



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



EFEITO DO LIXIVIADO BRUTO DE ATERRO SANITÁRIO NO COMPORTAMENTO DE FUGA DE MINHOCAS *EISENIA ANDREI*

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.9.26.XI-003>

Elisângela Maria da Silva (*), Naiara Angelo Gosmes, Samanda Costa do Nascimento, Márcio Camargo de Melo, Veruschka Escarião Dessoles Monteiro

* Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)

RESUMO

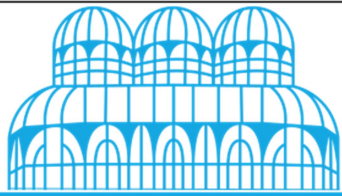
O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do solo contaminado com lixiviado bruto de aterro sanitário no comportamento de fuga de minhocas da espécie *Eisenia andrei*. O lixiviado utilizado nos testes ecotoxicológicos foi coletado em um Aterro Sanitário, localizado na região do semiárido brasileiro. A amostragem compreendeu a coleta de 2 L de lixiviado bruto do aterro sanitário. Para a realização do ensaio comportamental de fuga, o organismo-teste utilizado foi a *Eisenia andrei*, provenientes de um grupo de indivíduos adultos da mesma espécie, com idade entre 2 e 3 meses e peso médio de 300-600 mg. A metodologia para a realização do ensaio foi conforme a NBR/ISO 17512-1 (ABNT, 2011) com algumas adaptações. As concentrações da amostra foram preparadas com precisão volumétrica, em progressão geométrica de razão 1,4 (10; 14; 19,60; 27,44; 38,41 e 53,78 v/v %), equivalentes a 10,38; 14,53; 20,34; 28,47; 39,86 e 55,80 mL.kg⁻¹ de SAT seco. O ensaio foi conduzido em sistema estático, sob temperatura de 24 ± 2 °C em sala climatizada e fotoperíodo natural por 48 horas. O critério de aceitabilidade adotado foi a mortalidade inferior a 10%. Para as diferentes concentrações de lixiviado após 48 horas de ensaio, observou-se que, embora não tenha ocorrido um aumento progressivo do número de organismos no solo-controle, a permanência dos indivíduos foi significativamente maior neste do que no solo-teste à medida que as concentrações de lixiviado aumentaram, especialmente em 19,60% e 53,78%. Nas concentrações 14 e 27,44% observaram-se um número maior de indivíduos no solo-teste, possivelmente, devido a busca de alimento por esses organismos. Conclui-se que a perda da função de habitat dos organismos foi consolidada nas concentrações onde o índice de fuga foi igual ou superior a 80%, embora respostas de evitação tenham sido detectadas em doses consideravelmente menores. Dessa forma, o lixiviado não deve ser lançado no ambiente sem o tratamento adequado pois, os contaminantes deste efluente causam efeitos negativos na fauna edáfica, podendo afetar o equilíbrio ecológico do solo e, conseqüentemente, toda a cadeia alimentar.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio comportamental, Organismos-teste, Solo Artificial Tropical, Toxicidade de lixiviado.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of soil contaminated with raw landfill leachate on the escape behavior of earthworms of the species *Eisenia andrei*. The leachate used in the ecotoxicological tests was collected from a landfill located in the semi-arid region of Brazil. The sampling comprised the collection of 2 L of raw leachate from the landfill. For the behavioral escape test, the test organism used was *Eisenia andrei*, from a group of adult individuals of the same species, aged between 2 and 3 months and with an average weight of 300-600 mg. The methodology for conducting the test followed NBR/ISO 17512-1 (ABNT, 2011) with some adaptations. Sample concentrations were prepared with volumetric precision, in a geometric progression with a ratio of 1.4 (10; 14; 19.60; 27.44; 38.41 and 53.78 v/v%), equivalent to 10.38; 14.53; 20.34; 28.47; 39.86 and 55.80 mL.kg⁻¹ of dry SAT. The test was conducted in a static system, at a temperature of 24 ± 2 °C in an air-conditioned room and natural photoperiod for 48 hours. The acceptability criterion adopted was mortality of less than 10%. For the different leachate concentrations after 48 hours of testing, it was observed that, although there was no progressive increase in the number of organisms in the control soil, the permanence of individuals was significantly greater in this soil than in the test soil as leachate concentrations increased, especially at 19.60% and 53.78%. At concentrations of 14% and 27.44%, a greater number of individuals were observed in the test soil, possibly due to the search for food by these organisms. It is concluded that the loss of habitat function of the organisms was consolidated at concentrations where the escape rate was equal to or greater than 80%, although avoidance responses were detected at considerably lower doses. Therefore, leachate should not be released into the environment without adequate treatment because the contaminants in this effluent cause negative effects on soil fauna, potentially affecting the ecological balance of the soil and, consequently, the entire food chain.

