



## Investigação de resistividade elétrica nos limites do Aterro Controlado de Alto Paraíso - GO

Gabriela Chaves Reis, Graduanda em Geofísica do IG/UnB ([gabrielachavesreis@gmail.com](mailto:gabrielachavesreis@gmail.com))

Welitom Rodrigues Borges, Docente do IG/UnB ([welitom@unb.br](mailto:welitom@unb.br))

Luciano Soares da Cunha, Docente do IG/UnB ([ianniruberto@unb.br](mailto:ianniruberto@unb.br))

Copyright 2016, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no VII Simpósio Brasileiro de Geofísica, Ouro Preto, 25 a 27 de outubro de 2016. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VII 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 paper presents results of a geophysical investigation near the landfill of Alto Paraíso – GO. The main objective was to explore a possible leachate percolation towards outside the landfill area. Electrical resistivity results shows characteristic patterns of possibly contaminated sites, however, soundings done in the same area do not confirm contamination.

### Introdução

Consideram-se resíduos sólidos todo lixo descartado por atividades humanas, sendo estes caracterizados em quatro tipos: resíduos inertes, resíduos urbanos, resíduos de baixo risco industrial e resíduos de alto risco industrial.

Os aterros também apresentam a mesma categorização dependendo do tipo principal de lixo nele contido, além disso, estes também classificam-se como aterro controlado e o aterro sanitário (MEJU, 2000).

O chorume é gerado por um excesso de água percolando pelos níveis do aterro. Uma combinação de processos físicos, químicos e microbiológicos transfere os poluentes presentes do lixo para a água que percola no mesmo. No geral, o chorume apresenta altas concentrações de matéria orgânica dissolvida e macrocomponentes inorgânicos, dependendo dos tipos de resíduos presentes no aterro (Kjeldsen, 2010). Contudo, não é apenas o tipo de lixo descartado que determina a composição do chorume, a idade do aterro, taxa de água infiltrada e pH são fatores influentes. Já a quantidade de chorume, material gerado pela decomposição dos resíduos sólidos orgânicos, e gases produzidos pelo aterro dependerão de fatores como profundidade, condições climáticas e taxa de entrada e saída de fluídos, sendo assim, o transporte do chorume através do aterro sanitário é inconstante e não uniforme. Vale ressaltar que o tipo de substrato do aterro também pode influenciar na percolação do chorume, não só por suas características físicas, mas também nas alterações geoquímicas que podem ocorrer (MEJU, 2000).

No Brasil, 41,6% do lixo produzido é disposto em aterros controlados e lixões, representando um total de 81,258 de toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos rejeitados

em locais inadequados (ABRELPE, 2014). A geofísica entra para auxiliar a determinação de plumas de contaminação por chorume e encontrar soluções para remediar o alcance das mesmas, uma vez que, a partir da comparação entre as propriedades físicas das rochas e do chorume é possível o mapeamento deste já percolado. Por serem métodos indiretos e de baixo custo, os métodos geofísicos são uma boa alternativa para o problema (OGILY, 2002).

O aterro escolhido para a investigação recebe resíduos sólidos urbanos da cidade de Alto Paraíso – GO sem nenhum tipo de controle do material disposto e dos resíduos após o aterramento. A cidade de Alto Paraíso de Goiás encontra-se na zona externa da Faixa Brasília e compreende o Grupo Paranoá. O mesmo possui caráter anquimetamórfico, que engloba litotipos característicos como conglomerados, ardósias, meterritímios, metacalcários e metadolomitos (CAMPOS, 2013).

### Metodologia

O método da eletrorresistividade tem como princípio a injeção de corrente elétrica de baixa frequência no solo e a medição da diferença de potencial entre pares de eletrodos receptores. A partir dessas variáveis, é possível determinar a resistividade efetiva ou aparente em subsuperfície (BUTLER, 2005).

A resistividade de uma rocha pode ser descrita como a capacidade da mesma de conduzir corrente elétrica (BUTLER, 2005). Sabendo que grande parte dos minerais formadores de rochas é isolante, isto é, não possuem elétrons livres e não conduzem eletricidade, conclui-se que a corrente elétrica conduzida em uma rocha acontece principalmente por processos eletrolíticos nos fluídos presentes nos poros (KEAREY, 2002). Sendo assim, a resistividade elétrica medida nas rochas está diretamente relacionada com características como porosidade, permeabilidade, temperatura, química do fluído, saturação do fluído e mineralogia (BUTLER, 2005).

Em uma investigação de eletrorresistividade, mede-se a resistividade aparente da rocha, isto é, os valores de resistividade medidos são um produto da resistência  $R$  com o fator geométrico de arranjo dos eletrodos  $K$  (REYNOLDS, 1997):

$$\rho = RK$$

O fator geométrico é definido como:

$$K = 2\pi \left[ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right]^{-1}$$

Onde A, B, M e N representam, respectivamente, os dois eletrodos de corrente e os dois eletrodos de potencial utilizados para aquisição. Vale ressaltar que a posição dos eletrodos influencia diretamente na profundidade de investigação.

