

Métodos Geofísicos Eletromagnéticos (EM e Geo-Radar) na Investigação da Pluma de Contaminação por Resíduos Industriais

Wagner Franca Aquino - Cia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB)

Otávio Coaracy Brasil Gandolfo - IGCE/Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Marco Antonio Barsotelli Botelho - IG/Universidade Federal da Bahia (UFBA)

José Milton Benetti Mendes – IG/Universidade de São Paulo (USP)

RESUMO

A aplicação de métodos geofísicos para estudos da contaminação do solo e da água subterrânea tem se mostrado uma eficiente ferramenta de diagnóstico na investigação preliminar de áreas contaminadas.

Neste trabalho foram utilizados os métodos geofísicos eletromagnéticos EM e Geo-Radar para avaliação de duas áreas abandonadas, contaminadas pela disposição inadequada de resíduos industriais. A primeira técnica (EM) foi empregada para delimitar a extensão da pluma de contaminação disseminada no solo e na água subterrânea. Enquanto que, o Geo-Radar foi aplicado para imagear a pluma de contaminação e detectar possíveis tambores enterrados.

A combinação dessas duas técnicas proporcionaram uma maior compreensão em relação à geologia local e à determinação da posição e do sentido de propagação dos contaminantes. As informações derivadas desses levantamentos forneceram subsídios às futuras atividades de monitoramento e de remediação que serão desenvolvidas nas áreas em questão.

INTRODUÇÃO

O emprego de métodos geofísicos como auxílio à resolução de problemas ambientais relacionados à contaminação do solo e das águas subterrâneas vem se desenvolvendo de forma marcante nos últimos anos. A adoção crescente desse tipo de levantamento não invasivo (de superfície) se justifica pela eficiência e rapidez que esses métodos apresentam para diagnosticar a presença de contaminantes em subsuperfície.

A caracterização de áreas contaminadas através de levantamentos geofísicos consiste na aquisição de dados de subsuperfície, cujo o objetivo é a avaliação das condições locais, tanto em relação à contaminação existente, como dos possíveis processos dinâmicos de migração do contaminante através do meio geológico (Nobes, 1996).

A interpretação dos dados geofísicos podem fornecer informações sobre litologia, estratigrafia, profundidade do embasamento, potenciometria, presença de aquíferos importantes, existência de falhas e fraturas, delimitação da contaminação do solo e das águas subterrâneas, área e volume do material depositado, presença de tambores e tanques enterrados, além do mapeamento de galerias de utilidades.

O emprego de dois métodos geofísicos distintos aumenta a precisão das interpretações, sendo que a geologia local e a natureza dos contaminantes são os fatores determinantes na seleção dos métodos a serem utilizados (Greenhouse et al., 1983).

ESTUDO DE CASO

Os levantamentos geofísicos foram desenvolvidos em dois locais de descarte indevido de resíduos industriais situados nos municípios de Santo Antonio de Posse e Araras.

O primeiro caso (Santo Antonio de Posse), está associado a um aterro industrial desativado em 1987, onde ocorreu a disposição dos resíduos, tais como borra ácida, organoclorados, sais, inclusive em estado líquido, cujas valas mal construídas e sem impermeabilização de fundo, favoreceram a dispersão dos contaminantes.

O segundo exemplo (Araras) se refere ao estudo em área industrial abandonada, onde a contaminação decorreu por infiltração de resíduos diretamente no solo através de poços de injeção. Esses resíduos eram provenientes da fabricação de sais e solventes halogenados (organoclorados), cujo o período de produção foi de 1981 a 1988. Nessa área, um dos fatores de risco é a presença da Represa Hermínio Ometto a jusante do local de infiltração, pois esta represa é manancial parcial de abastecimento da cidade de Araras.

A geologia desses locais é bastante similar, caracterizada pela presença e alternância de sedimentos argilosos e arenosos pertencentes ao Grupo Tubarão (Mapa Geológico do Estado de São Paulo, 1981) e a condutividade hidráulica média desses locais, obtidas através de ensaios em sondagens, é da ordem de 10^{-6} e 10^{-7} cm/s.

METODOLOGIA EMPREGADA

Nas duas áreas investigadas foram executados levantamentos combinando-se dois métodos geofísicos: eletromagnético indutivo (EM) e Geo-Radar.

O método EM se baseia na indução de um campo eletromagnético primário para subsuperfície, através de uma bobina transmissora, e sua relação de amplitude e fase com um campo eletromagnético secundário, captado numa bobina receptora. A propriedade física envolvida nesse método é a condutividade elétrica, e esta é proporcional a relação entre o campo primário e o secundário. Outro aspecto importante é que a profundidade de investigação desse método depende da frequência e da distância entre as bobinas (Monier-Williams et al., 1990).

Nos dois locais de estudo foi utilizado o condutivímetro de campo EM34-3XL, marca Geonics (Canadá), sendo as leituras de condutividade executadas a cada 20 metros nos perfis realizados.

