

BIOENSAIOS DE CAPIM VETIVER COM DILUIÇÕES DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO EM VASOS: MONITORAMENTO DE METAIS NO SOLO

GEISIANE XAVIER DE MATOS VASCONCELOS¹, ARTHUR LIRA VASCONCELOS DE SOUSA XAVIER², RAFAEL OLIVEIRA BATISTA³, SARA MARTINS DA SILVA⁴, ALDICLEBSON AUGUSTO FERNANDES DE BRITO⁵, JEANE CRUZ PORTEL⁶

RESUMO: Efluentes de aterro sanitário manejados de forma inadequada podem ocasionar contaminação ambiental, sendo necessário o estudo dos seus impactos no solo. Assim, objetivou-se com o presente trabalho verificar a influência das diluições de lixiviados de aterro sanitário na acumulação dos micronutrientes e metais pesados do solo cultivado com capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) no semiárido potiguar. Para isso, utilizou dois percolados (L1 - jovem e L2 - estabilizado). O experimento foi montado em vasos no DBC com fatorial (2 x 5), tendo as diluições: 100% de água de abastecimento-AB (T1); 5%L1 (T2); 10%L1 (T3); 15%L1 (T4); 20%L1 (T5); 5%L2 (T6); 10%L2 (T7); 15%L2 (T8); 20%L2 (T9); 100% AB e solo adubado com esterco curtido (T10). Ao final de sete meses foram coletadas amostras de solo deformadas nos vasos, 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, para determinação dos micronutrientes e metais pesados. Destacou-se a concentração de Fe, tendo a maior média em T5 (18,12 mg/dm³), bem como a ausência de Ni e Cd, o Pb apresentou a maior média em T8 (0,60 mg/dm³) e o Cr apresentou relações lineares com as diluições do percolado L1. Diluições menores acarretaram maiores riscos para a dinâmica de acumulação de metais pesados, já as maiores podem minimizar impactos ambientais e possibilitando o desenvolvimento e manutenção do capim vetiver no topo e taludes de células de aterros sanitários para mitigação da erosão.

PALAVRAS-CHAVE: *Vetiveria zizanioides*, combate a erosão, reúso agrícola.

¹ Mestranda em Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA, CEP: 59625-900. Mossoró, RN. Fone: (84) 3317-8200. e-mail: geisianexavier2018@gmail.com

² Engenheiro Agrícola e Ambiental, Centro de Engenharias, UFERSA, Mossoró, RN.

³ Prof. Doutor, Departamento De Engenharia E Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró, RN.

⁴ Graduando em Agronomia, Centro de Ciência Agrárias, UFERSA, Mossoró, RN.

⁵ Doutorando em Manejo de Solo e Água, Programa de Pós-Graduação, UFERSA, Mossoró, RN.

⁶ Profa. Doutora, Departamento de Ciência Agronômicas e Florestais, UFERSA, Mossoró, RN.

VETIVER GRASS BIOASSAYS WITH LANDFILL LEACHATE DILUTIONS IN POTS: MONITORING METALS IN SOIL

ABSTRACT: Improperly managed landfill effluents can cause environmental contamination, requiring the study of their impacts on the soil. Thus, the objective of this study was to verify the influence of landfill leachate dilutions on the accumulation of micronutrients and heavy metals in soil cultivated with vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) in the semiarid region of Rio Grande do Norte. For this, two leachates were used (L1 - young and L2 - stabilized). The experiment was set up in pots in the DBC with a factorial (2 x 5), with the following dilutions: 100% of water supply-AB (T1); 5%L1 (T2); 10%L1 (T3); 15%L1 (T4); 20%L1 (T5); 5%L2 (T6); 10%L2 (T7); 15%L2 (T8); 20%L2 (T9); 100% AB and soil fertilized with aged manure (T10). At the end of seven months, soil samples were collected from the pots, 0-0.10 m and 0.10-0.20 m, to determine micronutrients and heavy metals. The concentration of Fe stood out, with the highest average in T5 (18.12 mg/dm³), as well as the absence of Ni and Cd, Pb presented the highest average in T8 (0.60 mg/dm³) and Cr presented linear relationships with the dilutions of the percolate L1. Smaller dilutions entailed greater risks for the dynamics of accumulation of heavy metals, while larger ones can minimize environmental impacts and allow the development and maintenance of vetiver grass on the top and slopes of landfill cells to mitigate erosion.

