



Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

# Influência da proximidade de um aterro sanitário na qualidade das águas

## Influence of the proximity of a landfill on water quality

Erika de Almeida Sampaio Braga<sup>1</sup>; Marisete Dantas de Aquino<sup>1</sup>; Petrúcio Maia Xenofonte<sup>1</sup>, Jedson Vieira de Oliveira<sup>1</sup>, Carlos Márcio Soares Rocha<sup>1</sup>, Luzia Suerlange Araújo dos Santos Mendes<sup>2</sup>, Edilson Holanda Costa Filho<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, Ceará.

<sup>2</sup> Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará, NUTEC, Fortaleza, Ceará.

<sup>3</sup> Superintendência Estadual do Meio Ambiente, SEMACE, Fortaleza, Ceará.

✉ andreierika@yahoo.com.br, marisete@ufc.br, petruciomxe@hotmail.com, Jedson91@gmail.com, luzia.santos@nutec.ce.gov.br, edilsonholanda@gmail.com

### Resumo

#### Palavras-chave:

Qualidade da água. Aterro sanitário.  
Contaminação das águas.

#### Keywords

Water quality. Landfill. Water contamination.

Diversos fatores contribuem para contaminação das águas tanto superficiais como subterrâneas localizadas próximas a um aterro sanitário. Isto deve-se provavelmente ao fato da formação de compostos decorrentes da decomposição da matéria orgânica do material que é depositado no aterro sanitário. Em consequência, a qualidade dessas águas são alteradas e não podem mais ser utilizadas para os diversos fins pela população. O estudo foi realizado em águas de rio e poço localizadas próximo a um aterro sanitário situado em um município dentro da área metropolitana de Fortaleza, capital do estado do Ceará. Foram coletadas três amostras de água de rio e uma amostra de água subterrânea durante três meses e foram realizadas as análises dos parâmetros indicadores de qualidade estabelecidos pelas Resoluções nº 357, de 17 de março de 2005 e Resolução nº 396, de 07 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). As análises seguiram as metodologias descritas no Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater (APHA, 2012) e foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC). De acordo com os resultados obtidos as concentrações de alguns parâmetros se encontraram em desacordo com os valores máximos estabelecidos pelas legislações citadas, sinalizando uma preocupação de risco para a saúde da população do local.

### Abstract

Several factors contribute to the contamination of both surface and groundwater located near a landfill. This is probably related to the formation of compounds resulting from the decomposition of organic matter from the material disposed in the landfill. As a result, the quality of these waters is altered and can no longer be used for various purposes by the population. The study was conducted in river and well waters located near a landfill located in a municipality of the metropolitan area of Fortaleza, capital of the State of Ceará. Three river water samples and one underground water sample were collected for three months for analysis of the water quality indicator parameters set by Resolution 357, of March 17, 2005 and Resolution 396, of April 07, 2008, from the National Environmental Council (Conama). The analyses followed the methodologies described in the Standard Methods for the examination of water and wastewater (APHA, 2012) and were performed in the Environmental Chemistry Laboratory, Industrial Technology Foundation of Ceará (Nutech). According to the results, the concentrations of some parameters exceed the maximum values established by the aforementioned legislation, indicating a risk to the health of the local population.

DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v34i2.29934>

## 1. INTRODUÇÃO

O lixo doméstico, comumente, possui uma dada quantidade de água, oriunda da umidade do ar e do processo de decomposição da matéria orgânica. Essa água percorre lixões e aterros sanitários com a ajuda das chuvas, dissolvendo substâncias presentes em tais locais e formando um líquido extremamente poluente denominado chorume. A composição do chorume é importante na determinação dos seus efeitos potenciais sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas adjacentes. Os contaminantes carregados pelo chorume são dependentes da composição do resíduo sólido e das atividades químicas, físicas e biológicas que ocorrem, simultaneamente, dentro do depósito. A quantidade, a qualidade e a concentração de chorume gerado no aterro são afetadas pelos seguintes fatores: precipitação, evapotranspiração, condição operacional do aterro, tempo de construção (exposição dos resíduos sem cobertura), grau de compactação, cobertura final (declividade e material impermeabilizante) e drenagem superficial da área do aterro (ZANONI, 1972; WALLS, 1975). O aterro sanitário de acordo com Lanza (2009) é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, que visa minimizar os danos à saúde pública e os impactos sobre o meio ambiente. Esse método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área e reduzi-los ao menor volume possível, recobrando-os com uma camada de terra na conclusão de cada trabalho, ou intervalos menores, se necessário. A infiltração da precipitação por meio do solo é um processo natural, e faz parte do ciclo de recarga do lençol freático. A percolação é a infiltração de água por meio dos resíduos sólidos, carregando com ela, as substâncias solúveis suspensas no meio; e a lixiviação é a operação que separa certas substâncias, contidas nos resíduos sólidos, por meio de lavagem ou de percolação (OLIVEIRA; PASQUAL, 2001). Um estudo feito por Mattos (2006) verificou níveis altos de metais pesados, como por exemplo, mercúrio ( $0,77 \text{ mgL}^{-1}$ ) em ecossistemas aquáticos próximos a um aterro, em Rio Branco - AC. Já Porto et al. (2004) constataram a contaminação das águas da Baía de Guanabara - RJ pelos resíduos sólidos dispostos no aterro de Jardim Gramacho. Uma forma de solucionar os impactos ambientais causados pelo chorume é o tratamento desse produto. Basicamente, existem duas formas de tratar o chorume: a forma aeróbia, em que é fornecido o oxigênio necessário para a decomposição completa da matéria; e a forma anaeróbica, que ocorre sem a presença de oxigênio em reatores fechados. A maneira como o chorume é tratado varia conforme sua composição e as suas características. Com base no contexto, teve-se como objetivo avaliar a qualidade das águas superficiais e de poço localizadas próximas a um aterro sanitário.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os parâmetros selecionados para avaliar a qualidade das águas foram cloretos, salinidade, nitrogênio amoniacal total, nitritos, nitratos, demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH, ferro dissolvido, sulfatos, sulfetos, turbidez, materiais flutuantes e óleos e graxas. Foram coletadas três amostras de água de rio e uma amostra de água de poço localizadas próximas ao aterro sanitário situado no município de Caucaia no estado do Ceará, durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020. As coletas foram realizadas de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011). A realização das análises seguiu as metodologias descritas no Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater (APHA, 2012).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra os resultados médios obtidos para cada um dos parâmetros analisados nas três amostras de água superficiais (rios amostras A, B e C) e em uma amostra de água subterrânea (poço amostra D), durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020.

Tabela 1 – Resultados médios obtidos para os parâmetros analisados.

| PARÂMETROS   | RESULTADOS MÉDIOS |                  |                  |                  |
|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|
|  | Amostra Rio A     | Amostra Rio B    | Amostra Rio C    | Amostra Poço D   |
| Cloretos ( $\text{mgCl}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ )                       | $2.700 \pm 0,15$  | $733,5 \pm 0,35$ | $2.198 \pm 0,36$ | $106,2 \pm 0,18$ |
| Salinidade (‰)   | 4,89              | 0,4              | 3,9              | *                |
| Nitrogênio amoniacal total ( $\text{mgN-NO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ )   | $1,20 \pm 0,01$   | $1,61 \pm 0,02$  | $2,11 \pm 0,02$  | *                |
| Nitritos ( $\text{mgN-NO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ )                     | LQ                | LQ               | LQ               | $1,11 \pm 0,01$  |
| Nitratos ( $\text{mgN-NO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ )                     | LQ                | LQ               | LQ               | $7,97 \pm 0,04$  |
| Demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ ) | $149,5 \pm 0,35$  | $39,5 \pm 0,035$ | $104,5 \pm 0,35$ | *                |
| Demanda química de oxigênio ( $\text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ )    | $229,8 \pm 0,54$  | $59,8 \pm 0,54$  | $159,8 \pm 0,54$ | *                |
| Oxigênio dissolvido ( $\text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ )            | LQ                | LQ               | LQ               | *                |
| pH à 25°C  | $7,43 \pm 0,02$   | $7,80 \pm 0,02$  | $7,29 \pm 0,01$  | $7,28 \pm 0,01$  |
| ferro dissolvido ( $\text{mgFe} \cdot \text{L}^{-1}$ )                 | $14,5 \pm 0,35$   | $3,60 \pm 0,04$  | $0,30 \pm 0,00$  | $0,05 \pm 0,01$  |
| Sulfatos ( $\text{mg SO}_4^{2-} \cdot \text{L}^{-1}$ )                 | $68,6 \pm 0,15$   | $32,8 \pm 0,11$  | $126,9 \pm 0,11$ | $25,7 \pm 0,18$  |
| Sulfetos ( $\text{mg S}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ )                       | $0,40 \pm 0,04$   | $0,20 \pm 0,0$   | $0,61 \pm 0,00$  | *                |
| Turbidez (uT)  | $99,4 \pm 0,36$   | $20,0 \pm 0,35$  | $12,1 \pm 0,04$  | $3,65 \pm 0,04$  |
| Materiais flutuantes (visual)  | Presença          | Presença         | Presença         | *                |
| Óleos e graxas ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )                     | $68,2 \pm 1,14$   | $70,6 \pm 0,08$  | $54,6 \pm 0,29$  | *                |

