

### III-232 – AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DE PLUMA DE CHORUME EM ATERRO SANITÁRIO POR MÉTODO GEOELÉTRICO

**Lívia Portes Innocenti Helene** <sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE/UNESP). Mestre e doutoranda em Geociências e Meio Ambiente (IGCE/UNESP).

**César Augusto Moreira** <sup>(2)</sup>

Geólogo pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE/UNESP). Doutor em Geociências e Meio Ambiente (IGCE/UNESP). Livre Docente do Departamento de Geologia Aplicada (IGCE/UNESP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida 24 A, 1515 – Bela Vista – Rio Claro - SP - CEP13506-900- Brasil - e-mail: [liviapihelene@gmail.com](mailto:liviapihelene@gmail.com)

#### RESUMO

A contaminação do solo e da água subterrânea por chorume em área de aterro sanitário é um problema recorrente, ocasionada principalmente pela instalação do aterro em áreas vulneráveis, operações inadequadas e por eventuais falhas nos sistemas de proteção do aterro. A avaliação da contaminação por métodos indiretos é altamente recomendada uma vez que os poços previamente instalados na área do aterro podem não abranger a área contaminada e a instalação de novos poços podem desestabilizar as camadas de resíduos acentuando a contaminação. A aplicação do método geofísico da eletrorresistividade é baseado no contraste entre a resistividade do chorume (baixa resistência elétrica) com a do ambiente natural (alta resistência elétrica). Dessa forma, este trabalho apresenta o resultado da aplicação do método da eletrorresistividade em uma célula de aterro sanitário desativada no intuito de delinear as zonas de acumulação de chorume e avaliar o transporte dentro da célula de resíduos. Para tanto foram realizadas 12 linhas de tomografia elétrica em malha regular durante três anos de aquisição (2016, 2017 e 2018). Os resultados são apresentados na forma de níveis de profundidade adquiridos por meio de interpolação e geração de modelos 3D. As análises comparativas dos dados permitem identificar zonas de acumulação de chorume e a variação dos valores de resistividade ao longo do tempo apresentam um aumento gradual devido a diminuição da salinidade do chorume. Também é possível identificar zonas de percolação de chorume para profundidades além da instalação da geomembrana o que demonstra clara contaminação do aquífero. De forma geral é possível relacionar as variações do parâmetro resistividade aos processos de atenuação natural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Degradação, contaminação, resistividade, tomografia elétrica, atenuação natural.

#### INTRODUÇÃO

A preferência mundial pela disposição final de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários é devida principalmente aos benefícios operacionais e financeiros. Apesar de serem projetados e construídos baseados em critérios técnicos rigorosos, alguns problemas são comuns aos aterros sanitários, entre eles, a contaminação do solo e faz águas subterrâneas por chorume, produto da decomposição dos resíduos sólidos orgânicos (WILLIANS, 2005; CHRISTENSEN, 2011).

Quando a subsuperfície é contaminada, um dos primeiros esforços para remediação é a identificação da abrangência da contaminação pela delimitação da pluma no ambiente subterrâneo. Esse diagnóstico pode ser oferecido por análise de solo e das águas subterrâneas coletadas em poços construídos durante a instalação do aterro. Entretanto, essas análises podem não ser suficientes em termos espaciais, uma vez que os poços são instalados previamente a contaminação e podem não abranger a área contaminada (SARA, 2003).

Dessa forma, esse trabalho realizou o monitoramento da pluma de chorume no aterro sanitário em vala localizado no município de Vila Nova do Sul – SP por meio do método geofísico da eletrorresistividade, considerado um método indireto de investigação por não causarem interferência no meio e mostrar os resultados de forma especializada, ideal para delineamento da pluma e de seu monitoramento.

O princípio da aplicação do método da eletrorresistividade neste trabalho é a detecção do chorume no ambiente geológico pelo contraste entre o parâmetro físico da resistividade. A alta quantidade de sais dissolvidos no chorume o caracterizam como zonas de baixa resistividade quando comparado com a resistividade do ambiente natural. Nesse sentido, é possível identificar zonas de acúmulo de chorume na célula de resíduos e possíveis aporte de contaminantes nas águas subterrâneas.

## OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar a utilização do método da eletrorresistividade na identificação de vazamentos em sistemas de impermeabilização por geomembrana em aterro sanitário e monitorar o fluxo de chorume dentro da célula ao longo de um período de 3 anos de monitoramento.

## METODOLOGIA

Os dados de campo foram obtidos a partir aplicação do método geofísico da eletrorresistividade, que consiste na determinação da resistividade elétrica dos materiais da subsuperfície através de leitura de potencial criadas por uma corrente induzida na superfície (TELFORD et al., 1990; BRAGA, 2016).

