

MAPEAMENTO GEOFÍSICO DO LIXÃO DE SÃO CARLOS

Nelson Ellert*, Steve Ross**, José Milton Benetti Mendes*, Elena Martin***

*Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada
 - Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo
 **Earth Sciences Department - University of Waterloo (Canadá)
 ***Universidade de La Plata (Argentina)

Apoio financeiro projeto FINEP/PADCT/CEPAS - 4387104200/IDRC

ABSTRACT

Considering that the deposition of industrial and urban wastes represents a potential source of pollutants, a geophysical survey was executed at a landfill at São Carlos, in São Paulo State. The target was to determine the presence, and define the extension of the pollution plume, considering that this region represents a recharge area for the Botucatu aquifer, one of the most important aquifers of Brazil at the Parana Basin. Electromagnetic induction, as well as seismic refraction and electrorresistivity methods were used as a tool, considering the goals to be achieved. Maps representing the conductivity of the soil were obtained indicating the existence of a plume with a small expression.

RESUMO

Métodos geofísicos de prospecção foram utilizados na região do lixão de São Carlos, SP, com a finalidade de se determinar a presença e extensão de qualquer nuvem poluente, advinda da deposição de lixo urbano em uma antiga bocoroca. Este trabalho foi realizado nesta área, considerando-se que esta representa uma área de recarga do aquífero Botucatu, um dos mais importantes aquíferos do Brasil. Neste local foram empregados vários métodos geofísicos a saber: eletromagnético indutivo, electrorresistividade, e sísmica de refração, objetivando a determinação do comportamento horizontal e vertical do maciço geológico e das características hidrogeológicas.

PALAVRAS CHAVE

Geofísica Aplicada; Poluição Água Subterrânea; São Carlos; Lixo Urbano; Aterro Sanitário.

INTRODUÇÃO

A deposição acidental ou voluntária de rejeitos quer industriais quer de origem domiciliar urbana, pode representar um foco potencial de poluição de água subterrânea. Mesmo no meio técnico, lamentavelmente, ainda prevalece a idéia de que, se enterrado qualquer produto tóxico indesejável, a natureza, de forma eficiente e graciosa, se ocupará do processo de degradação, decompondo-o de modo a ser transformado em um produto inerte e inofensivo. Mais recentemente porém, tal conceito foi questionado, considerando-se os inúmeros casos de poluição de água subterrânea por produtos depositados na superfície do solo. É neste sentido que este trabalho foi realizado na região de São Carlos, onde uma antiga bocoroca foi entulhada por lixo misturado com rejeitos industriais.

Métodos geofísicos de prospecção foram empregados para determinar a existência de alguma nuvem poluente, bem como definir a sua posição e extensão.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA

A área objeto de pesquisa situa-se na região de São Carlos-SP, na margem direita da Rodovia Washington Luiz, na altura do km 225 (Posto Castelo) (Figura 1).

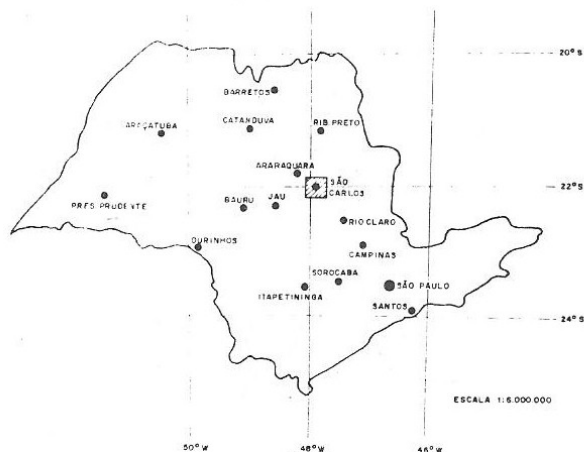


Fig. 1. Mapa do Estado de São Paulo, com a localização da área de estudo.

Geologicamente é constituída de sedimentos da Formação Botucatu, que localmente se apresentam parcialmente silicificados pela ação dos derrames de basalto. Acompanhando o comportamento geral dos sedimentos da bacia do Paraná, também aqui estes mergulham suavemente para W. Os sedimentos não silicificados, portanto, nos resistem à ação do intemperismo, foram em parte removidos pela ação das chuvas gerando o aparecimento de uma extensa bocoroca na superfície do solo. Esta bocoroca, ainda parcialmente visível, possui uma extensão aproximada de 500m por 100m de largura máxima. A sua profundidade atinge, em alguns locais, entre 5 e 10m. Considerando a existência de tal feição topográfica, que representa um alto risco para a degradação do meio ambiente, foi solicitada à Municipalidade, que carecendo de locais para depositar os rejeitos urbanos, procedesse o seu entulhamento.

