



São Paulo 2004

Aplicação integrada de métodos geofísicos em área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP

Alexandre Lisboa Lago¹, Vagner Roberto Elis²

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geofísica do IAG-USP

² Docente do 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 de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo, 26-28 de setembro de 2004. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Técnico-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

O presente trabalho tem por objetivo a aplicação de métodos geofísicos visando a caracterização geoambiental da área utilizada para a disposição de resíduos sólidos urbanos na cidade de Bauru-SP. Para estudar o local e avaliar a existência do problema de contaminação foram utilizados os métodos geofísicos da eletrorresistividade, polarização induzida e potencial espontâneo. Os resultados obtidos pelos ensaios geofísicos possibilitaram a identificação da pluma de contaminação e orientaram na locação de ensaios por métodos diretos de investigação, assim como, a locação de poços de monitoramento permanente na área; portanto, mostraram-se ferramentas importantes na caracterização geoambiental de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos.

Introdução

Os problemas relacionados às áreas de disposição de resíduos sólidos são considerados, a nível global, como uma das principais fontes potenciais de contaminação do solo e da água subterrânea. A geofísica tem mostrado eficácia em mapear áreas afetadas, contribuindo para tornar mais efetivos os programas de sondagem voltados à coleta de amostras e instalação de sistemas de monitoramento. Alguns métodos geofísicos vêm sendo utilizados para detectar e monitorar a contaminação proveniente da disposição de resíduos sólidos urbanos. A aplicação de métodos geoeletricos em estudos relacionados a contaminação de solo e água subterrânea é amplamente relatada na literatura, como por exemplo: Elis & Zuquette (1997), Hyoung-Soo & Yeonghwa (1997), Elis (1999), Meju (2000), Moura (2002) e Lago (2004). No aterro sanitário de Bauru os ensaios de caminhamento elétrico e IP foram realizados em locais teoricamente livres de resíduos e contaminação, e também, em locais específicos com o objetivo de identificar zonas anômalas que podem caracterizar o desenvolvimento de contaminação dentro da zona saturada. Os ensaios de potencial espontâneo foram realizados com a finalidade de auxiliar na definição do sentido do fluxo subterrâneo e avaliar o nível de interação entre os resíduos e o meio físico. Dentre desse contexto, este trabalho teve como finalidade avaliar as potencialidades dos métodos

geofísicos (Eletrorresistividade, Polarização Induzida e Potencial Espontâneo) na caracterização geoambiental da área utilizada para disposição de resíduos sólidos urbanos na cidade de Bauru-SP.

Metodologia

O método da eletrorresistividade é provavelmente o método geofísico mais utilizado, devido a possibilidade de aplicação nos diversos campos de estudo, como mineração, geologia de engenharia, hidrogeologia e estudos ambientais. Esse método de prospecção geofísica emprega uma corrente elétrica artificial que é introduzida no terreno através de dois eletrodos (denominados A e B), com o objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos (denominados M e N) nas proximidades do fluxo de corrente, permitindo assim calcular a resistividade real ou aparente em subsuperfície. A resistividade (e seu inverso, a condutividade) dos solos e rochas pode ser afetada principalmente pela composição mineralógica, porosidade, teor em água e natureza dos sais dissolvidos, o que permite a imensa possibilidade de aplicação do método em estudos ambientais e hidrogeológicos. Dentro do método da eletrorresistividade existem várias técnicas de aplicação de sondagem elétrica e caminhamento elétrico, dentro dos quais existe uma grande variedade de configurações eletródicas possíveis, o que confere ao método um elevado grau de versatilidade.