KEYWORDS: *Vetiveria zizanioides*, combat erosion, agricultural reuse.

INTRODUÇÃO

A urbanização das cidades resulta na produção de resíduos sólidos urbanos-RSU, residenciais, comerciais, industriais e de serviços da saúde (Brasil, 2010; Odoricio et al., 2024). Em 2022, a disposição final dos RSU, na sua maioria (61%), ocorreu nos aterros sanitários somando 46,4 milhões de toneladas (Abrelpe, 2022). Esse método apresenta o desafio crítico de reduzir os impactos ambientais associados à disposição adequada de resíduos (Spoti; Amaral, 2023).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída no Brasil pela lei 12.305 de 2010 regula a administração e o descarte dos RSU no país, junto a ela o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), instituído pelo Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022 estabelece diretrizes para melhorar a gestão dos resíduos (Brasil, 2010; 2022).

A decomposição desses materiais, juntamente com a infiltração de água pluvial, resulta na formação de lixiviado em aterros sanitários (Tang et al., 2025; Yang; Feng, 2025). Esta substância é uma combinação de elementos inorgânicos e orgânicos, como os metais pesados, matéria orgânica dissolvida, xenobióticos e microrganismos (Kjeldsen; Christophersen, 2001; Zhang et al., 2013).

Assim, o aproveitamento destes efluentes na própria área das células do aterro para revegetação do topo e taludes representa uma alternativa para regiões semiáridas no combate a erosão, podendo suprir a necessidade nutricional vegetal (Song; Lee, 2010; Chen et al., 2017; Koda et al., 2023).

A exemplo, o capim vetiver é o nome popular para *Vetiveria zizanioides* e *Chrysopogon zizanioides*, uma planta recomendada para plantio no contorno das encostas e topos e taludes das células dos aterros sanitários (Oliveira et al., 2013; Santos et al., 2020). Cresce até 2 m de altura e suas raízes crescem até 4 m de profundidade, com capacidade de adaptação a solos arenosos, argilosos e com baixa fertilidade. Além disso, é resistente às condições de escassez hídrica; suas raízes longas mitigam erosão, produzem óleo aromático e combatem cupins, essa garmínia também é utilizada como cerca viva e propicia fitorremediação (Rao et al., 2014; Gnansounou; Alves; Raman, 2017).

Diante disso, buscou-se verificar a influência das diluições de lixiviados de aterro sanitário na acumulação dos micronutrientes e metais pesados do solo cultivado com capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) no semiárido potiguar.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Unidade Experimental de Reúso da Água (UERA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), sob coordenadas geográficas 5° 12' 30"S e 37°19'08"O. O Aterro Sanitário Municipal de Mossoró-RN está situado nas coordenadas geográficas são 5° 10' 54,94''S e 37° 16' 40,70''O, com uma altitude de 34 metros. Foi inaugurado em 2008, classificado como do tipo 2A, para receber RSU não perigoso e não inerte (ABNT, 2004).

O efluente gerado no aterro é coletado e direcionado para uma lagoa, com posterior recirculação do lixiviado, os gases são queimados, convertendo metano em dióxido de carbono. O experimento foi montado em DBC (2x5), em vasos de 10L, com dois efluentes e cinco diluições, as atividades de campo ocorreram de setembro de 2023 até junho de 2024. Para a

caracterização foram ensaiados dois tipos de percolado L1 (jovem, 5 anos) e L2 (estabilizado, 10 anos). As amostras foram coletadas e armazenadas seguindo as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Baird; Eaton; Rice, 2017).

No Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) da UFERSA foram realizadas análises iniciais da água de abastecimento, percolados L1 e L2, para os parâmetros potencial hidrogeniônico (pH) obtido com pHmetro, condutividade elétrica (CE) determinada por condutivímetro e os metais cromo (Cr), níquel (Ni), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn) determinados com um espectrofotômetro de absorção atômica (Silva, 2009).

Com base na caracterização inicial dos percolados L1 e L2 foi possível estabelecer cinco diluições adequadas para a irrigação do capim vetiver sendo elas: T1 – 100% de água de abastecimento (AB) sem adubação orgânica, T2 - 5% de L1 mais 95% de AB, T3 - 10% de L1 mais 90% de AB, T4 - 15% de L1 mais 85% de AB, T5 - 20% de L1 mais 80% de AB, T6 - 5% de L2 mais 95% de AB, T7 - 10% de L2 mais 90% de AB, T8 - 15% de L2 mais 85% de AB, T9 - 20% de L2 mais 80% de AB e T10 - 100% AB com adubação orgânica de esterco bovino curtido, na dose de 10 toneladas por hectare (Chaves, 2013).