### Aquisição e Modelagem

No campo, utilizou-se o eletrorresistímetro SYSCAL-PRO para adquirir seções eletrorresistivas 2D. Realizaram-se seis linhas de eletrorresistividade no limite do aterro, as linhas L1 e L5 foram realizadas no sentido S/N e as demais linhas no sentido NW/SE (**Figura 1**), não realizou-se linhas na parte noroeste do aterro por caracterizar-se como o alto topográfico da região. O arranjo geométrico escolhido foi o dipolo-dipolo, por apresentar boa penetração e resolução lateral, com espaçamento  $a = 5m$ .



Figura 1 - Área de estudo e localização das linhas de aquisição.

Para filtrar valores espúrios de resistividade aparente e corrente elétrica, utilizou-se o software Prosys II. A modelagem de dados foi realizada no software Res2Dinv e utilizou-se a técnica da inversão *Least Square Inversion* para gerar os produtos finais. Para as seções de eletrorresistividade 2D, efetuou-se de quatro a seis iterações entre os valores de resistividade aparente medidos em campo e os calculados. Os valores de RMS obtidos variam de 8,5% a 18,7%. Foram geradas seções com 290 metros de comprimento e 35,8 metros de

profundidade, onde evidenciou-se valores de resistividade aparente entre 4.39 Ohm.m a 7700 Ohm.m.

### Resultados

Considerando a topografia e contexto geológico do local, as linhas de maior importância para análise são as linhas 3 e 5. As modelagens geradas estão representadas nas **Figura 2** e **Figura 3**, respectivamente.

Para melhor interpretação, gerou-se modelos de camadas para as pseudosseções (**Figuras 5 e 6**). Os parâmetros de resistividade escolhidos para delimitar os limites de camadas foram determinados a partir de um histograma gerado no software Excel (**Figura 4**). No histograma é possível identificar três intervalos de resistividades características e gerar o modelo de camadas. O modelo gerado evidencia três camadas características: a camada (A) apresenta resistividades de 0 a 35 Ohm.m, a camada (B) encontra-se de 36 Ohm.m a 70 Ohm.m e a camada (C) expressa resistividades maiores que 71 Ohm.m.

A camada (C), representada pela cor amarela, de resistividade maiores que 81 Ohm.m, pode correlacionar-se a uma camada de material arenoso. A camada (B), de cor azul claro, de resistividades entre 41 Ohm.m a 80 Ohm.m, pode relacionar-se à uma camada arenosa saturada. Já a camada (A), por representar um meio muito condutivo, resistividades menores que 40 Ohm.m, pode evidenciar uma possível percolação de chorume.

### Discussão e Conclusões

No Brasil, diversos autores estudaram a resistividade aparente em áreas de contaminação por resíduos sólidos. Dentre eles, é possível citar: Shiraiwa et al (2002) descreve valores entre 5,6 Ohm.m a 16,6 Ohm.m para áreas com percolação de chorume. Lago et al (2006), evidencia valores entre 10,2 Ohm.m a 29,9 Ohm.m. Cruz et al (2008), destaca valores entre 10 Ohm.m a 50 Ohm.m. Cavalcanti et al (2013), encontrou valores de resistividade abaixo de 50 Ohm.m. Essa diferença entre os valores de resistividade aparente ocorre principalmente por particularidades de cada meio.

Os valores de resistividade aparente encontrados tanto na literatura quanto na investigação geofísica corroboram uma área de possível percolação de chorume, entretanto realizou-se um furo de sondagem no local para confirmar e não se constatou contaminação por resíduos sólidos. Devido à ambiguidade da geofísica, os resultados confirmam a necessidade de investigações diretas ou aplicação de outros métodos indiretos.

### Agradecimentos

Ao CNPQ por possibilitar a realização deste projeto. À UnB Cerrado e à Prefeitura da cidade de Alto Paraíso de Goiás por apoiar esta pesquisa.

## Referências

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2014.

CAMPOS, J. E. G. et al. **Geologia do Grupo Paranoá na Porção Externa da Faixa Brasília**. Brazilian Journal of Geology [online]. 2013, vol. 43, n.3, pp. 461-476.

CAVALCANTI, M. M. **Aplicação de Métodos Geométricos no Delineamento da Pluma de Contaminação nos Limites do Aterro Controlado do Jockey Clube de Brasília**. Dissertação de mestrado n° 044. Universidade de Brasília, 2003.

CRUZ, J. I. et al. **Detecção de Contaminação de Colo por Vinhaça Através de Análise de Dados de Eletroresistividade**. Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 26(4), 2008.