KEY WORDS: Behavioral assay, Test organisms, Tropical Artificial Soil, Leachate toxicity.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026



INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a expansão das cidades contribuíram nos últimos anos para o aumento per capita de resíduos gerados, acarretando sérios problemas ambientais, sociais e de infraestrutura, incluindo a crescente pressão sobre os sistemas de gestão e, conseqüentemente, a expansão dos aterros sanitários, o principal método de disposição de resíduos/rejeitos em muitas partes do mundo (Sossou *et al.*, 2024). Apesar dos aterros serem considerados uma forma ambientalmente adequada de disposição final, possuem elevado potencial de poluição ambiental, assim como efeitos adversos à saúde da população (Silva *et al.*, 2022; Widomski; Stępniewski; Anna Musz-Pomorska, 2018). Quando depositados nos aterros, a umidade dos resíduos favorecem as transformações físico-químicas e biológicas, e a partir do processo biodegradativo natural, juntamente com a água precipitada, gera um efluente denominado de lixiviado, líquido de coloração escura e com concentrações significativas de compostos tóxicos, como matéria orgânica dissolvida, sais inorgânicos, amônia e metais pesados Taha *et al.*, (2024), que quando lançados sem um prévio tratamento no meio ambiente, oferecem riscos à saúde pública e ao meio ambiente (Bakare *et al.*, 2025; Gomes *et al.*, 2022).

Uma das grandes preocupações relacionada à disposição final de resíduos em aterros sanitários, refere-se as contaminações que ocorrem em áreas próximas desses empreendimentos. Os contaminantes presentes no lixiviado possui efeito acumulativo e prejudicial à ecologia e às cadeias alimentares, provocando efeitos carcinogênicos, toxicidade aguda e crônica, além efeitos genotóxicos entre os seres humanos e outros organismos vivos (Bakare *et al.*, 2025). Estudos desenvolvidos por Alghamdi, Aly e Ibrahim (2021) constataram que, as águas subterrâneas, localizadas próximas a aterros sanitários, continham altos teores de sais e de metais, tornando-as impróprias para diversas atividades, como para o consumo da população e dessedentação animal e para irrigação de culturas. Bakare *et al.* (2025), avaliaram a citogenotoxicidade do lixiviado de aterro sanitário e verificaram que os níveis de metais, congêneres de PAHs e ftalatos foram superiores aos limites da USEPA. Os autores observaram que o risco de câncer ao longo da vida associado ao chumbo é elevado, sendo os índices superiores para crianças em comparação aos adultos. Sendo assim, esses dados destacam os prováveis riscos à saúde humana decorrentes da exposição ao lixiviado de aterros sanitários.

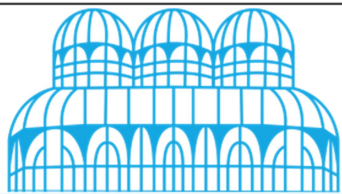
A avaliação dos riscos ecotoxicológicos em lixiviados de aterros sanitários, tradicionalmente, é baseada na caracterização físico-química, em que a própria ecotoxicidade não é considerada. Segundo Arunbabu, Indu e Ramasamy (2017) e Wdowczyk e Szymańska-Pulikowska (2021), apenas essas análises não são suficientes para determinar a toxicidade desses efluentes. Assim, identificar os contaminantes responsáveis pela toxicidade é difícil devido ao número limitado de parâmetros que são usualmente analisados em laboratórios e da complexidade e heterogeneidade do lixiviado. Desse modo, as análises convencionais, não fornecem informações suficientes para avaliação dos efeitos de compostos tóxicos em organismos vivos (Budi *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2022).