Fonte: Elaborada pelos autores.

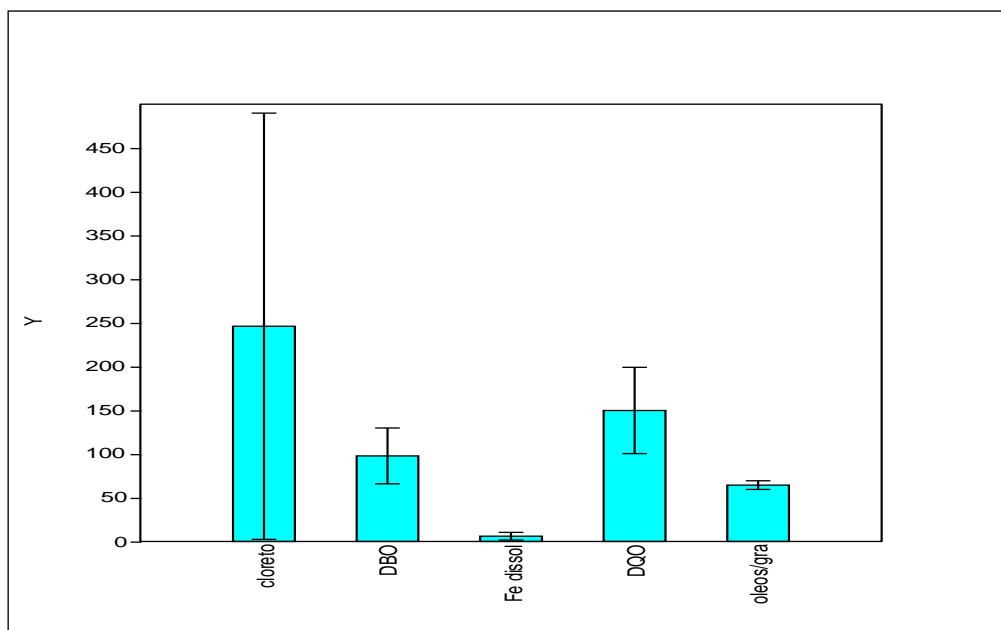
LQ = limite de quantificação; \* parâmetros não analisados na água de poço