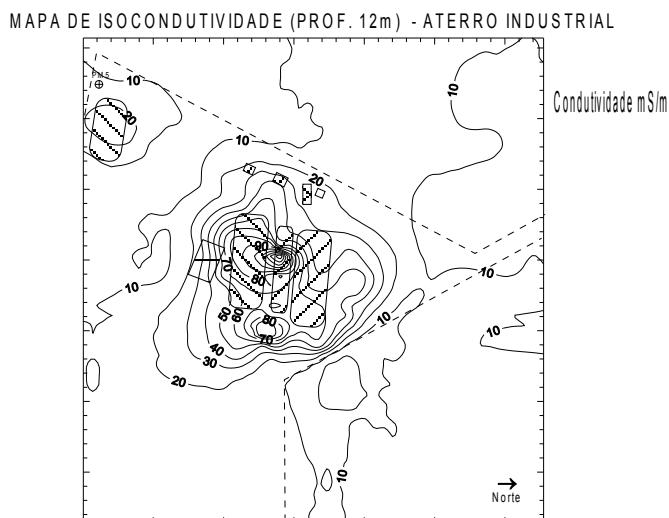
O outro método geofísico empregado foi o Geo-Radar. Esse método de alta frequência (10 a 1000MHz) utiliza princípios da propagação e da reflexão de ondas eletromagnéticas em subsuperfície. As reflexões da onda eletromagnética em subsuperfície se desencadeiam a partir dos contrastes das propriedades dielétricas dos materiais geológicos (Annan et.al, 1991).

A influência dominante nos sinais de Geo-Radar está representada pelo coeficiente dielétrico e pela condutividade elétrica apresentada pelos materiais. Meios muito condutivos atenuam de forma marcante o sinal, o que possibilita a aplicação dessa metodologia na identificação de plumas de contaminação (Greenhouse et al., 1993).

A profundidade de investigação depende da frequência de emissão utilizada e da condutividade do meio investigado. O equipamento utilizado foi o Geo-Radar Ramac, marca Mäla Geoscience (Suécia), com antenas de 100 e 200MHz.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

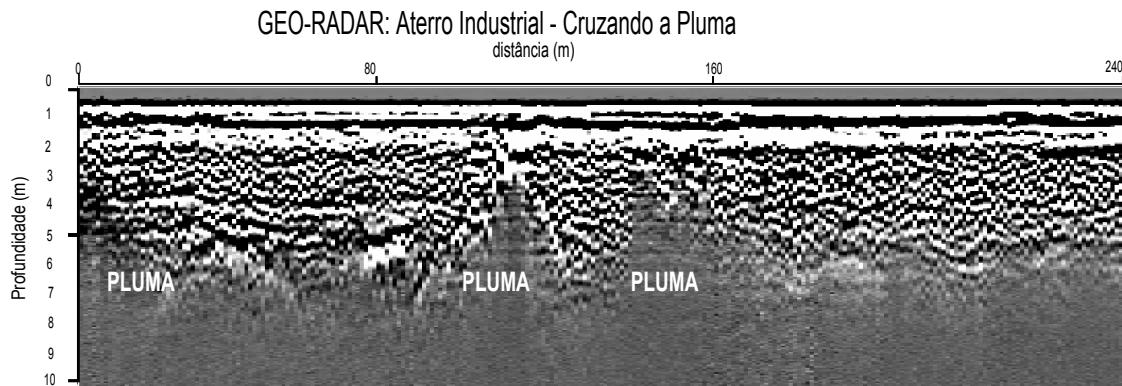
O método eletromagnético indutivo (EM) pode estabelecer a extensão da contaminação, estimar a profundidade atingida da mesma, determinar o sentido de fluxo da contaminação e verificar a homogeneidade litológica do local. Esses resultados podem ser vistos através de mapas de isocondutividade aparente (figura abaixo) e das pseudo-seções de isocondutividade.



Quanto aos resultados obtidos através das seções do Geo-Radar, puderam ser visualizadas as plumas de contaminação como regiões de forte atenuação do sinal (“zonas de sombra”) e estabelecido o sentido de propagação dos contaminantes.

Os resultados obtidos por esse método mostraram-se melhores com o emprego da antena de 100MHz de frequência, pois como os terrenos são predominantemente argilosos, e consequentemente condutivos, os sinais provenientes da antena de 200MHz sofreram forte atenuação natural devido a este tipo de solo.

Um aspecto importante, representado numa das seções de Geo-Radar do aterro industrial, foi a individualização das plumas de contaminação de diferentes valas de disposição.



Este fato é resultado da alta resolução que o método apresenta e da possibilidade de execução de seções contínuas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Annan,A.P.; Cosway,S.W.; Redman,J.D.: 1991, "Water Table Detection with Ground Penetrating Radar", Expanded Abstracts, Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists 61, 494-496.
- Greenhouse,J.P.; Harris,R.D.: 1983 "Migration of Contaminants in Grondwater at a Landfill: a Case Study, 7. DC, VLF and Inductive Resistivity Surveys", Journal of Hydrology 63, 177-197.
- Greenhouse,J.P.; Brewster,M.; Schneider,G.W.; Redman,D.; Annan,A.P.; Olhoeft,G. Lucius,J.; Sander,K.; Mazzella,A.:1993, "Geophysics and Solventes: The Borden Experiment", The Leading Edge 12, 261-267.
- Mapa Geológico do Estado de S.P. 1981 - Escala 1: 500.000 - D.M.G.A - IPT - S.P. - Vol. I e II.
- Monier-Williams,M.E.; Greenhouse,J.P.; Mendes, J.M.; Ellert,N.: 1990, "Terrain Conductivity Mapping with Topographic Corrections at Three Wate Disposal Sites in Brazil, in S.H. Ward (ed.) Geotechnical and Environmental Geophysics, Vol II - Environmental e Groundwater, Society of Exploration Geophysicists, 41-45.
- Nobes,C.D.: 1996, "Troubled Waters: Environmental Applications of Electrical and Eletromagnetic Methods", Surveys in Geophysics 17, 393-454.