De acordo com esse contexto, em estudos que avaliam a ecotoxicidade de lixiviados de aterros sanitários é essencial conhecer os diversos fatores que podem influenciar na composição desse efluente. Tal importância se dá pelo fato de o lixiviado ser complexo e apresentar composição físico-química e microbiológica variada (Silva, 2022). Destaca-se que a realização de ensaios ecotoxicológicos visando complementar a classificação de resíduos ainda é pouco aplicada no Brasil, apesar de a NBR 10.004 (Brasil, 20024) recomendar que para a avaliação da toxicidade de um resíduo sólido deve-se considerar os efeitos nocivos da presença de agentes ecotóxicos, bem como os efeitos associados a cada substância química ou decorrente do sinergismo entre as substâncias constituintes do resíduo.

Nas últimas décadas, diferentes bioensaios têm sido empregados para complementar a avaliação da toxicidade do lixiviado de aterros sanitários (Baderna; Caloni; Benfenati, 2019; Silva *et al.*, 2022). Em geral, segundo Ghosh *et al.* (2017), os principais organismos-teste utilizados são bactérias, microcrustáceos e peixes. No entanto, as avaliações ecotoxicológicas terrestres com lixiviado de aterros sanitários ainda são pouco estudadas, principalmente, as que utilizam organismos da espécie *Eisenia andrei*. Uma das grandes vantagens de utilização desse organismo-teste se dá devido eles serem sensíveis as alterações ambientais, são padronizados nacionalmente e internacionalmente e podem ser cultivados em laboratórios, além de cumprirem os requisitos de ética animal. Dessa forma, o presente estudo objetivou avaliar o efeito do solo contaminado com lixiviado bruto de aterro sanitário no comportamento de fuga de minhocas da espécie *Eisenia andrei*.

OBJETIVO

Avaliar o efeito do solo contaminado com lixiviado bruto de aterro sanitário no comportamento de fuga de minhocas da espécie *Eisenia andrei*.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O Aterro sanitário estudado está localizado na região do semiárido brasileiro, com temperaturas que variam de 28,8°C a 20,2°C, umidade relativa do ar de 77,0%, evaporação total anual de 1541,4 mm e pluviometria anual de 777,7 mm/ano (INMET, 2023). O empreendimento possui uma área total de 64 ha, dos quais 40 ha são destinados à construção de células sanitárias. Em operação desde julho de 2015, o aterro foi projetado para receber resíduos sólidos de Classe II, com uma vida útil estimada em 25 anos e capacidade de projeto de 350 t.dia⁻¹. Contudo, durante o período de desenvolvimento da pesquisa, verificou-se um aporte real entre 500 e 600 t.dia⁻¹.

COLETA DA AMOSTRA

A amostragem compreendeu a coleta de 2 L de lixiviado bruto das células do aterro sanitário (Figura 1). Os procedimentos de coleta, acondicionamento, preservação e transporte seguiram as diretrizes do APHA, AWWA e WEF (2017), com posterior encaminhamento da amostra ao Laboratório de Geotecnia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, localizada no município de Campina Grande - PB.

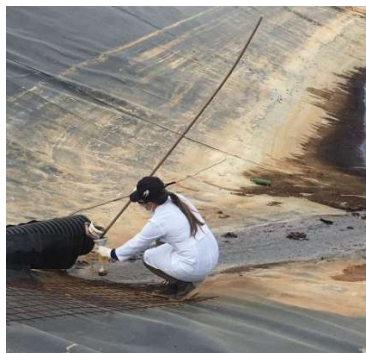


Figura 1: Coleta da amostra. Fonte: Autor do Trabalho.