De acordo com os resultados da tabela 1, pode-se observar que em relação a definição das águas superficiais (rio) como doces, salobras e salinas, as amostras A (salinidade = 4,89 ‰) e C (salinidade = 3,9 ‰) quando comparadas com o valor de salinidade da Resolução nº 357/05 do Conama foram consideradas águas salobras e a amostra B (salinidade = 0,4 ‰) foi considerada água doce. Sendo assim existe uma classificação da qualidade da água em função do seu uso preponderante e para cada um desses usos são estabelecidos valores diferentes para os parâmetros analisados. As águas salobras classificadas como classe 1 são águas que podem ser destinadas a recreação, aquicultura e atividade de pesca, abastecimento e irrigação. Portanto as amostras A e C não podem ser utilizadas para os fins acima citado em virtude de terem sido apresentadas concentrações mais elevadas do que as concentrações (em mg.L<sup>-1</sup>) máximas estabelecidas pela Resolução nº 357/05 do Conama, para os parâmetros (nitrogênio amoniacal total ≤ 0,4), nitritos ≤ 0,07), nitratos ≤ 0,4), OD ≥ 5,0, (pH 6,5 a 8,5), ferro dissolvido ≤ 0,3), sulfetos ≤ 0,002 e (turbidez, materiais flutuantes e óleos e graxas = virtualmente ausentes). Quanto a amostra B, definida como água doce, pode ser classificada em classe 3, águas que podem ser destinadas ao abastecimento, irrigação, pesca amadora, recreação de contato secundário e dessedentação de animais, também encontrou-se imprópria para esses usos, já que também apresentou parâmetros com concentrações (em mg.L<sup>-1</sup>) mais elevadas que as concentrações estabelecidas pela referida Resolução para os parâmetros (DBO ≤ 10,0), (cloreto total ≤ 250,0), (OD ≥ 4,0), (ferro dissolvido ≤ 5,0), (materiais flutuantes e óleos e graxas = virtualmente ausentes). A amostra D, água subterrânea captada por poço, segundo a Resolução nº 396/06 do Conama, não poderá ser utilizada para os usos preponderantes tais como consumo humano, dessedentação de animais e irrigação, por ter apresentado concentração de nitritos mais elevada que a concentração estabelecida que é de 1,0 (mgN-NO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>). Esses resultados podem ser justificados provavelmente pela infiltração através do solo de compostos produzidos pela decomposição da matéria orgânica proveniente do descarte do lixo no aterro sanitário e/ou projeto e engenharia do aterro.

## ESTUDO ESTATÍSTICO

Utilizando o PAST (Paleontological Statistics versão 2.17c) calcularam-se todos os dados estatísticos univariadamente, no conjunto amostral, onde o Coeficiente de Variação e Desvio Padrão é amplamente usado em química analítica para expressar a precisão e a repetitividade de um ensaio. A figura 1 mostra o gráfico tipo caixa das concentrações cloreto, DBO, ferro dissolvido, DQO e óleos e graxas durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020. As linhas horizontais da caixa expressam os valores de 25, 50 e 75%. A barra de erro inclui os valores entre 5 e 95%; (x) os valores correspondentes a 1 e 99% e o sinal (-) os valores mínimo e máximo do conjunto de dados. A média aritmética corresponde ao dentr[ ]a caixa.

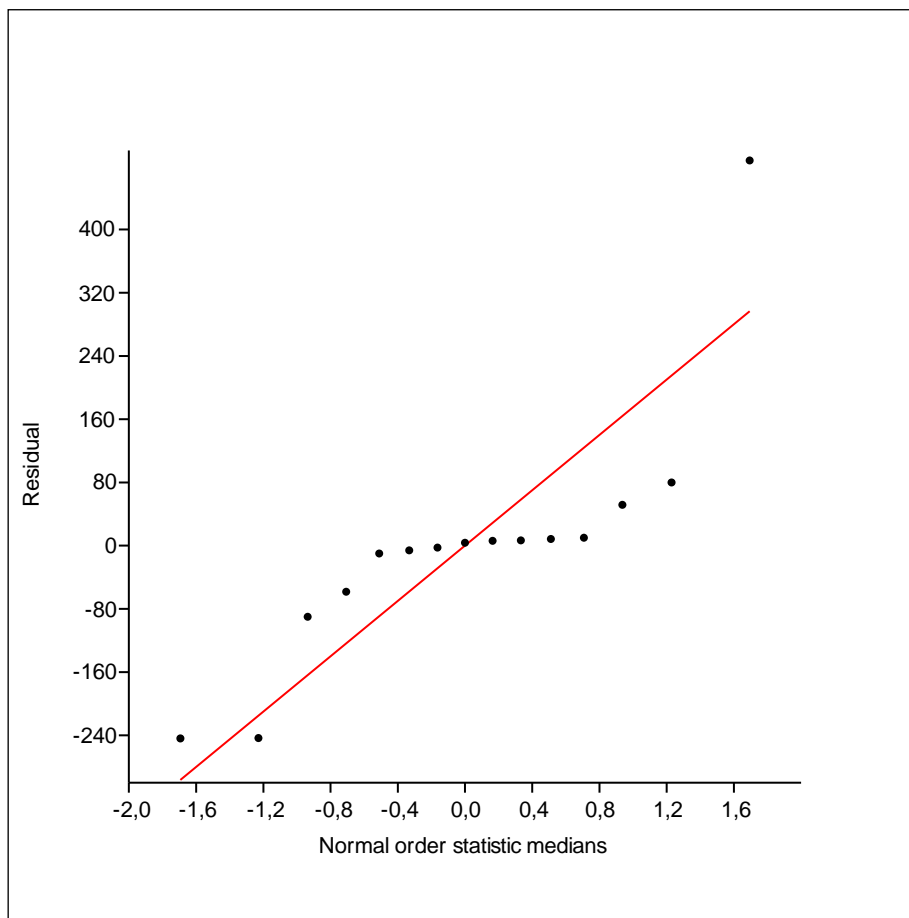
Figura 1 – Estudo estatístico usando gráficos de caixa.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A análise mais comum se ajusta a modelos logísticos lineares sucessivamente mais ricos e mede a variação residual do modelo por menos duas vezes a máxima verossimilhança. Medidas gerais de variação residual são consideradas aqui, incluindo erro quadrático ordinário e erro de previsão, bem como a verossimilhança logarítmica, como mostrado na figura 2.

