

# Imageamento Elétrico 2D e polarização induzida no Aterro Sanitário de Guaratuba-PR

Rafael E. Canata – LPGA/UFPR, Rodoilton Stevanato - LPGA/UFPR, Francisco J. F. Ferreira – LPGA/UFPR, Fábio Augusto da Silva Salvador- SETEC-DPF/PR

Copyright 2014, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, 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.

## Abstract

This work aims at defining the plume of contamination by electrical geophysical methods, resistivity and induced polarization in landfill Guaratuba, located on the coast of Paraná State. The technique of data acquisition was electrical profiling from the dipole-dipole configuration with spacing between the current electrodes and potential 20m. Six investigation levels were investigated. The geophysical data of resistivity and induced polarization construed together showed that the leachate is not confined only to the landfill has been noted a migration to adjacent areas.

## Introdução

Os municípios brasileiros enfrentam um grande problema na área sanitária e ambiental no que diz respeito à disposição dos resíduos sólidos urbanos (RSU). No país existem três formas básicas de deposição dos RSU e dos rejeitos: lixão, aterro controlado e aterro sanitário.

A degradação dos RSU no interior de um depósito ocorre por processos físicos, químicos e biológicos, como consequência tem-se a geração do percolato e de gases (BOSCOV, 2012). O percolato e seus compostos secundários, quando não controlados adequadamente no aterro, podem se infiltrar pela ação das águas pluviais, ocasionando a migração de compostos orgânicos e inorgânicos para áreas adjacentes, do que decorrem possíveis danos ao meio ambiente.

A Lei nº 12305/10 designada Plano Nacional de Resíduos Sólidos visa normatizar uma série de ações que diminuam possíveis impactos de ordem social, ambiental e econômica. Uma das metas da Lei é eliminar os lixões até o ano de 2014.

Estudos geofísicos são frequentemente aplicados em estudos ambientais, auxiliando técnicas diretas de investigação e constituem uma alternativa para diagnosticar áreas suspeitas de contaminação (Moreira & Braga, 2009).

O aterro sanitário de Guaratuba está situado no litoral do Estado do Paraná, mais precisamente nas coordenadas 25° 57' 48.80"S e 48° 37' 49.73"W. Quanto ao contexto geológico a área do depósito está inserida no compartimento denominado Escudo Paranaense, o qual é composto pelo Complexo Gnáissico-Migmatítico, com idades entre o Arqueano e o Paleoproterozóico e pelas coberturas sedimentares recentes do Quaternário que bordejam o aterro sanitário (MINEROPAR, 2001).

## Metodologia

Para a delimitação da pluma de contaminação no aterro sanitário de Guaratuba-PR foram empregados os métodos geofísicos da eletrorresistividade e da polarização induzida, os quais medem, respectivamente, a resistividade aparente e cargabilidade global aparente.

No auxílio ao planejamento de campo e implantação dos perfis geofísicos utilizou-se uma tecnologia recente denominada Sistema Veicular Aéreo Não Tripulado (SISVANT), este sistema fornece uma imagem em tempo real e de alta resolução sobre a área de estudo. O levantamento foi executado a pedido do Departamento de Polícia Federal, Superintendência Regional do Paraná.

Foram definidos cinco perfis geoeletricos, os quais circunscreveram a área do aterro sanitário, como visto na Figura 1. Os parâmetros de aquisição são indicados na Tabela 1.

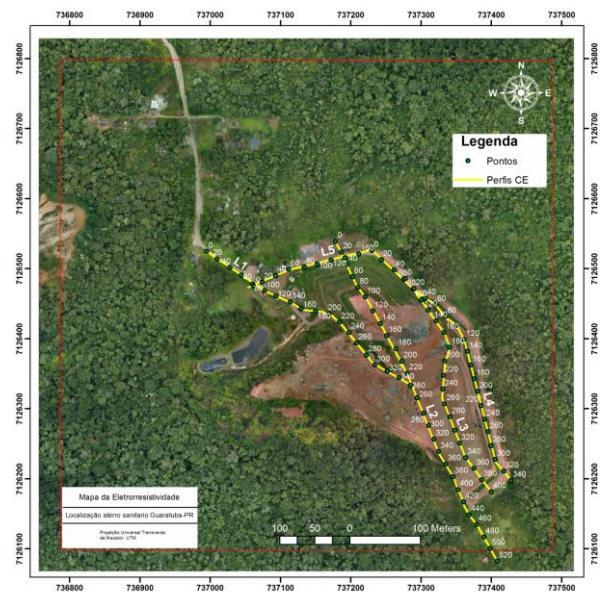


FIGURA 1: Mapa de localização dos perfis geoeletricos.