ORGANISMOS-TEST UTILIZADOS

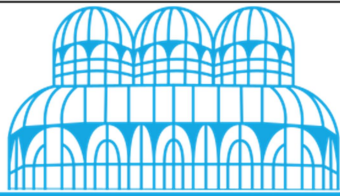
O organismo-teste utilizado foi a *Eisenia andrei*, espécie amplamente utilizada no Brasil e no mundo em estudos da ecotoxicologia terrestre para avaliar a toxicidade de um ou mais compostos no solo. O uso da *Eisenia andrei* no presente estudo se deu em função de serem normatizados internacionalmente para avaliação toxicológica de áreas contaminadas, sendo no Brasil a espécie adotada como padrão para estudos ecotoxicológicos (Sisino *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2022). A utilização dessa espécie é justificável e vantajosa devido apresentar fácil manejo em laboratório e baixo custo nos ensaios quando comparados a outros organismos-teste, além disso cumpre as diretrizes de ética animal em vários países, inclusive no Brasil (Silva *et al.*, 2022).

As matrizes utilizadas nos ensaios foram provenientes de um grupo de organismos que já vinham sendo manejados em laboratório durante 1 ano e meio de modo a garantir que todos os indivíduos testados tivessem a mesma idade. Os organismos iniciais, foram adquiridos no criadouro comercial de uma empresa, atualmente sediada no perímetro urbano de Juiz de Fora, cidade do estado de Minas Gerais, Brasil.

ENSAIO DE FUGA

A metodologia para a realização do ensaio foi conforme a NBR/ISO 17512-1 (ABNT, 2011) com algumas adaptações. Os organismos utilizados no ensaio foram provenientes de um grupo de indivíduos adultos da mesma espécie, com idade entre 2 e 3 meses e peso médio de 300-600 mg.

O Solo Artificial Tropical (SAT) foi composto por uma mistura de areia fina (70%), caulim (20%) e fibra da casca de coco (10%). O SAT foi conforme adaptação proposta por Garcia (2004), a partir da norma OECD (1984). Dessa forma, a turfa de esfagno (porção orgânica do solo) foi substituído pela fibra seca da casca de coco.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

As concentrações da amostra (lixiviado não tratado) foram preparadas com precisão volumétrica, em progressão geométrica de razão 1,4 (10; 14; 19,6; 27,44; 38,41 e 53,78 v/v %), equivalentes a 10,38; 14,53; 20,34; 28,47; 39,86 e 55,80 mL.kg⁻¹ de SAT seco.

Os recipientes-teste utilizados possuem capacidade de 1L e dimensões de 20 x 12 x 5 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente (Figura 2). Esses recipientes foram divididos em duas seções de tamanho igual por um divisor plástico, em que, cada lado foi adicionado 400 g (peso seco) da mistura de solo-teste (SAT), em uma seção umedecida com as diferentes concentrações de lixiviado e na outra, a mesma quantidade do solo-controle, umedecido com água destilada, respeitando a capacidade de campo do solo (CRA de 55%).

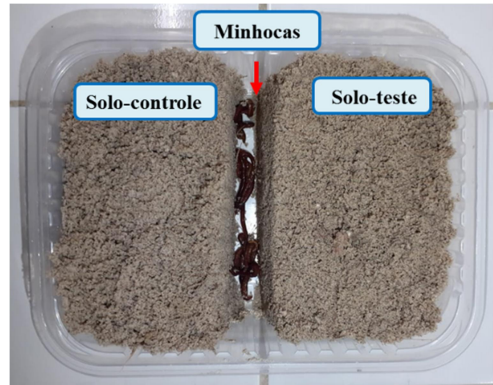


Figura 2: Montagem do Ensaio de fuga. Fonte: Autor do Trabalho.

Após o preparo dos recipientes-teste, a película divisória foi removida e os organismos foram depositados sobre a linha central entre os dois tipos de solo. Foram utilizados 10 indivíduos adultos por réplica, totalizando 4 réplicas por concentração. Preparou-se as concentrações do contaminante (lixiviado) com precisão volumétrica, em progressão geométrica de razão 1,4 (10; 14; 19,6; 27,44; 38,41 e 53,78 v/v %), equivalentes a 10,38; 14,53; 20,34; 28,47; 39,86 e 55,80 mL.kg⁻¹ de SAT seco. O ensaio foi conduzido em sistema estático, sob temperatura de 24 ± 2 °C em sala climatizada e fotoperíodo natural por 48 horas. O critério de aceitabilidade adotado foi a mortalidade inferior a 10%. Ao término do período de exposição, as seções dos recipientes foram novamente isoladas para a quantificação dos indivíduos presentes em cada lado. Na eventualidade de organismos se encontrarem seccionados pela divisória, contabilizou-se 0,5 indivíduo para cada seção. A resposta de fuga às diferentes concentrações foi obtida em porcentagem (Equação 1).

