



Hidrologia subterrânea da área de um aterro sanitário utilizando geofísica elétrica

Susana S. Cavalcanti, Olivar A. L. de Lima e Hédison K. Sato

CPGG/UFBA

Abstract

Electrical sounding measurements of resistivity and induced polarization parameters combined with a self-potential survey were used for mapping the sub-surface geology and hidrology around the new Salvador sanitary landfill. This landfill is located within the Rio Joanes basin, close to a surface reservoir used for water supply in the Salvador Metropolitan Area. The main aquifer zone is represented by sandstones of Barreiras Formation and the wheathered basement. The geophysical results are presented as structural sections and maps showing the geometry and the lithologic variability of this aquifer. They may serve as a geophysical reference for monitoring the eventual groundwater changes caused by the landfill operation.

Introdução

Uma forte preocupação com a preservação da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, tem dirigido a atenção dos órgãos públicos e instituições de pesquisa para as áreas de disposição de lixo urbano. A crescente produção de resíduos sólidos e o impacto gerado pela disposição final desses resíduos tem sido objeto de inúmeros estudos nas mais diferentes áreas. Neste contexto, métodos geofísicos elétricos e eletromagnéticos vêm sendo utilizados com sucesso (Corwin, 1993; G. Buselli et al., 1993; Lima et al., 1995; Bernstone e Dahlin, 1997).

Os métodos geofísicos são técnicas não-invasivas que permitem obter informações precisas sobre as condições geológicas e hidrológicas da subsuperfície, de forma indireta, rápida e com baixo custo. Com elas, é possível delimitar zonas de risco em obras de captação de recursos hídricos subterrâneos e/ou realizar uma avaliação efetiva de eventuais contaminações do subsolo, visando posterior remediação.

O Aterro Metropolitano Centro (AMC), estudado neste trabalho, inclui-se na área da Região Metropolitana de Salvador (RMS), localizando-se à margem da BA-526 (Fig.1). Este complexo compreende o sistema de tratamento, o transporte e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos dos municípios de Salvador, Simões Filho e Lauro de Freitas no Estado da Bahia.

Neste trabalho, foram utilizadas sondagens elétricas verticais (SEV) de resistividade e polarização induzida combinadas a um mapeamento do potencial elétrico espontâneo, visando definir as características geológicas da área ao redor do aterro, assim como os padrões do fluxo hidráulico subterrâneo. Esses resultados servirão para definir um referencial físico de base para o monitoramento hidrológico e

geotécnico da área do AMC.

Geologia

A geologia da RMS é representada por rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano, por sedimentos Jurássico-Cretáceo da bacia sedimentar do Recôncavo, pelas coberturas terciárias que repousam discordantemente sobre as rochas mais antigas e por sedimentos quaternários marinhos e aluviais. Na área do AMC, predominam rochas do embasamento cristalino, representadas por granulitos. Os vales estão capeados por sedimentos aluvionares recentes, originados da erosão das unidades geológicas que afloram em cotas topográficas mais elevadas que, neste caso, compreendem os sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras e/ou o manto de alteração do embasamento cristalino (Plano Diretor, 1992).

O embasamento cristalino compreende rochas granulíticas e anfibolíticas muito fraturadas e, normalmente, encobertas pela Formação Barreiras ou por um espesso manto de alteração. Sua estruturação gerou feições topográficas elevadas separadas por vales ou depressões, destacando-se a presença de dois grotões que nascem na própria área e correm para sudeste. A Formação Barreiras compõe-se de arenitos finos a grossos e por vezes conglomeráticos, de coloração cinza-esbranquiçados, amarelados e avermelhados, pouco consolidados e de matriz caulinitica. Contem corpos de argilas cinza-avermelhadas, roxas e amareladas. Ocorre na forma de extensos tabuleiros ligeiramente inclinados em direção à costa. Sua espessura média na área está em torno de 10 m, podendo alcançar 20 m (Geohidro, 1992). Esses sedimentos jazem diretamente sobre as rochas do embasamento em cotas superiores a 50 m.