TABELA 1: Parâmetros de aquisição do levantamento geoeletrico.

Perfil	Direção	Extensão	AB=MN
L1	NW-SE	360	20
L2	N-S	520	20
L3	N-S	400	20
L4	N-S	340	20
L5	W-E	180	20

O arranjo empregado nos caminhamento elétricos (CEs) foi o dipolo-dipolo, no qual a separação entre os eletrodos de corrente (**AB**) é igual ao espaçamento entre os de potencial (**MN**). No presente trabalho o espaçamento foi de 20 m (**AB**=**MN**=20m) e foram investigados seis níveis de profundidade.

No método da eletrorresistividade a corrente elétrica (**I**) é introduzida na subsuperfície pelos eletrodos (**AB**) e as diferenças de potencial (**ΔV**) resultantes são medidas pelos eletrodos (**MN**) (Keary et. al, 2009) e a resistividade aparente (**pa**) é dada pela expressão  $pa = K \cdot \Delta V / I$ . A polarização induzida foi medida no domínio do tempo (2s). Os dados geofísicos foram adquiridos através de um sistema, fabricado pela *Iris Instruments*, composto por um transmissor de alta potência (VIP3000W), alimentado por um gerador Honda de EM5000S e um receptor multicanal (*ELREC PRO*).

Os *software* utilizados para o processamentos dos dados elétricos de resistividade e polarização induzida foram o *Oasis Montaj™* e o *Zonge 2D Inversion for Interactive™ IP*, ambos da *Geosoft/Interpex*.

**Resultados**

Os dados obtidos em campo permitiram a geração de pseudoseções de resistividade e cargabilidade aparentes, os quais foram invertidos resultando nos modelos de profundidade. Com base neles foram construídos mapas de níveis de profundidade permitindo assim delinear o *background* e as áreas afetadas pelo contaminante. Por simplicidade são apresentados a seguir apenas os resultados obtidos pelos modelos de profundidade.

Os modelos da Linha L1, Figura 2, apresentam uma variação de resistividade entre 25 e 3000 Ω.m e de cargabilidade de 0.3 a 65 mV/V. Na Figura 2, regiões com baixas resistividade (< 150 Ω.m) e cargabilidade (<10 mV/V) foram associadas ao percolado/chorume. Por outro lado, o meio resistivo está associado aos granitos que afloram na área adjacente ao aterro. No painel inferior da Figura 2, baixos valores de cargabilidade só em parte coincidem com índices baixos de resistividade, refletindo o chorume condutivo e não polarizável. Todavia, entre as estações 160 m e 240 m, se nota a correspondência entre baixos valores de resistividade e elevados de cargabilidade, a qual pode ser explicada pela presença de material polarizável no contexto do depósito.

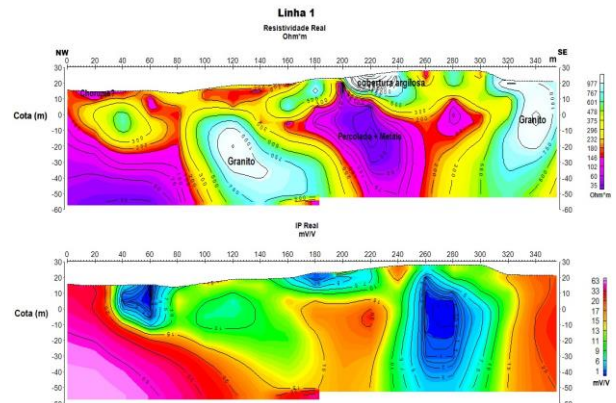


FIGURA 2: Modelo de profundidade da resistividade (painel superior) e da cargabilidade (painel inferior) da Linha L1.

Na Linha L2, Figura 3, a resistividade e a cargabilidade variam o entre 20 e 5000 Ω.m e 3 a 30 mV/MV, respectivamente. No painel superior o percolado (e/ou o percolado + metais), é delineado lateralmente e em profundidade, o que sugere uma possível migração em torno da projeção da estação 200 m. No segmento meridional do painel inferior, se nota uma coincidência entre baixas resistividades e cargabilidades, o que reflete o percolado. Contudo, as altas cargabilidades observadas em profundidade podem estar associadas aos sulfetos no substrato granítico, como observado em campo. Já na superfície, as altas cargabilidades estão vinculadas à cobertura síltico-argilosa.