$$F = \frac{(nc - nt)}{N} * 100 \quad \text{equação (1)}$$

Em que:

F: fuga ou evasão, expressa em porcentagem;

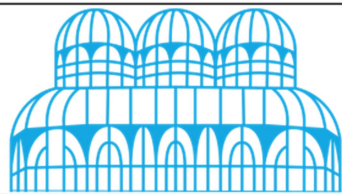
nc: número de minhocas do solo controle;

nt: número de minhocas do substrato-teste;

N: número total de minhocas.

Após o cálculo dos valores da fuga (F), a avaliação comportamental foi observada seguindo a classificação: F < 20% não foi observado evitamento (NOE); 20 ≤ F < 80% houve efeito de fuga observado (EFO) e; F ≥ 80% o substrato-teste causou a perda de habitat (PDH).

A análise estatística foi pelo Teste Exato de Fisher utilizando o *BioEstat 5.0*.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



RESULTADOS

Na Tabela 1, mostra-se a média do percentual de fuga da *Eisenia andrei* às diferentes concentrações do lixiviado no SAT.

Tabela 1 - Média do percentual de fuga nas diferentes concentrações do lixiviado.

Fonte: Autor do Trabalho.

Concentração (%)	Concentração (mL.kg ⁻¹)	Disposição dos indivíduos (Após 48h)		Evitamento ou fuga (F) % (Média das concentrações)	Avaliação comportamental
		Solo-controle	Solo-teste		
		10	10,38	34	
14	14,53	30	9	52,5	EFO
19,6	20,34	35	4	77,5	EFO
27,44	28,47	31	9	55	EFO
38,41	39,86	31	5	65	EFO
53,78	55,8	35	0	87,5	PDH

Legenda: Efeito de fuga observado (EFO); Perda de habitat (PDH).

Para as diferentes concentrações de lixiviado após 48 horas de ensaio, observou-se que, embora não tenha ocorrido um aumento progressivo do número de organismos no solo-controle, a permanência dos indivíduos foi significativamente maior neste do que no solo-teste à medida que as concentrações de lixiviado aumentaram, especialmente em 19,60% e 53,78%. A fuga acentuada nessas concentrações sugere que o lixiviado comprometeu a viabilidade do solo como habitat, forçando a migração dos organismos-teste para o solo-controle.

Nas concentrações 14 e 27,44% observaram-se um número maior de indivíduos no solo-teste, possivelmente, devido a busca de alimento por esses organismos. Esse comportamento também foi observado nos testes de fitotoxicidade de Silva *et al.* (2025), em que as menores concentrações de lixiviado favoreceram a germinação e o desenvolvimento de sementes de tomate (*Solanum lycopersicum*) e de repolho (*Brassica oleracea*).

Conforme apresentado na Figura 3, na concentração de 14% de lixiviado, não foi observado efeito de evitamento (NOE). Tal comportamento ocorreu porque, em uma das réplicas, a porcentagem de evitamento foi negativa. Nesses casos, quando são obtidas respostas negativas, indica-se que a maioria das minhocas preferiu o solo-teste, assim, atribui-se o valor de 0% para o comportamento de fuga. Esse fenômeno também foi relatado por Sales Júnior *et al.* (2021), que observaram respostas negativas semelhantes, representando uma preferência sutil das minhocas pelo solo em baixas doses do contaminante.