O nível de água no subsolo situa-se em torno da cota 25 m. Nas elevações, a profundidade do lençol freático pode ultrapassar 10 m, enquanto nos vales ocorrem afloramentos do lençol, em alguns trechos.

O sítio selecionado para implantação do aterro sanitário situa-se na micro-bacia do rio Itinga, integrante da sub-bacia do Ipitanga, que por sua vez faz parte da bacia hidrográfica do Rio Joanes. Estes últimos constituem importantes mananciais de abastecimento de água para a RMS (Moraes et al., 1995).

Geofísica

O método da eletrorresistividade foi aplicado através da técnica da SEV (Ward, 1993), usando o arranjo Schlumberger de eletrodos, até espaçamentos máximos de AB/2 variando de 40 a 200 m. Foram executadas 32 sondagens sendo 10 na área ocupada atualmente pelo aterro (Fig.2).

O equipamento utilizado nas medidas de campo foi um Syscal R2 numa configuração que permite a medida simultânea do parâmetro de polarização induzida no domínio do tempo (cargabilidade) e da resistividade aparente.

Medidas do potencial espontâneo foram realizadas segundo a técnica de potenciais que consiste na determinação da diferença de potencial de uma série de estações com respeito a uma estação de referência ou estação base. Com o eletrodo móvel, foram tomadas medidas de potencial espaçadas de 30 em 30 m, ao longo de 6 linhas com várias direções no terreno.

Os dados de resistividade aparente das SEV's foram interpretados usando ajustes automáticos a modelos de terra estratificados, através de programas desenvolvidos no Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia. O procedimento de interpretação envolve uma suavização com reamostragem equiespaçada dos dados, uma modelagem direta de sondagem de resistividade usando a teoria da filtragem linear digital (Ghosh, 1971), e uma inversão iterativa não linear usando a técnica da declividade máxima (Vozoff, 1958).

Os dados de cargabilidade aparente foram invertidos usando o mesmo programa em conjunção com a técnica proposta por Patella (1973) de computar uma resistividade aparente fictícia (ρ_a) dada como o produto de ρ_a por m_a . Desse modo, a inversão de uma sondagem elétrica com medidas de ρ_a e m_a é obtida através dos seguintes passos: (i) inversão de $\rho_a = f(s)$ para uma estrutura de camadas que melhor se ajuste aos dados observados dentro de um dado critério de erro, (ii) inversão de $\rho'_a = f'(s)$ com geometria inicial definida pelo ajuste obtido no passo anterior. Esses dois passos são sucessivamente combinados até a obtenção do modelo melhor ajustado aos dois conjuntos de informações.

Na figura 3, são mostradas algumas curvas de sondagens obtidas na área, bem como os modelos geoelétricos correspondentes. O conhecimento das unidades litológicas e os dados de sondagem à percussão disponíveis forneceram o principal controle para a interpretação geofísica. A interpretação das sondagens elétricas possibilitou a determinação da profundidade do lençol freático e a espessura da cobertura de material inconsolidado na área.

As variações de resistividade e de cargabilidade aparentes, observadas em pseudo-seções (Fig.4), refletem variações litológicas na Formação Barreiras caracterizadas por aumentos na cargabilidade e diminuições na resistividade e são associadas a aumentos da proporção de argila no subsolo.

Com as medidas de SP, foi construído um mapa de potencial espontâneo da área ao redor das células de disposição de lixo atualmente utilizadas (Fig.5). Como foram tomados cuidados na escolha do local da estação base, no uso de eletrodos não-polarizáveis e como não houve registro de chuvas na área no período do levantamento, o potencial medido deve estar associado ao comportamento do fluxo da água subterrânea. É possível definir, assim, as principais áreas de recarga (anomalias negativas) e as zonas de descarga (anomalias positivas) do sistema freático da região em estudo.