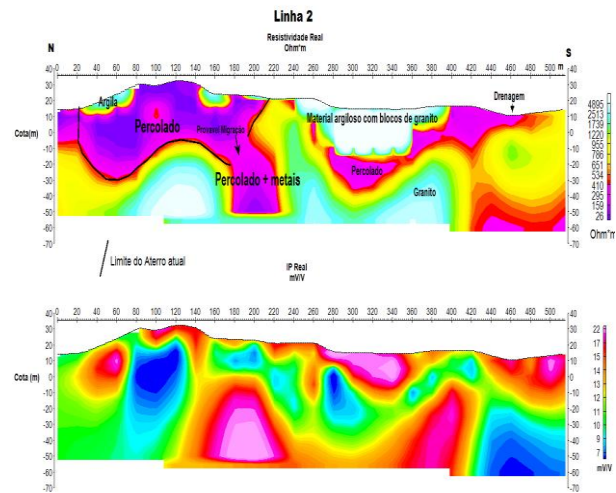


FIGURA 3: Modelo de profundidade da resistividade (painel superior) e da cargabilidade (painel inferior) da Linha L2.

A Linha L3, Figura 4, mostra de forma clara, no painel superior, a extensão lateral e em profundidade do percolado, indicada por baixos valores de resistividade (< 100 Ω.m), entre o extremo setentrional e a estação 180 m, associados a valores intermediários de cargabilidade. Entre a estação 180 m e o extremo sul do painel superior, as elevadas resistividades refletem o substrato granítico.

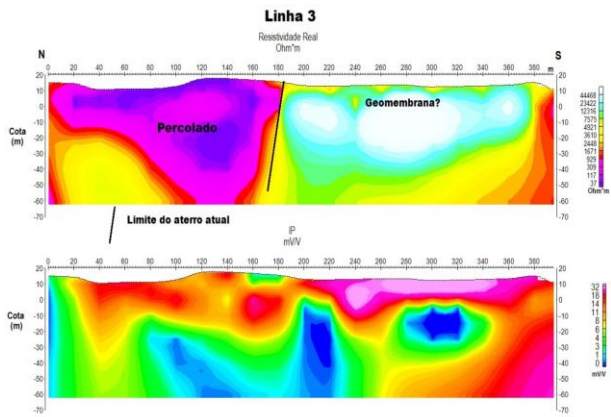


FIGURA 4: Modelo de profundidade da resistividade (painel superior) e da cargabilidade (painel inferior) da Linha 3.

No painel superior da Figura 5, que representa a Linha L4, se observa um expressivo segmento de percolado entre as estações 0 e 140 m. O substrato resistivo é representado pelo granito. Praticamente todos os níveis de baixa resistividade estão associados a baixas cargabilidades, caracterizando a assinatura geofísica do contaminante. Em profundidade, entre as estações 200 m e 220 m, os valores de cargabilidade são muito altos, o que pode refletir a presença de sulfetos metálicos no granito.

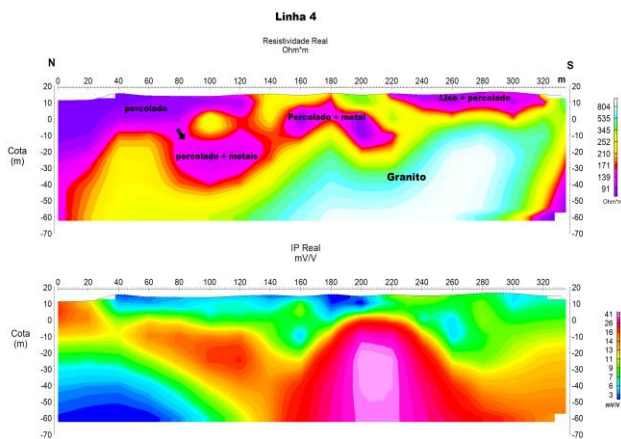


FIGURA 5: Modelo de profundidade da resistividade (painel superior) e da cargabilidade (painel inferior) da Linha L3.

Os mapas de níveis de profundidade foram elaborados com base nos modelos da resistividade e da cargabilidade. Entretanto, apenas quatro foram utilizados em decorrência da sua maior eficácia (N2 = 7 m, N3 = 15 m, N4 = 25 m e N5 = 38 m).

Os mapas de contorno da resistividade mostram claramente o confinamento setentrional do percolado, desde a superfície até 38 m de profundidade, conforme a Figura 6, caracterizando o meio condutivo, em contraposição a porção resistiva da porção meridional.