O levantamento geofísico consistiu em 12 linhas de tomografia elétrica em arranjo Schlumberger; cada linha com 100 metros de comprimento, espaçamento entre linhas de 5 metros e entre eletrodos de 5 metros. A disposição das linhas em campo seguiu conforme a figura 1, linhas 1 a 7 mapeando a vala do aterro; as linhas 8 a 11 ao redor da vala e a linha 12 como linha de referência alocada a montante do aterro em área livre de resíduos para conhecimento dos valores naturais de resistividade para a área.



**Figura 1 – Disposição das linhas de tomografia elétrica em campo**  
(Fonte: adaptada de Google Earth)

A aquisição ocorreu ao longo de três anos, 2016, 2017 e 2018, tendo sido realizadas no mês de fevereiro de cada ano. Os dados de resistividade elétrica foram processados primeiramente no programa Res2dinv, dando origem as seções de inversão de resistividade elétrica que foram posteriormente interpoladas na plataforma Oasis Montaj do Geosoft para criação de modelos de visualização.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados é baseada em algumas premissas relativas a origem, características físico-químicas e comportamento do chorume no ambiente geológico. A degradação da matéria orgânica em suas várias fases torna o efluente rico em sais dissolvidos, tendo como seu principal constituinte o ácido acético (BAIRD & CAINN, 2008; CHRISTENSEN, 2011). Por sua vez, a presença desses ácidos no ambiente geológico causa uma diminuição nos valores de resistividade devido ao aumento da salinidade e dissolução. Diversos estudos comprovam a assinatura geofísica de baixa resistividade elétrica do chorume no solo e nas águas subterrâneas.

Os resultados dos três anos de aquisição são apresentados por meio de mapas de níveis de resistividade elétrica para o nível mais superficial (-1m), nível de instalação da geomembrana (-4m) e nível do aquífero local (-10m) (Figura 2). A partir dos dados da linha 12 (linha de referência) foi identificado que o valor mínimo de resistividade natural para a área é de 47,7  $\Omega \cdot m$ ; dessa forma, valores abaixo desse mínimo são indicativos da presença de contaminantes.

De maneira geral, os resultados demonstram que os valores considerados como indicativos da presença de contaminantes (inferiores a 47,7  $\Omega \cdot m$ ) estão concentrados no interior da célula de resíduos e o fluxo ocorre em direção a jusante devido aos aspectos construtivos da vala.

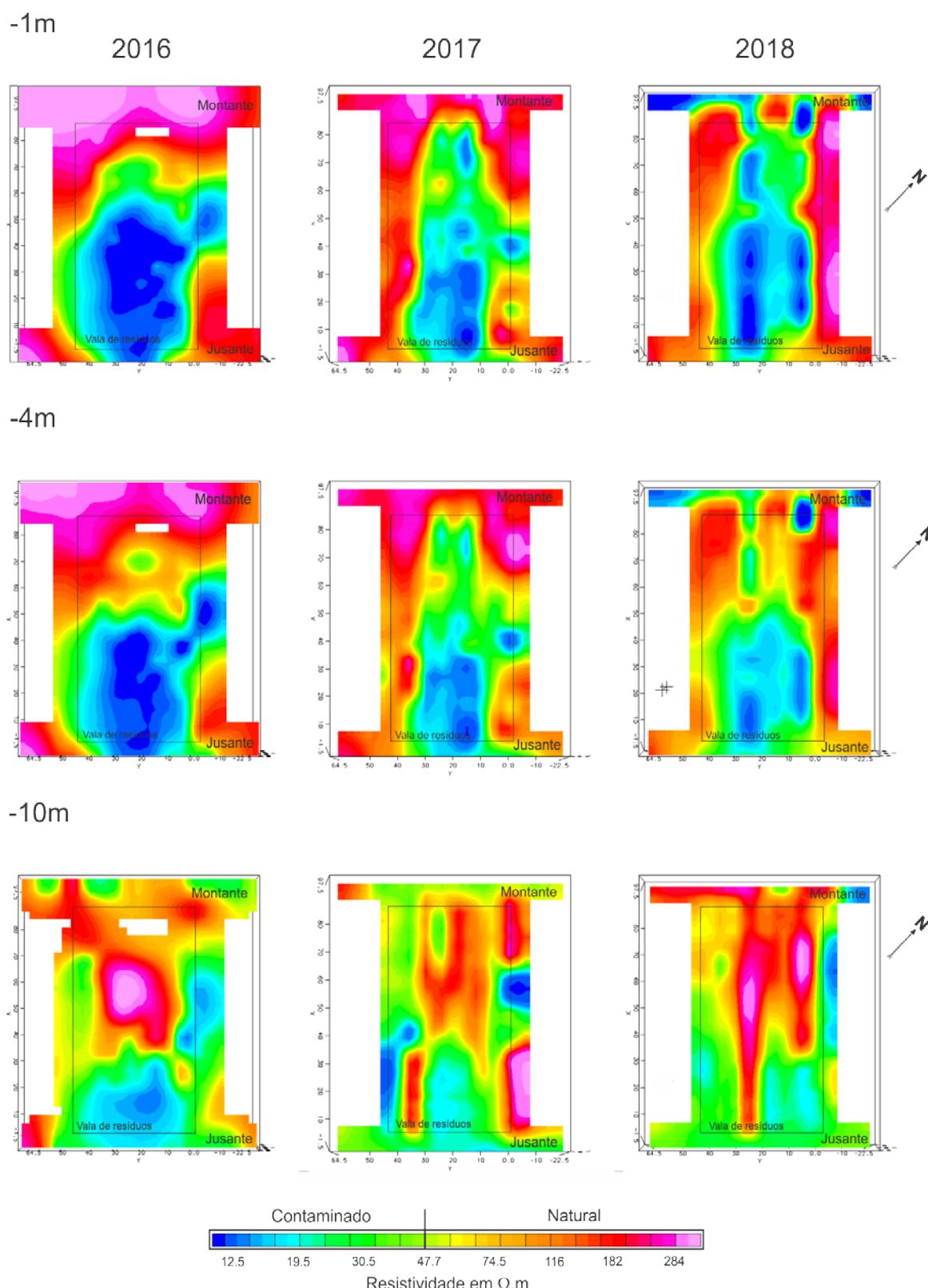
No ano de 2016, os resultados apresentados no nível mais superficial indicam além do fluxo a jusante, a presença de fluxo horizontal na direção norte da célula que extrapola os limites da vala de resíduos. A acomodação e compactação dos resíduos dentro da célula podem gerar caminhos preferencial de fluxo; e conforme a água da chuva é infiltrada na vala do aterro, a dispersão do chorume ocorre de forma facilitada.