A polarização induzida é um fenômeno elétrico estimulado por corrente, observado como resposta retardada à voltagem, em materiais naturais (Summer, 1976). O fenômeno se observa quando se faz passar corrente elétrica através de um eletrólito que contém corpos ou partículas que possuem condutividade eletrônica. O método da polarização induzida possibilita, de forma análoga a eletrorresistividade, a realização de sondagens e caminhamentos, utilizando as diversas configurações eletródicas possíveis. A técnica utilizada neste trabalho foi o caminhamento elétrico dipolo-dipolo e IP com espaçamento de 10m. Quatro linhas de caminhamento elétrico e IP foram realizadas na área de estudo, denominadas de linhas C1 a C4; porém, serão mostrados neste trabalho os resultados da linha C4, executada a jusante da área, com o objetivo de identificar zonas anômalas que podem caracterizar o desenvolvimento de uma provável contaminação dentro da zona saturada. A análise das medidas obtidas com a técnica de caminhamento elétrico e IP foi feita de forma quantitativa através do software RES2DINV.

Potenciais elétricos naturais ou espontâneos ocorrem na subsuperfície terrestre, causados por atividade eletroquímica e eletrocínética. De acordo com TELFORD *et al.* (1990), o fator de controle, em todos os casos, é a água subterrânea. Os potenciais podem estar associados à presença de corpos metálicos, contatos entre rochas de diferentes propriedades elétricas, atividade bioelétrica de materiais orgânicos, gradientes térmicos e de pressão nos fluidos subterrâneos, e outros fenômenos de natureza similar. As medidas de SP foram realizadas segundo o Método de Potenciais, que consiste na determinação da diferença de potencial de uma série de estações com relação a uma estação base. O eletrodo móvel percorreu uma malha com estações a cada 20 metros ao longo de 5 perfis paralelos. A análise das medidas obtidas pelo método do potencial espontâneo foi feita de forma qualitativa através do software Surfer for Windows versão 6.0. A Figura 1 mostra o mapa com a localização dos ensaios geofísicos realizados no aterro sanitário de Bauru-SP.

Resultados

Com as medidas de SP, foi construído um mapa de potencial espontâneo da área de estudo (Figura 2). Como foram tomados cuidados na escolha do local da estação base, no uso de eletrodos não-polarizáveis, não ocorrendo registro de chuvas na área no período do levantamento e sem considerar a influência dos resíduos, o potencial medido deve estar associado ao comportamento do fluxo da água subterrânea, que é caracterizado pelo aumento dos valores de potencial natural no sentido do fluxo. O fluxo da água subterrânea detectado pelo SP, segue no sentido principal de leste para oeste-noroeste da área.

Na Figura 3 são apresentadas as seções de resistividade e cargabilidade, obtidas pela inversão ajustada dos dados da linha C4. A seção de resistividade mostrou que os materiais não saturados (solos superficiais) são caracterizados por valores de resistividade superiores a 100 ohm.m. A zona saturada é caracterizada pela tendência de menor resistividade em profundidade de 17 metros no início do perfil, próxima de 3,5 metros no centro (devido a topografia local) e cerca de 5 metros no final do perfil. Com base nos resultados apresentados constatou-se que a resistividade define melhor o solo superficial e a zona saturada do que a cargabilidade.

Observam-se dentro da zona saturada zonas de menor resistividade nas posições entre 120 e 140 metros e 230 e 250 metros, sugerindo uma provável contaminação da água subterrânea, gerada pela migração do percolado proveniente dos resíduos sólidos dispostos na área. Os valores altos de cargabilidade observados nas mesmas posições, reafirmam a hipótese de contaminação dentro da zona saturada.

Discussão e Conclusões

Os resultados obtidos mostram o grande potencial de aplicação conjunta dos métodos eletrorresistividade,

polarização induzida e potencial espontâneo, na caracterização geoambiental da área de disposição de resíduos sólidos urbanos da cidade de Bauru-SP.

Pela análise qualitativa dos dados obtidos pelo método do potencial espontâneo, concluiu-se que o fluxo da água subterrânea da área de estudo, segue no sentido principal de leste para oeste-noroeste da área, caracterizado pelo crescimento dos valores de potencial natural no sentido do fluxo. Portanto, o SP fornece respostas úteis ao estudo do fluxo da água subterrânea, além de ser um método de operação simples e de baixo custo.