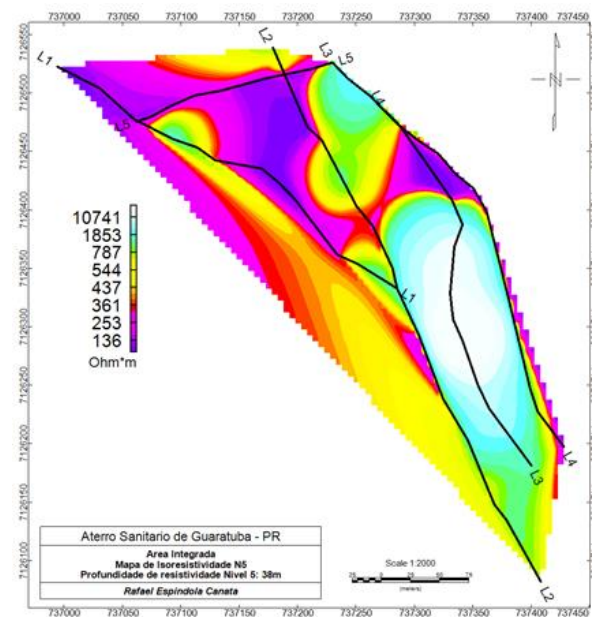


FIGURA 6: Mapa de isoresistividade do Nível 5 (38 m).

Os mapas de contorno da cargabilidade indicam que na porção setentrional, correspondente ao contaminante, a cargabilidade nos níveis mais rasos é baixa a intermediária aumentando com a profundidade, o que pode refletir a presença de material metálico (polarizável) no depósito. No nível cinco (38 m) é possível observar um fluxo de percolado oriundo da porção setentrional, ou do aterro atual, que migra para porções orientais e meridionais da área (Figura 7).

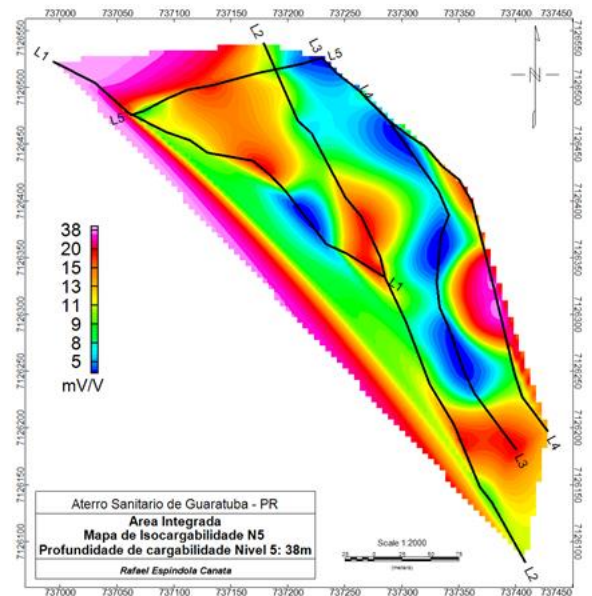


FIGURA 7: Mapa de isocargabilidade do Nível 5 (38 m).

## **Discussão e Conclusões**

Os métodos elétricos permitiram sugerir que o percolado, caracterizado por baixos valores de resistividade e de cargabilidade, observados nos modelos de profundidade obtidos por inversão, não está confinado apenas ao depósito atual. Foi possível indicar uma migração do fluido contaminante para áreas adjacentes ao aterro, oriunda da porção setentrional para os tratos oriental e meridional. Por outro lado, a associação de baixas resistividades com altas cargabilidades, em profundidade, sugerem que a fonte pode estar vinculada aos granitos com minerais sulfetados, o que foi observado em afloramentos na porção oriental do aterro sanitário. As Linhas L2 e L3 não são conclusivas quanto à profundidade de migração da pluma, pelo que serão reperfiladas, numa próxima etapa, com maior espaçamento dos eletrodos (AB=MN=40m).

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Departamento de Polícia Federal, Superintendência Regional do Paraná, pelo suporte fornecido.

## **Referências**

- BOSCOV M.E.G. Geotecnia Ambiental. São Paulo: Oficina de Texto, 248p. 2008
- KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. Geofísica de exploração. Tradução Maria Cristina Moreira Coelho. São Paulo: Oficina do Texto, 438p. 2009.
- MOREIRA, C.A. & BRAGA A.C.O. 2009. Decomposição de Resíduos Sólidos domiciliares e variações na atividade e cargabilidade. Revista Brasileira de Geofísica 27(3): 401-409.
- MINERAIS DO PARANÁ (MINEROPAR). Atlas Geológico comentado da Geologia e dos Recursos Minerais do Estado do Paraná. Curitiba,2001.