Uma vez que o chorume atinge essa região e permanece acumulado, o fluxo vertical carrega o chorume para a zona saturada. Um reflexo desse processo é observado no ano de 2017 e 2018, em que os resultados para o nível mais superficial mostram que a zona de fluxo está desconectada da pluma de chorume no centro da célula, em 2017, e não aparece nos resultados de 2018.

Na base do aterro, na profundidade da geomembrana, os mapas de 2016 mostram que a distribuição do chorume dentro da célula é similar ao nível mais superficial, com fluxo preferencial a jusante. Na profundidade do aquífero, é possível identificar três pontos de percolação de chorume em continuidade ao do nível da geomembrana; o que pode representar pontos de perfuração e, portanto, de fluxo livre de chorume para o aquífero em vetor de propagação vertical. A diferença de concentração de sais dentro e fora da base do aterro causam um processo de transporte de poluentes por difusão, e o contraste foi passível de detecção pelo método geofísico.

O regime de chuvas na área é típico de clima subtropical, com valores anuais altos (1600-1800mm) e uma distribuição minimamente regular ao longo do ano, o que permite uma renovação de oxigênio constante na área. Esses fatores favorecem uma condição de oxidação da matéria orgânica e também da diluição do chorume, processos que podem gerar um aumento contínuo nos valores de resistividade, ainda que estes permaneçam abaixo do natural.

De maneira geral, a variação dos valores de resistividade é um reflexo das alterações na produção e dispersão de chorume, processos condicionados por diversos fatores, dentre os quais é possível destacar: aporte de oxigênio atmosférico por fissural de recalque no solo de cobertura e infiltração de águas pluviais. O aumento dos valores de resistividade ao longo do tempo são, portanto, reflexo da atuação dos processos de atenuação natural claramente vigentes na área de estudos.



**Figura 2 – Variação dos valores de resistividade ao longo dos anos para o nível mais superficial (-1m), nível da geomembrana (-4m) e nível do aquífero (-10m)**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sugere uma reflexão a respeito das problemáticas que envolvem os aterros sanitários como destinos finais para os resíduos sólidos domiciliares. As eventuais falhas nos sistemas construtivos dos aterros podem resultar em impactos ambientais significativos.

No caso da área de estudo, as imperfeições no sistema de impermeabilização por geomembrana em aterro localizado em área de aquífero raso contribuíram para a rápida contaminação das águas subterrâneas.

O contraste das propriedades elétricas do meio geológico natural e do chorume tornam a aplicação do método da eletrorresistividade altamente recomendada em estudos de impactos ambientais em aterros, e o presente trabalho demonstra como uma análise temporal do parâmetro resistividade elétrica pode contribuir para o entendimento da evolução da pluma com o tempo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAIRD, C.; CANN, M. Environmental Chemistry. 4th ed. New York: W. H. Freeman and Company. 2008.
2. BRAGA, A.C.O. Métodos geoelétricos em hidrogeologia. São Paulo: Oficina de Texto, 2016.
3. CHRISTENSEN T.H. Solid Waste Technology & Management. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.
4. TELFORD, W. M. W.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. Applied Geophysics. London, UK: Cambridge University Press. 1990.
5. WILLIAMS, P.T. Waste treatment and disposal. Second edition. England: John Wiley & Sons. 2005.