Foi neste sentido, que durante 10 anos (LEISTER GONÇALVES, 1986) foram depositados milhares de toneladas de lixo urbano mesclado com rejeitos de origem industrial, muitas vezes contendo metais pesados.

A topografia, aonde a bocoroca havia se implantado representa uma superfície mergulhando para WNW. Com o preenchimento de pelo menos 3/4 de sua extensão, fica, às vezes, difícil de se definir os seus limites laterais dada a recuperação da topografia através da cobertura do lixo por solo e a colocação de gramíneas para a sua fixação.

Mesmo em dias de precipitação fluvial intensa, verifica-se na parte juzante da bocoroca, onde corre um pequeno riacho, um correspondente pequeno volume de água de escoamento, sugerindo uma grande infiltração. Como a região está constituída por sedimentos arenosos não consolidados, esta representa uma elevada recarga, que dado o comportamento estrutural das camadas, representa um elevado risco de contaminação do aquífero Botucatu.

TRABALHOS REALIZADOS

Considerando-se o objetivo, qual seja de se determinar a presença de uma nuvem poluente, definir as suas extensões, quer lateralmente, quer em profundidade, foram utilizados vários métodos geofísicos de prospecção, sobretudo baseado em

experiências anteriores (ELLERT, et all, 1988). Os rejeitos urbanos, sobretudo no Brasil, são em geral muito ricos em matéria orgânica, gerando chorumes essencialmente ácidos e ricos em sais minerais (NaCl), que lhe conferem uma elevada condutividade elétrica. Assim este chorume migrando através do solo, produz uma condutividade do solo mais elevada que a normal. Empregando-se os equipamentos EM31 e EM34 fabricados pela GEONICS (CANADÁ), foram medidos perfis de caminhamento de condutividade do solo, perpendicularmente ao maior eixo da bocoroca, num total de 13 perfis, perfazendo cerca de 3.000m de linha. Nestes perfis, os pontos de investigação estavam espaçados de 10m.



Fig. 2. Caminhamento eletromagnético EM31

As figuras 2 e 3 representam alguns dos dados de condutividade aparente (em mS/m) obtidos ao longo de perfis de caminhamento. Verifica-se claramente o contraste existente na condutividade dos locais constituídos de sedimentos e aqueles ocupados pelo lixo. Enquanto que na porção de solo constituído pelo arenito isento de soluções condutoras a condutividade se situa em torno de 4 mS/m, na parte correspondente ao aterro propriamente dito, esta condutividade se eleva por vezes para valores superiores a 150 mS/m, ou seja um contraste superior a 30.

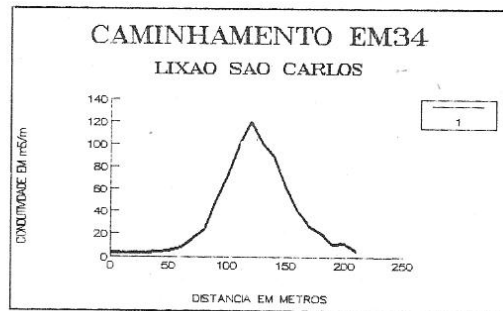


Fig. 3. Caminhamento eletromagnético EM34

As figuras 4 e 5, correspondentes a representação tridimensional dos valores de condutividade, obtidos pelos equipamentos EM31 e EM34 respectivamente, mostram claramente a distribuição dos valores contrastantes, bem como a existência de uma tênue nuvem poluente (figura 4), na parte central da área, migrando rumo WSW.