Com base na interpretação quantitativa do ensaio de caminhamento elétrico e IP (Linha C4), concluiu-se que a resistividade e cargabilidade foram sensíveis à presença da contaminação dentro da zona saturada. Os baixos valores de resistividade associados aos altos valores de cargabilidade, em pontos específicos dentro da zona saturada, caracterizam a presença de contaminantes. A partir dessa conclusão, recomendou-se as instalações de poços de monitoramento permanente em alguns pontos específicos da Linha C4.

De fato a contaminação existe, como constatado nas análises das águas dos poços de monitoramento permanente (resultados da primeira campanha de coleta). Apesar da contaminação ser incipiente (Cádmio 0.08 mg/L, Cromo total 0,206 mg/L, Níquel 0.06 mg/L, DBO 9 mg/L e DQO 16 mg/L), as concentrações mostram que os valores estão acima dos permitidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. Em síntese, os resultados obtidos pelos ensaios geofísicos possibilitaram a identificação da pluma de contaminação e orientaram na locação de ensaios por métodos diretos de investigação, assim como, a locação adequada de poços de monitoramento permanente na área; portanto, mostraram-se ferramentas importantes na caracterização geoambiental de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado. Ao Prof. Dr. Heraldo Giacheati da Faculdade de Engenharia da Unesp-Bauru pelo apoio logístico durante as etapas de campo. Ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP (IAG/USP) pelo suporte à pesquisa. As amigas Elizete M. A. da Silva, Selma Isabel Rodrigues e Márcia Hatea, e ao técnico Ernande C. Santos pelo auxílio na aquisição dos dados de campo.

Referências

Elis, V. R. & Zuquette, L. V., 1997. Determinação da estrutura do aterro sanitário de Ribeirão Preto –SP através de métodos geoeletricos. Anais do V Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo/SP, Vol. 1:417-420.

Elis, V. R., 1999. Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Rio Claro/SP.

Hyoungh-Soo, K. & Yeonghwa, K., 1997. Geoelectrical Monitoring in Nanji Waste Landfill. Anais do V Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo/ SP, Vol. 1:494-498.

Lago, A. L., 2004. Aplicação integrada de métodos geofísicos em área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP, Dissertação de Mestrado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências atmosféricas – USP, São Paulo/SP, 110 p.

Meju, M. A., 2000. Geoelectrical investigation of old/abandoned, covered landfill sites in urban areas: model development with a genetic diagnosis approach. Journal of Applied Geophysics, 44:115-150.

Moura, H. P., 2002. Emprego da eletrorresistividade e polarização induzida na caracterização geolétrica de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Rio Claro/SP, 223 p.

Sumner, J.S., 1976. Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 227p.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. & Keys, D.A., 1990. Applied Geophysics. Cambridge University Press, 860 p.

