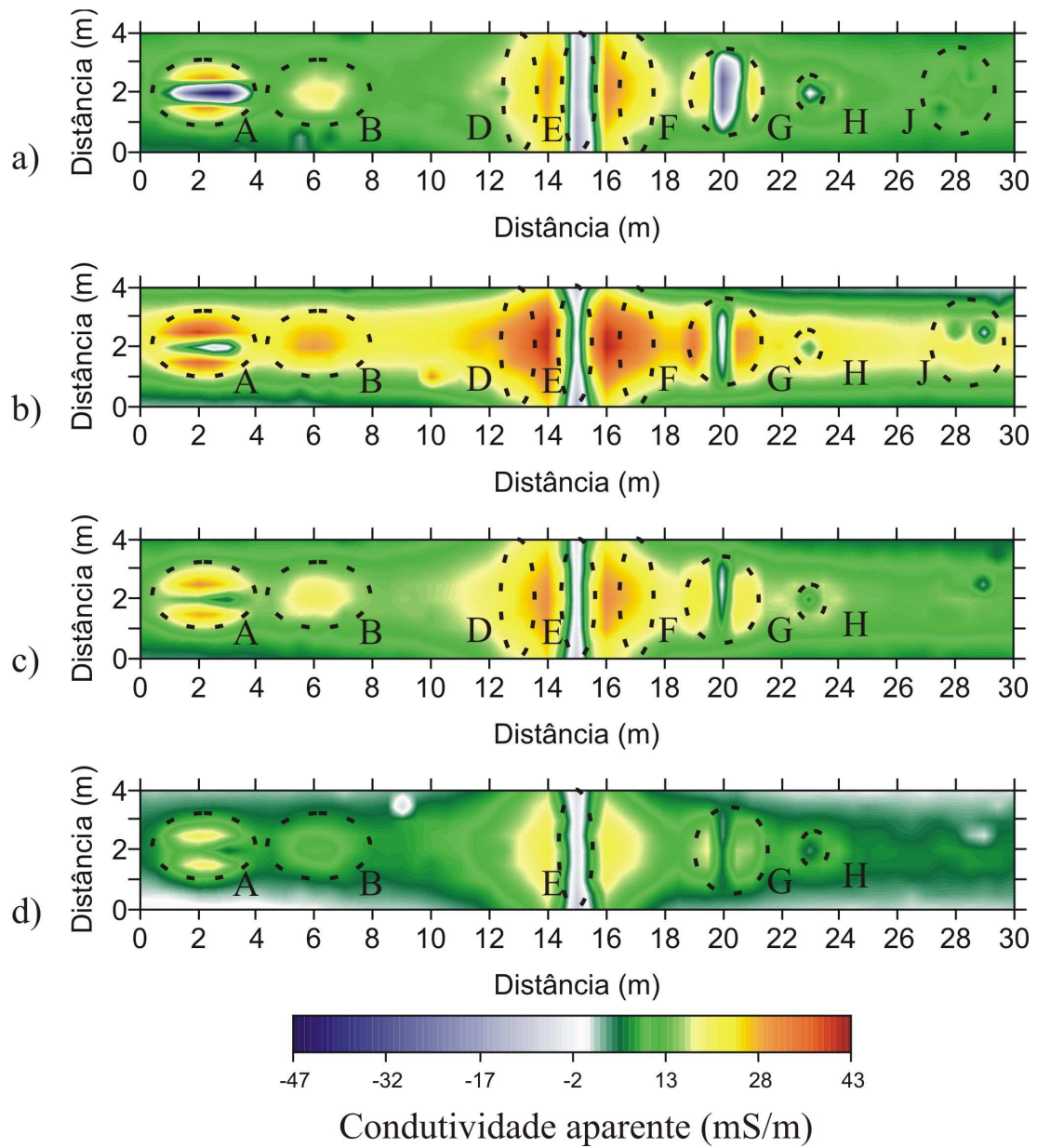


Figura 4. Medidas de condutividade aparente em distância, obtidas com o equipamento EM38 para a linha 6 do SCGR para diferentes alturas dos sensores em relação a superfície do solo, com a escala de cores normalizada. a) 0 cm. b) 5 cm. c) 10 cm. d) 15 cm de altura.