SAO CARLOS LIXAO EM31

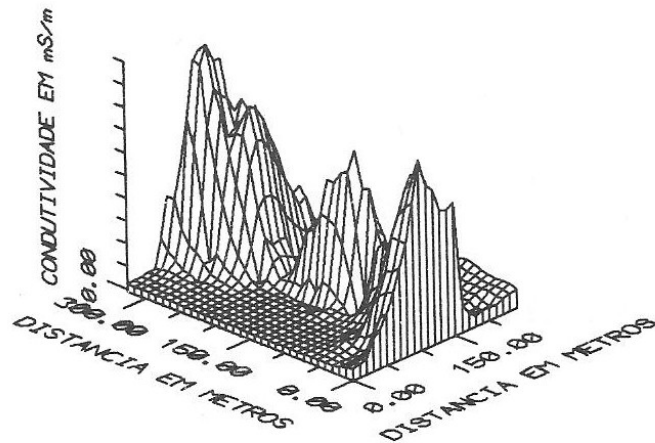


Fig. 4. Representação tridimensional dos valores de EM31

SAO CARLOS LIXAO EM34

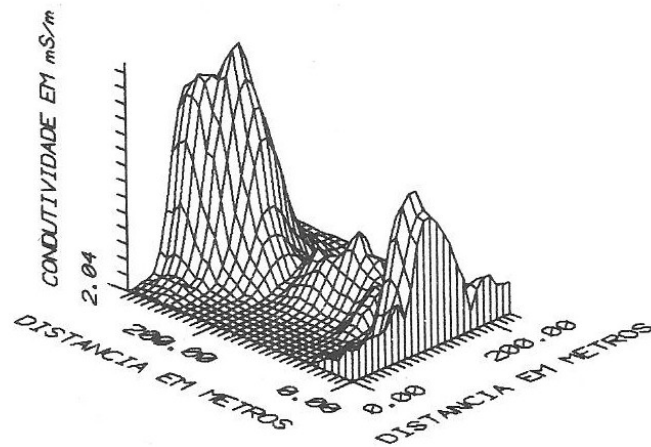


Fig. 5. Representação tridimensional dos valores de EM34

A representação em planta das curvas de isocondutividade das medidas obtidas pelos equipamentos acima citados estão representados pelas figuras 6 e 7.

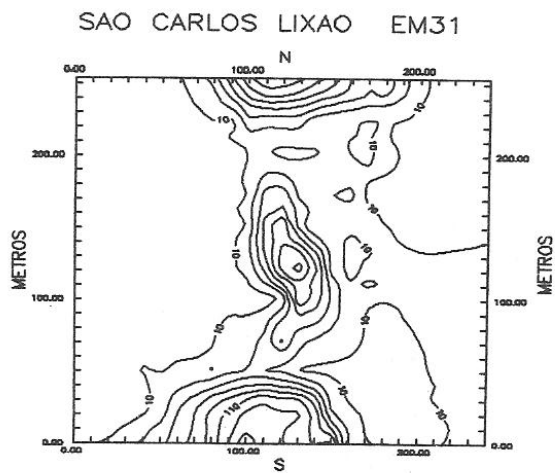


Fig. 6. Curvas de isocondutividade EM31

De modo a investigar o comportamento vertical da seqüência geoeletrica, foram executadas várias (6) sondagens elétricas verticais (SEV), onde o espaçamento $AB/2$ máximo alcançou 100m.

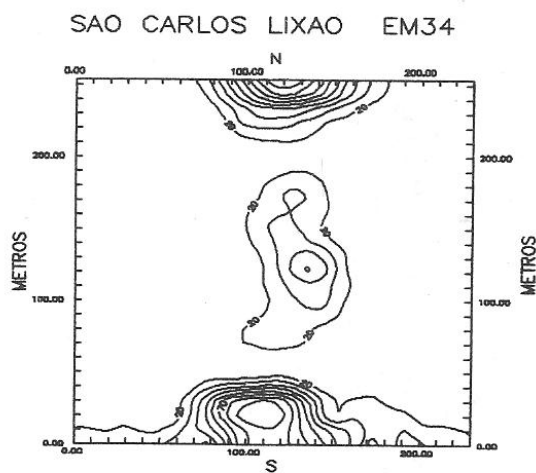


Fig. 7. Curvas de isocondutividade EM34

Estas curvas foram interpretadas utilizando-se programas para IBM-PC, dando como informações a comprovação da existência, em profundidade, de um fluxo de soluções contaminantes, na região central do depósito de lixo. Enquanto que na maior parte dos pontos a resistividade dos sedimentos era ao redor de 200-300 Ohm.m, neste ponto a resistividade atinge 50 Ohm.m, o que somente pode ser explicado pela existência de soluções saturantes condutoras.