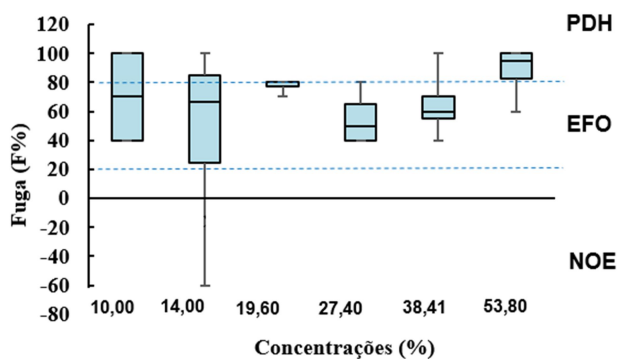
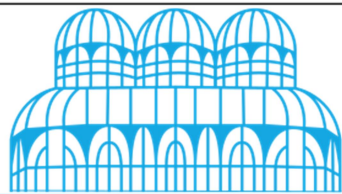


Figura 3: Média do percentual de fuga das minhocas às diferentes concentrações do lixiviado. Fonte: Autor do Trabalho.

Legenda: EFO - Efeito de fuga Observado; PDH - Perda de habitat; NOE - Não Observado de evitamento.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



É importante destacar que, apesar de aparentemente esse comportamento ser tolerável pelos organismos-teste, no longo prazo, essa exposição ao contaminante pode influenciar negativamente no ciclo de vida dos organismos, podendo afetar o equilíbrio ecológico do solo e, conseqüentemente, toda a cadeia alimentar (Silva *et al.*, 2022; Silva, 2022).

Observa-se que a exposição as concentrações entre 10,38 e 39,86 mL.kg⁻¹ de lixiviado provocou a fuga das minhocas, no entanto, não apresentaram uma porcentagem de evitamento suficiente que indicasse a função de habitat limitada ($\geq 80\%$). A perda de habitat foi observada na concentração de 55,80 mL.kg⁻¹, em que se obteve $F \geq 80\%$. Assim, de acordo com a Norma 17512-1 (ISO, 2011), a função habitat é limitada se, em média, mais de 80% das minhocas forem encontradas no solo-controle. Sales Jr *et al.* (2021), obtiveram um efeito de fuga das minhocas *Eisenia andrei* em concentrações de lixiviado em solo, variando de 35,0 a 70,0 mL kg⁻¹ e perda de habitat de 87,5 mL.kg⁻¹ de exposição ao lixiviado.

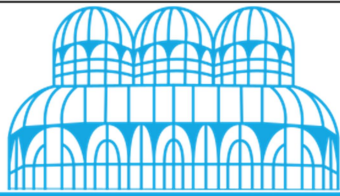
O comportamento de fuga foi significativo em todas as concentrações testadas quando comparada ao efeito de evitamento não observada (NOE). Esses resultados foram comprovados pelo Teste de *Exato de Fisher*.

CONCLUSÕES

- A perda da função de habitat para a espécie *Eisenia andrei* foi consolidada nas concentrações onde o índice de fuga foi igual ou superior a 80%, embora respostas de evitação tenham sido detectadas em doses consideravelmente menores.
- O lixiviado não deve ser lançado no ambiente sem o tratamento adequado, pois, os contaminantes deste efluente causam efeitos negativos na fauna edáfica, podendo afetar o equilíbrio ecológico do solo e, conseqüentemente, toda a cadeia alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alghamdi, A.G; Aly, A.A., Ibrahim, H.M. **Assessing the environmental impacts of municipal solid waste landfill leachate on groundwater and soil contamination in western Saudi Arabia**. Arabian Journal of Geosciences, v.14, n.5, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06583-9>.
2. APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: APHA, 2017. 1496 p.
3. Arunbabu, V., Indu, K.S., Ramasamy, E.V. **Leachate pollution index as an effective tool in determining the phytotoxicity of municipal solid waste leachate**. Waste Management, v. 68, p.329-336, 2017.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004-2024: Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2024.
5. _____. **NBR ISO 17512-1: Qualidade do solo – Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento**. Parte 1: Ensaio com minhocas (*Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*). Rio de Janeiro: ABNT, 26p., 2011.
6. Baderna, D., Caloni, F., Benfenati, E. **Investigating landfill leachate toxicity in vitro: A review of cell models and endpoints**. Environment International, v. 122, n. November 2018, p. 21–30, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.024>.
7. Bakare, A.A, Balogun, K.B, Ogunbona, M.A, *et al.* **Perturbação genética e sistêmica por lixiviado de resíduos sólidos urbanos em modelos aquáticos e terrestres, e avaliação do risco de câncer em humanos dos constituintes metálicos do lixiviado**. Discov Toxicol, v.2 , n, 22, 2025. <https://doi.org/10.1007/s44339-025-00044-8>.
8. Budi, S., Suliasih, B. A., Othman, M.S., Heng, L.Y., Surif, S. **Toxicity identification evaluation of landfill leachate using fish, prawn and seed plant**. Waste Management, v. 55, p. 231-237, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.022>.
9. Garcia, M. V. B. **Effects of pesticides on soil fauna: development of ecotoxicological test methods for tropical regions**. 2004. 283 f. Thesis (Ph.D.) - University of Bonn, Bonn, 2004.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026