KJELDEN, P. et al. **Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review**. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 32:4, 297-336, 2010.

LAGO, A. L. et al. **Aplicação Integrada de Métodos Geofísicos em uma Área de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos em Bauru – SP**. Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 24 (3), 2006.

MEJU, M. A. **Geoelectrical investigation of old/abandoned, covered landfill sites in urban areas: Model development with a genetic diagnosis approach**. Journal of Applied Geophysics, v. 44, n. 2-3, p.115–150,2000.

OGILVY, R. et al. **The Use of 3D Electrical Resistivity Tomography to Characterise Waste and Leachate Distribution within a Closed Landfill, Thriplow, UK**. Journal of Environmental and Engineering Geophysics, v. 7, n. 1, p. 11, 2002.

SHIRAIWA, S. et al. **Estudos Geofísicos Integrados no Lixão de Cuiabá, MT, Brasil – Resultados Preliminares**. Revista Brasileira de Geofísica, v. 20 (3), 2002

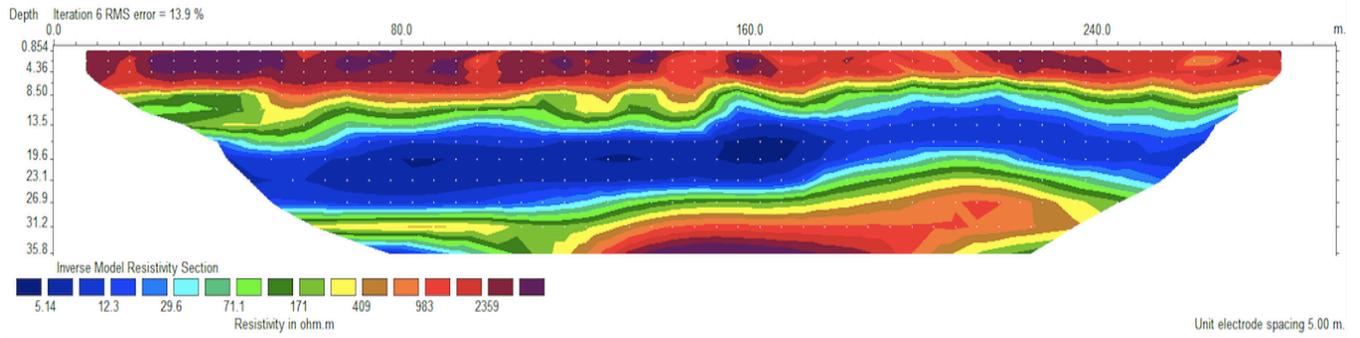


Figura 2 – Seção de eletroresistividade 2D linha 3.

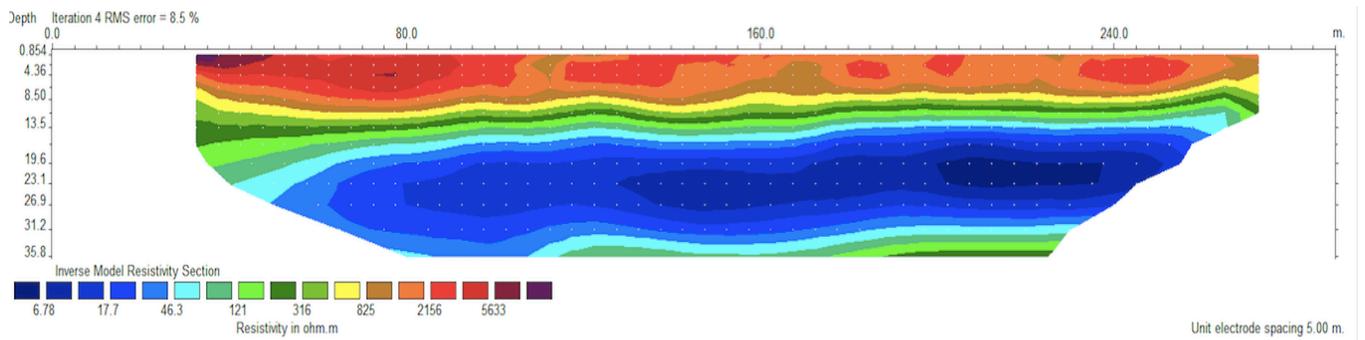


Figura 3 – Seção de eletroresistividade 2D linha 5.