Figura 2 – Medidas gerais de variação residual.

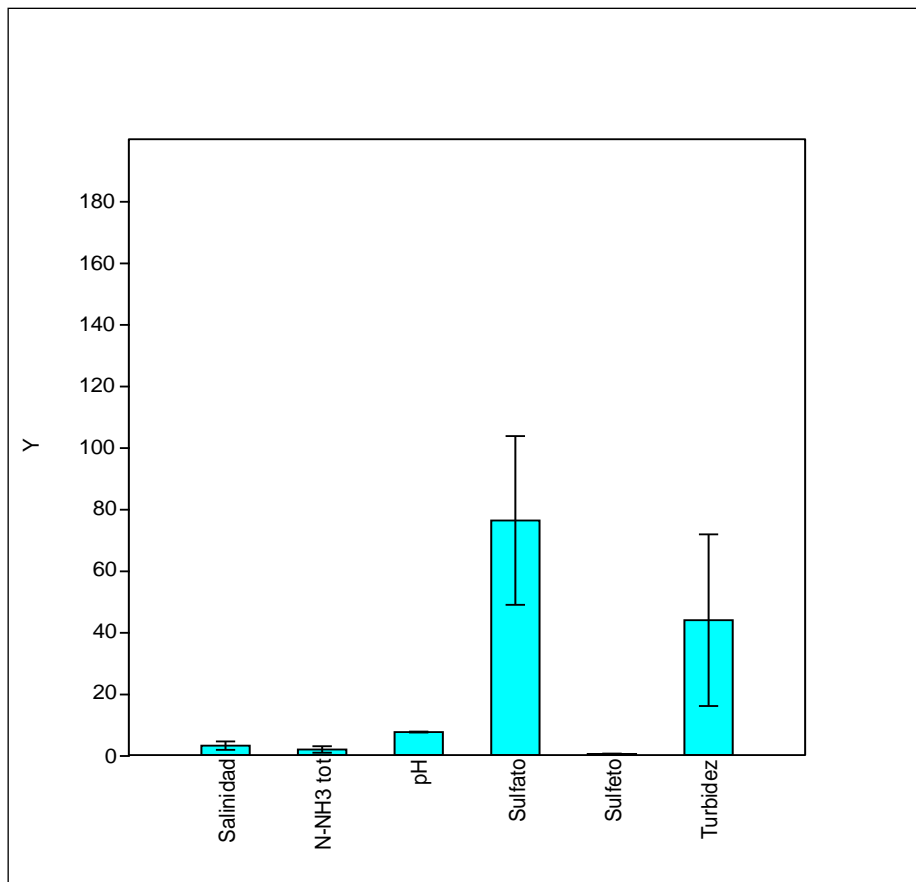


Fonte: Elaborada pelos autores.

A figura 3 mostra o gráfico tipo caixa das concentrações salinidade, nitrogênio amoniacal total, pH, sulfato, sulfeto e turbidez durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020. As linhas horizontais da caixa expressam os valores de 25, 50 e 75%. A barra de erro inclui os valores entre 5 e 95%; (x) os valores correspondentes a 1 e 99% e o sinal (-) os valores mínimo e máximo do conjunto de dados. A média aritmética corresponde ao  dentro da caixa.