10. Gomes, N.A., Silva, E.M., Ribeiro, L. S., Melo, M.C. de y Monteiro, V.E.D. **Análise do comportamento de indicadores que influenciam a toxicidade de lixiviado de aterro sanitário no semiárido brasileiro.** Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. 15, 2022, p. 139-153. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.1.77050>.
11. Ghosh, P., Thakur, I. S., Kaushik, A. **Bioassays for toxicological risk assessment of landfill leachate: A review.** Ecotoxicology and environmental safety, v.141, p.259-270, 2017.
12. Instituto Nacional de Meteorologia (Brasil). **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).** Brasília, DF: INMET, 2023. Disponível em: portal.inmet.gov.br. Acesso em: 07 de março 2026.
13. OECD. Test No. 207: **Earthworm, Acute Toxicity Tests, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2.** Paris: OECD Publishing, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264070042-en>.
14. Sales Junior, S. F., Mannarino, C. F., Bila, D.M., Parente, C.E.T., Correia, F.V., Saggiaro, E.Mendes. **Lethal and long-term effects of landfill leachate on Eisenia andrei earthworms: Behavior, reproduction and risk assessment.** Journal of Environmental Management, v. 285, p. 112029, 2021.
15. Silva, E.M., Gomes, N. A., Nascimento, S. C., Nóbrega, B. M. A., Melo, M. C., Monteiro, V. E. D. **Ecotoxicological responses of Daphnia magna and Eisenia andrei in landfill leachate.** Ecotoxicology, v. 31, n. 8, p. 1299-1309, out. 2022.
16. Silva, E.M. **Ecotoxicidade de resíduos sólidos urbanos e de lixiviado gerado em aterro sanitário.** 2022. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.
17. Silva, E.M., Gomes, N. A., Nascimento, S. C., Santos, J.J. N., Pino, A.B.S., Melo, M, C., Monteiro, V. E. D. **Toxicity of landfill leachate with Solanum lycopersicum.** International Journal of Environmental Waste Management, v. 35, n. 1, p. 1-15, 2025.
18. Sisinno, C. L. S. *et al.* **Importância e aplicações dos ensaios ecotoxicológicos com oligoquetas.** In: NIVA, C. V.; BROWN, G. G. (org.). Ecotoxicologia Terrestre: Métodos e Aplicações dos Ensaio com Oligoquetas. Brasília, DF: Embrapa, 2019. cap. 2, p. 45-70.
19. Sossou, Koffi., Seepana. B.P., Agbotsou, K.E., Souley, H.S., Mudigandla. R. Characteristics of landfill leachate and leachate treatment by biological and advanced coagulation process: Feasibility and effectiveness – An overview. Waste Management Bulletin, Volume 2, Issue 2,2024, p. 181-198. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.04.009>.
20. Taha, R. S. *et al.* **Characterization of Landfill Leachate and their Toxic Effects on Germination and Seedling Growth of Various Plant Species – A Case Study.** Journal of Ecological Engineering, [s. l.], v. 25, n. 11, p. 335–353, 2024. DOI: 10.12911/22998993/193481. Disponível em: [doi.org](https://doi.org/10.12911/22998993/193481). Acesso em: 12 abr. 2026.
21. Widomski, M.K.; Stępniewski, W.; Musz-pomorska, A. **Clays of different plasticity as materials for landfill liners in rural systems of sustainable waste management.** Sustainability, v.10, p 7-10, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10072489>.