Conclusões

Em estudos ambientais, particularmente na avaliação de áreas de disposição de resíduos sólidos, tanto na

identificação litológica dos materiais de subsuperfície, como na estimativa da profundidade do nível de água do lençol freático e sentido do fluxo subterrâneo, os métodos de eletrorresistividade, polarização induzida e potencial espontâneo podem ser empregados a custos e prazos relativamente reduzidos sem alterar o meio físico. No caso específico do Aterro Metropolitano Centro, estas informações possibilitam a análise do local com estabelecimento de um padrão referencial físico e permitem o planejamento e dimensionamento de outros métodos de investigação tal como a instalação de poços de monitoramento.

Agradecimentos

S. S. Cavalcanti agradece à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, enquanto O. A. L. de Lima e H. K. Sato agradecem ao CNPq pelo apoio na forma de Bolsas de Pesquisa. Além disso, os autores agradecem à CPRM e ao Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia (CPGG-UFBA) pelo apoio a este trabalho.

Referências

- Bernstone, C. e Dahlin, T. (1997) D. C. resistivity mapping of old landfills: two case studies, *European Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, **2**:121–136.
- Corwin, R. F. (1993) The self-potential method for environmental and engineering applications, In: S. H. Ward, ed., *Geotechnical and Environmental Geophysics*, vol. II, Society of Exploration Geophysicists.
- G. Buselli, C. B.; Davis, G. B. e Salama, R. B. (1993) Detection of groundwater contamination near waste disposal sites with transient electromagnetic and electrical methods, In: S. H. Ward, ed., *Geotechnical and Environmental Geophysics*, vol. II, Society of Exploration Geophysicists.
- Geohidro (1992) Estudo de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA do Aterro Metropolitano Centro, Rel. Téc., CONDER.
- Ghosh, D. P. (1971) The application of linear filter theory to the direct interpretation of geoelectrical resistivity sounding measurements, *Geoph. Prospect.*, **19**:192–217.
- Lima, O. A. L.; Sato, H. K. e Porsani, M. J. (1995) Imaging industrial contaminant plumes with resistivity techniques, *Applied Geophysics*, **34**(2).
- Moraes, L. R. S.; Torres, L. F. e de Sena Dias, G. (1995) Recursos Hídricos, Saneamento e Saúde - Documentos Preliminares - Planejamento Ambiental para Salvador, Rel. Téc., Secretaria de Meio Ambiente - Prefeitura Municipal de Salvador.
- Patella, D. (1973) A new parameter for the interpretation of induced polarization field prospecting (time-domain), *Geoph. Prospect.*, **21**:315–329.
- Plano Diretor (1992) Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Salvador, Convênio DNPM/Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador e Superintendência de Geologia e Recursos Minerais da Bahia.

Vozoff, K. (1958) Numerical resistivity analysis, horizontal layers, *Geophysics*, **23**:536–556.

Ward, S. H. (1993) Resistivity and induced polarization methods, In: S. H. Ward, ed., *Geotechnical and Environmental Geophysics*, vol. II, Society of Exploration Geophysicists.

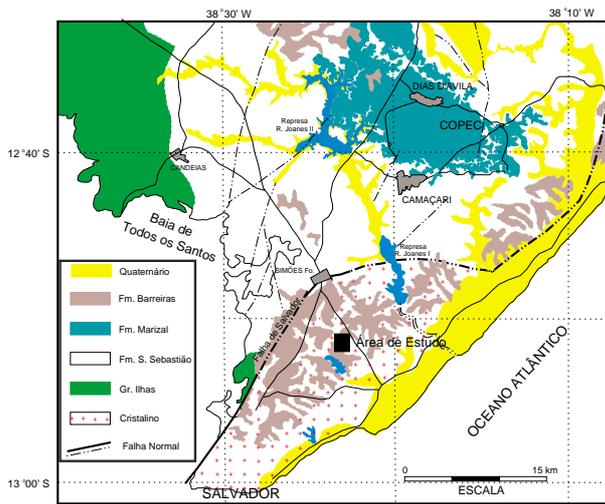


Figura 1-Mapa de localização da área de estudo dentro da Região Metropolitana de Salvador.