Continuação da primeira
parte do capítulo
chapter four

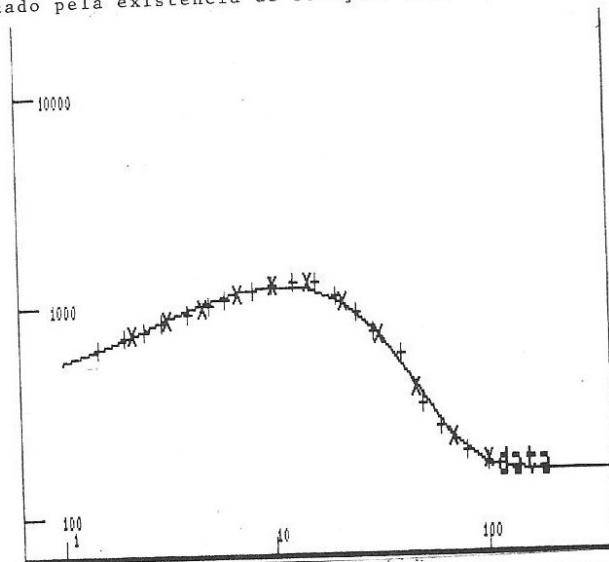


Fig. 8. Curva de sondagem elétrica vertical em área não contaminada

As figuras 8 e 9 representam curvas de SEV, sendo a primeira obtida em condições que sugere a presença de contaminantes na água subterrânea. Além das SEV, foram executadas sondagens sísmicas de refração, destinadas a determinar a velocidade de propagação das ondas e as respectivas espessuras das camadas sedimentares. Com base na velocidade de propagação é possível inferir-se o grau de compactação dos sedimentos, ou seja, indicar a presença de zonas silicificadas ou não.

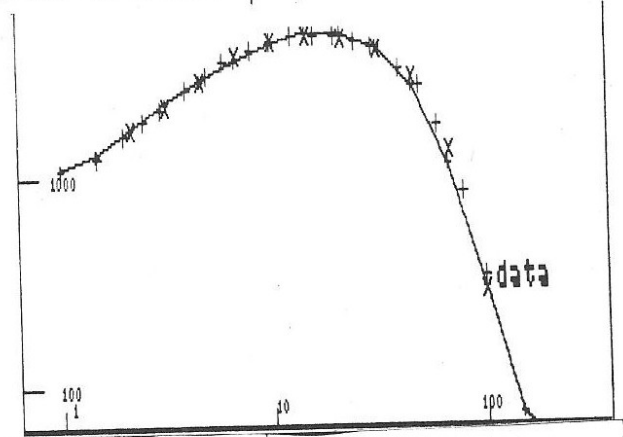


Fig. 9. Curva de sondagem elétrica vertical obtida em área contaminada

Estas seções sísmicas, num total de 4, revelam que a velocidade de propagação das ondas varia de 300m/s em sedimentos superficiais inconsolidados até 3.500m/s para sedimentos silicificados. A figura 10 representa um gráfico tempo x distância obtido.

GRAFICO TEMPO X DISTANCIA SECAO SISMICA

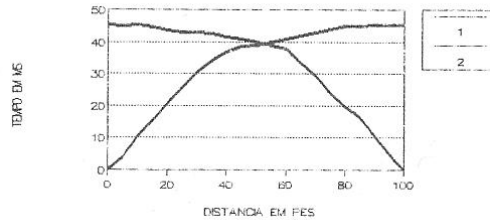


Fig. 10. Gráfico de seção sísmica de refração. Velocidade $V_1 = 300$ m/s representando arenito silicificado

CONCLUSÕES

No caso específico de São Carlos, novamente os métodos geofísicos se revelaram de grande aplicabilidade na identificação da presença e definição da extensão de nuvens poluentes no sub-solo.

Os métodos eletromagnéticos indutivos, dada a sua alta resolução e rápida execução (até 1km/hora) tem mais uma vez consagrada a sua validade. Foram estes dados que primeiro indicaram a existência de uma tênue nuvem poluente rumando para WSE, que posteriormente, com a execução de sondagem elétrica vertical SEV, se comprovou a existência de camadas profundas com condutividade contrastante. As seções sísmicas permitiram identificar a presença de zonas silicificadas, dada a sua elevada velocidade de propagação.

A solução normalmente adotada por indivíduos ou mesmo organismos, de simplesmente se entulhar bocorocas, ravinas, "pitas" de mineração (sobretudo de areia) com rejeitos, se revela em um elevado risco de contaminação, notadamente quando estas áreas se situam em zonas de recarga do aquífero, como é o caso de São Carlos. Se de um lado foi minimizado, ou mesmo eliminado o problema da existência de uma bocoroca, o seu entulhamento, sobretudo que suas partes mais profundas estão em contato direto com o lençol freático, representa um elevado custo quanto a qualidade das águas subterrâneas, haja vista, que este recurso uma vez comprometido, requer muito tempo e grandes investimentos para ser recuperado.

BIBLIOGRAFIA

- Ellert, N.; Rosa Filho, E. A geofísica aplicada na detecção de lixo urbano enterrado - exemplo Curitiba - Paraná - BR. 5º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 1988 - SP, 237-241.
- Leister Gonçalves, A.R. Geologia Ambiental da área de São Carlos. 1986. Tese de doutoramento. Instituto de Geociências - USP, 150 pgs.