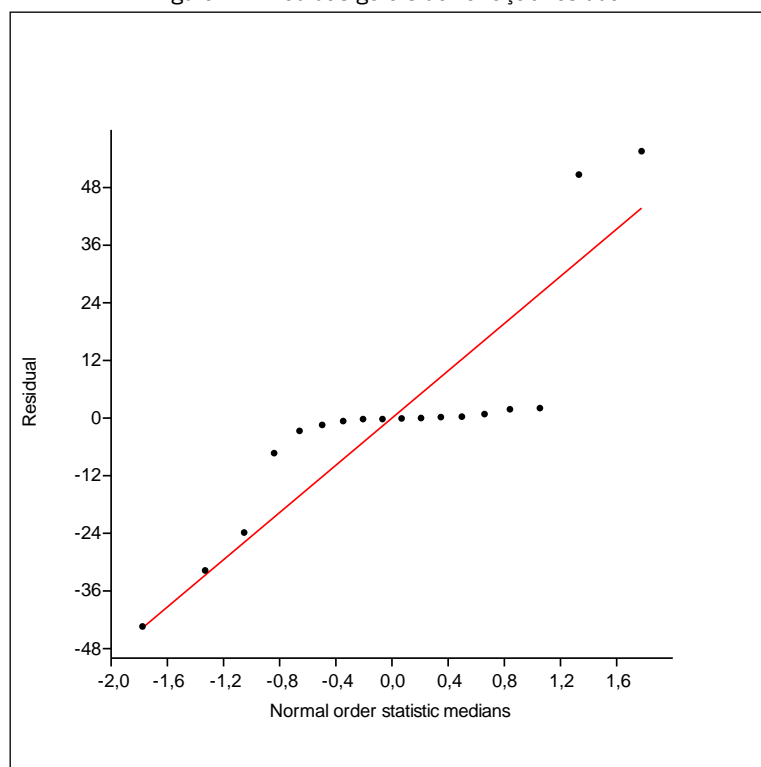
A análise mais comum se ajusta a modelos logísticos lineares sucessivamente mais ricos e mede a variação residual do modelo por menos duas vezes a máxima verossimilhança. Medidas gerais de variação residual são consideradas aqui, incluindo erro quadrático ordinário e erro de previsão, bem como a verossimilhança logarítmica, como mostrado na figura 4.

Figura 3 -. Estudo estatístico usando gráficos tipo caixa.



Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 4 - Medidas gerais de variação residual



Fonte: Elaborada pelos autores

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos para os parâmetros analisados, pode-se concluir que a qualidade das águas superficiais (rio) e subterrâneas (poço) pode ser alterada pelos produtos provenientes da decomposição da matéria orgânica que compõem os efluentes e resíduos sólidos que são lançados em um aterro sanitário, ação que pode colocar em risco a saúde da população que utiliza essas águas para os diversos usos.

Dentre uma das medidas para evitar esse risco, seria o monitoramento dos resíduos que são descartados no aterro, assim como também a revisão do projeto de engenharia do aterro sanitário.

#### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Guia Nacional de Coleta e Preservação: Amostras. Água, Sedimentos, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. Brasília, DF. 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Water Environment Federation*. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22 ed., 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução nº 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Brasília. DOU nº 053 de 18 de março de 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008*. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Brasília. DOU n. 66, de 07 de abril de 2008.

Matos, Julio Cesar Pinho. **Poluição Ambiental por Resíduos Sólidos em Ecossistemas Urbanos: Estudo de Caso do Aterro Controlado de Rio Branco-AC**, 2006. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre 2006.

OLIVEIRA, S.; PASQUAL, A. Avaliação de Parâmetros Indicadores de Poluição por Efluente Líquido de um Aterro Sanitário. *Engenharia Sanitária Ambiental*, Botucatu (SP), v.9, n. 3, p.240-249, jul./set. 2004.

PORTO, M. F. S. *et al.*, Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro metropolitano no Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 6, p. 1503-1514, nov/dez., 2004.

WALLS, J. S. Protecting groundwater from landfill leachate. *Water Sewage Works*. 1975.

ZANONI, A. E. Ground water pollution and sanitary landfills—a critical review. *Ground Water*. 1972.