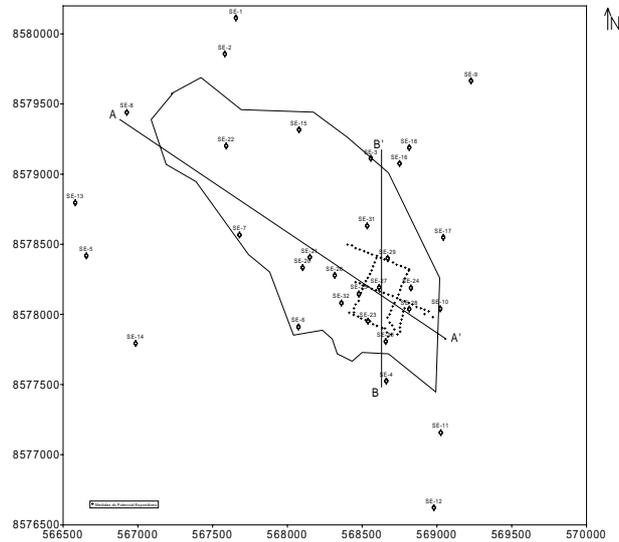


Figura 2-Mapa de localização dos centros das SEV's, da direção dos perfis de eletroresistividade e dos limites do aterro.

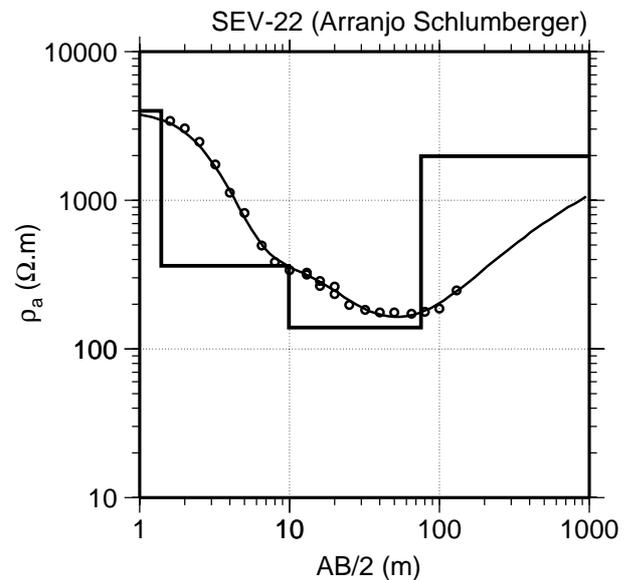
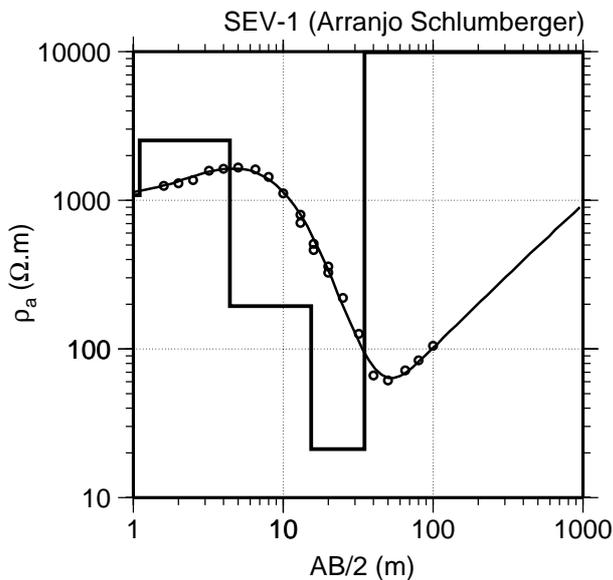


Figura 3-Exemplos de curvas de sondagem elétrica obtidas na área.