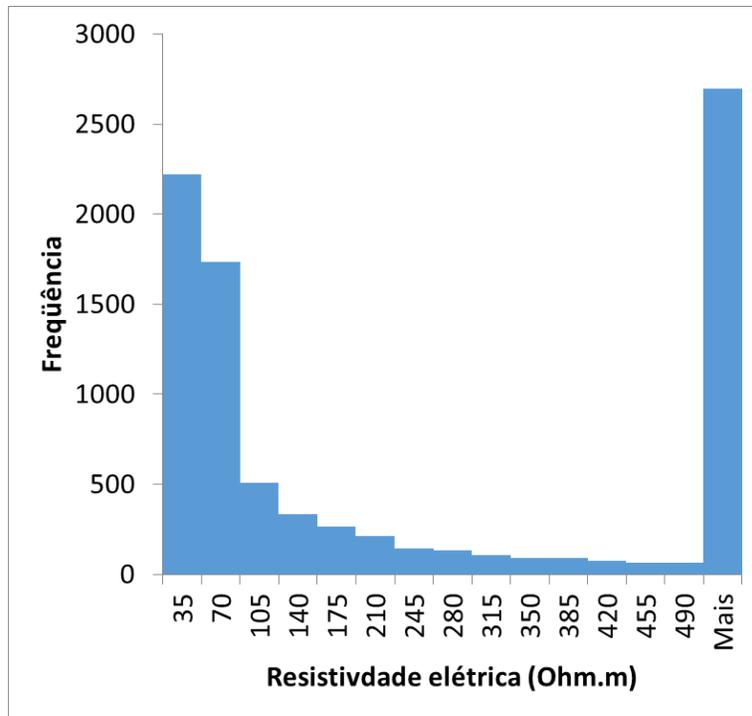


Figura 4 - Histograma com a distribuição das resistividades elétricas registradas em cada seção 2D.

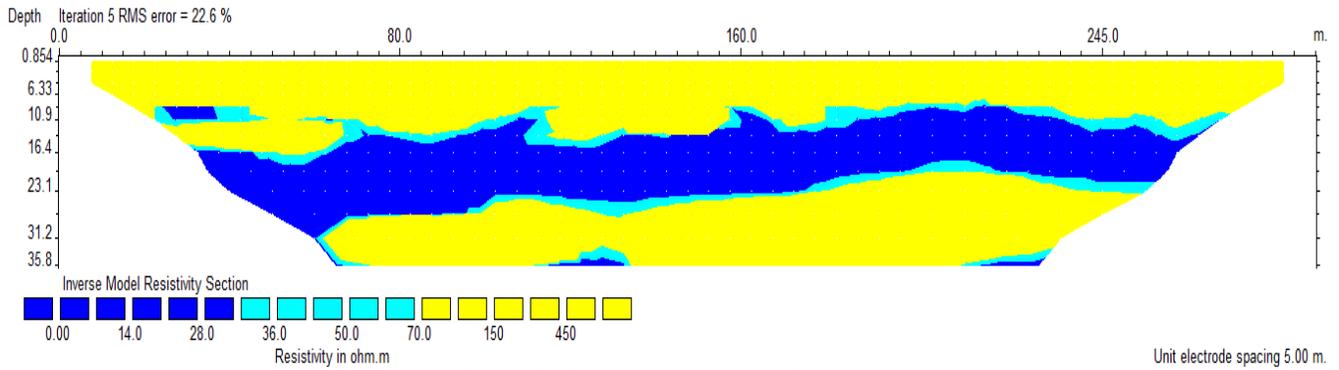


Figura 5 - Modelo de camadas linha 3.

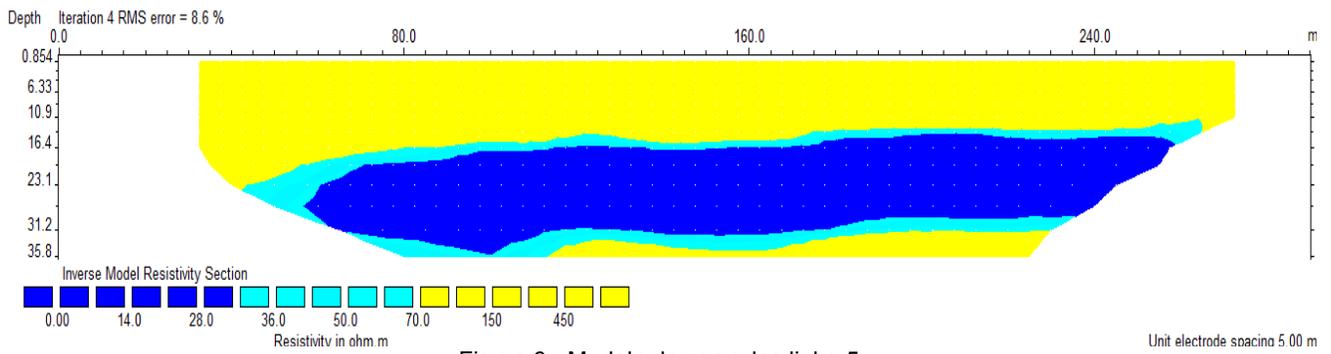


Figura 6 - Modelo de camadas linha 5.