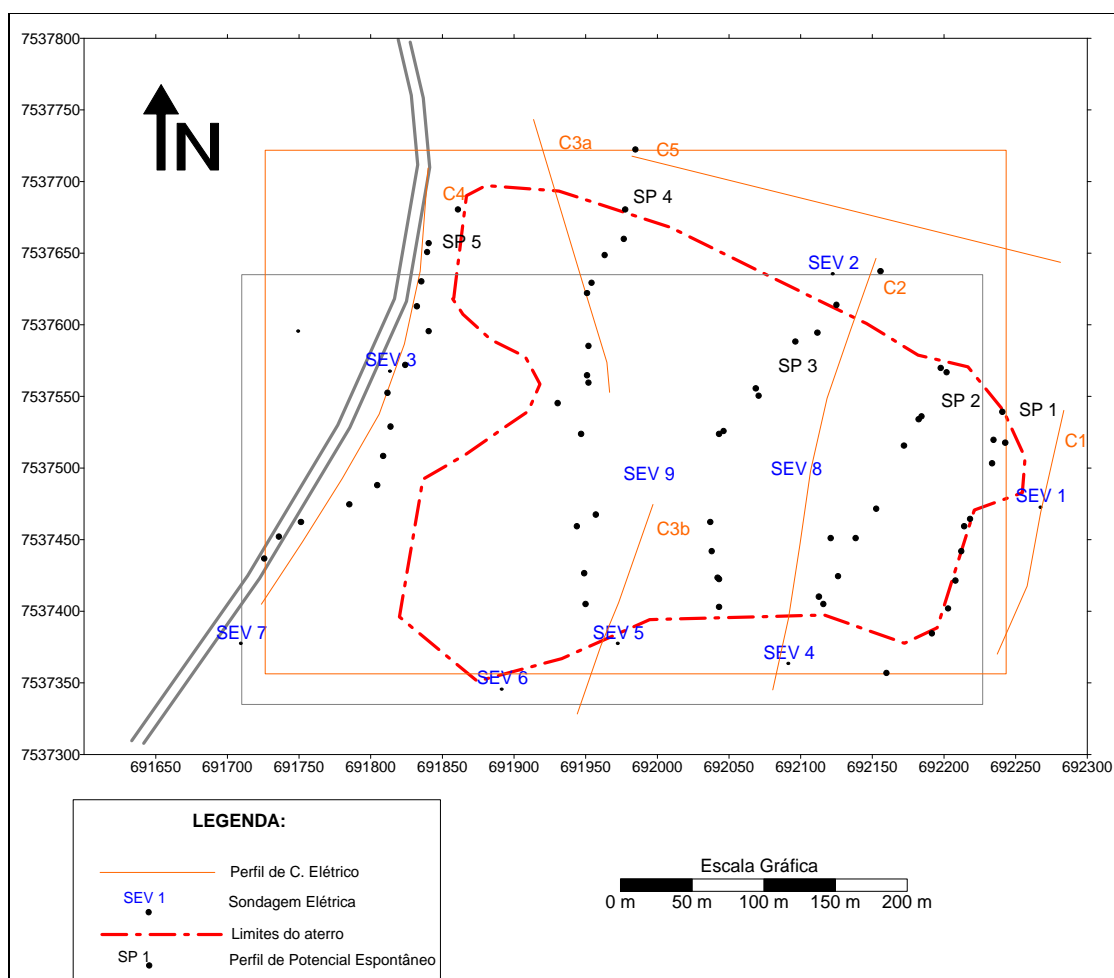


Figura 1 – Mapa de localização dos ensaios geofísicos realizados no Aterro Sanitário de Bauru-SP.