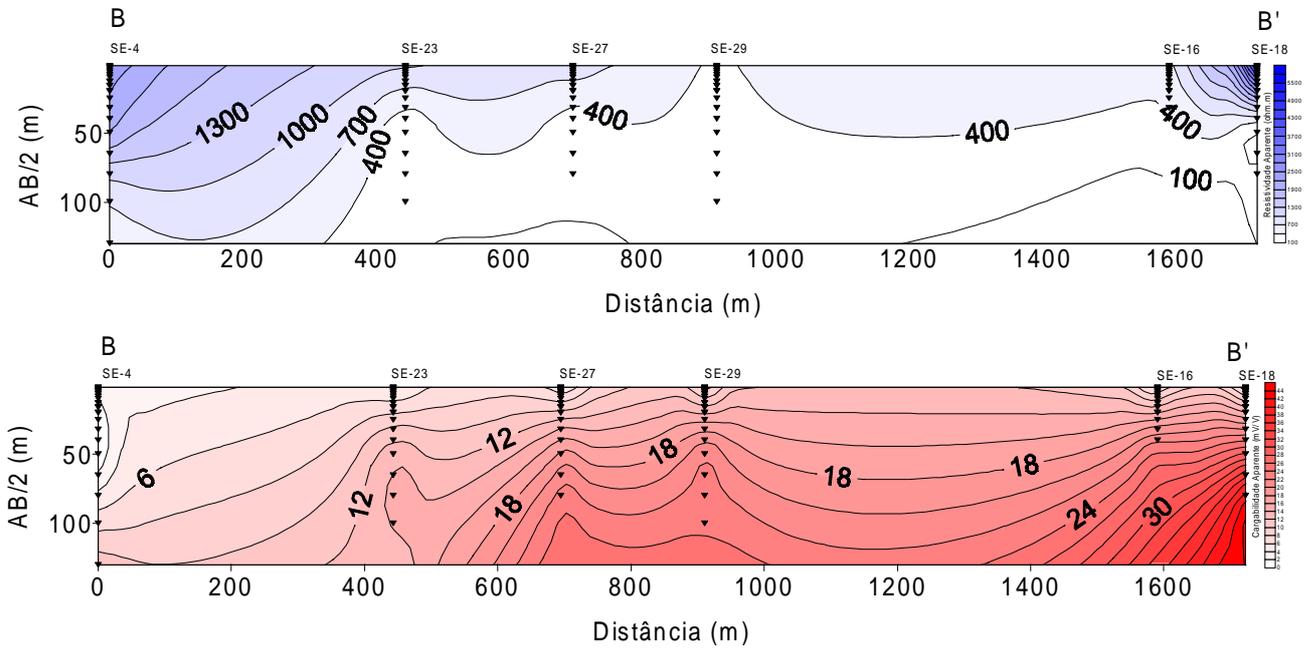


Figura 4-Pseudo-seções de resistividade e cargabilidade aparentes.

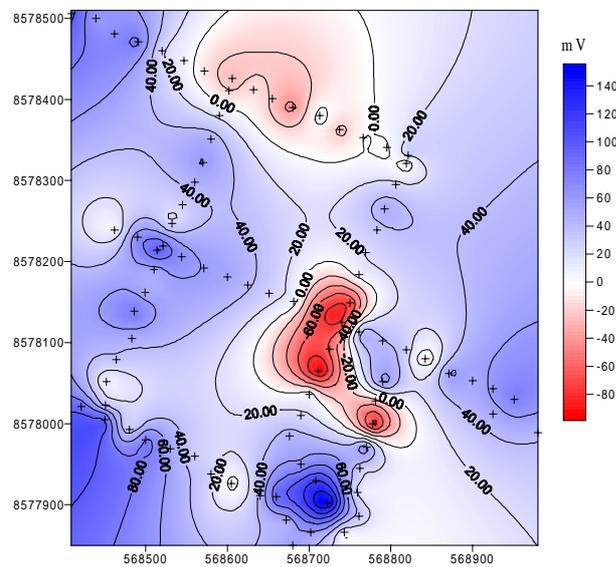


Figura 5-Mapa de potencial espontâneo da área atualmente utilizada para disposição de lixo.