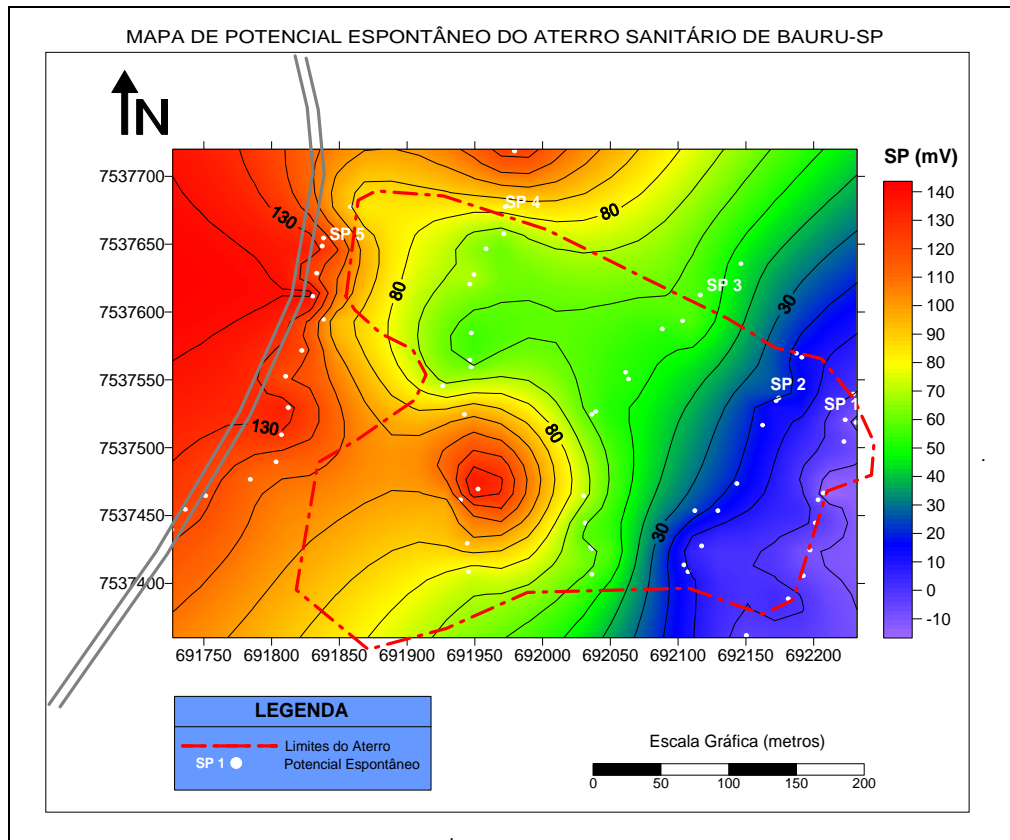


Figura 2- Mapa de potencial espontâneo do aterro sanitário de Bauru-SP.

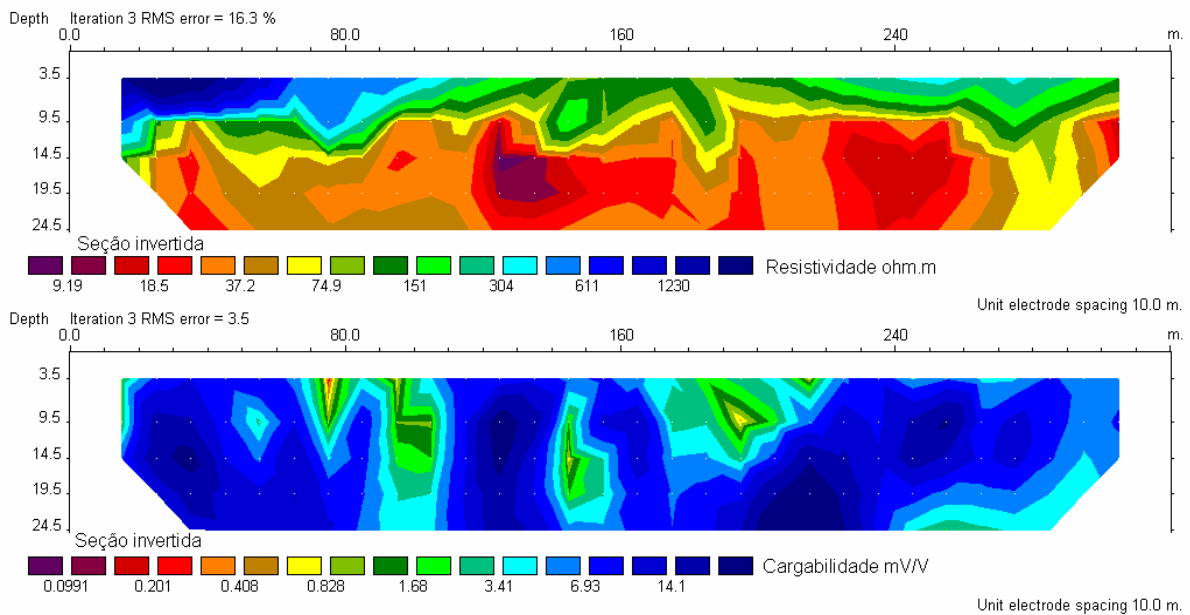


Figura 3- Seção de resistividade e cargabilidade da Linha C4.