Cada vaso composto por um dreno, uma camada de brita nº 1, uma camada de areia e sobre essa o solo do aterro sanitário de Mossoró (Argissolo) passado em peneira de 5 mm até completar o vaso. As irrigações foram conduzidas com base nos valores diários da evapotranspiração da cultura, por PenmanMonteith-FAO, com o coeficiente de cultura (kc) do capim vetiver de 1,36.

Após setes meses do experimento, foram coletadas amostras deformadas do solo, nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, para proceder-se com as análises de metais pesados (Pb, Ni, Cr e Cd) e os micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn), passaram por processo de extração de solução dupla ácida Mehlich-1 e quantificação no equipamento absorção atômica (Ceará, 2017; Teixeira et al., 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas três campanhas de coleta para as diluições, conforme Tabela 1. Os valores de pH para cada diluição foram semelhantes, o tratamento T9 apresentou maior média (8,71). Quanto à CE, reduziu com o aumento da diluição dos percolados, com a maior média encontrada para T5 e T9 de 12,37 e 11,90 dS/m, respectivamente. Não há padrão relativo à CE

para a disposição de efluentes líquidos. As concentrações de Mn e Pb nos percolados brutos (Tabela 2) estavam em desconformidade com a resolução, o que não ocorre com as diluições aplicadas.

O micronutriente Fe também obteve uma alta concentração nos percolados brutos, há uma redução da concentração desse metal quando aplicado às diluições, apenas a diluição T5 (18,117 mg/L) não alcançou o padrão estabelecido.

Tabela 1. Concentrações médias de micronutrientes e metais pesados das diluições de percolado de aterro sanitário.

Tratamentos	pH	CE	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Ni	Cr
	água	dS/m	mg/dm ³							
T2	8,280	3,940	0,152	0,000	4,059	0,000	0,100	0,000	0,000	0,049
T6	8,420	3,960	0,057	0,000	2,853	0,000	0,110	0,000	0,000	0,061
T3	8,220	6,860	0,000	0,000	9,324	0,000	0,140	0,000	0,003	0,070
T7	8,490	6,790	0,000	0,000	6,080	0,000	0,160	0,000	0,000	0,071
T4	8,300	9,680	0,019	0,000	14,571	0,023	0,100	0,001	0,002	0,084
T8	8,600	9,460	0,000	0,591	10,458	0,090	0,130	0,004	0,030	0,086
T5	8,240	12,370	0,000	0,000	18,117	0,192	0,190	0,000	0,000	0,109
T9	8,710	11,900	0,000	0,901	13,149	0,234	0,120	0,000	0,036	0,111
Padrão⁽¹⁾			≤ 1	≤ 5	≤ 15	≤ 1	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 2	Cr3+ ≤ 0,1 Cr6+ ≤ 1

Nota: ⁽¹⁾ Valores segundo a Resolução Conama nº 420/2009 (BRASIL, 2009).

Tabela 2. Caracterização da água de abastecimento e percolado bruto de aterro sanitário.

Tratamentos	pH	CE	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Ni	Cr
	água	dS/m	mg/dm ³							
Água de Abastecimento	7,94	0,94	0	0	0	0	0	0	0	0
Percolado L1	8,16	80,39	0,456	3,215	95,608	1,406	2,43	0,099	1,647	0,099
Percolado L2	8,47	76,32	0,437	5,687	67,982	2,85	2,34	0,09	1,683	0,09
Padrão⁽¹⁾			≤ 1	≤ 5	≤ 15	≤ 1	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 2	Cr3+ ≤ 0,1 Cr6+ ≤ 1

Nota: ⁽¹⁾ Valores segundo a Resolução Conama nº 420/2009 (BRASIL, 2009).

Quanto à presença de micronutrientes analisados no solo ao final do experimento de campo (Tabela 3), o Cu foi zero, podendo ter sido absorvido pela planta ou lixiviado pelos drenos do vaso no período chuvoso. O Fe apresentou altas concentrações no solo irrigado com o T5, resultado esperado, tendo em vista seus valores nos percolados brutos, principalmente para o percolado L1.

Andrade Filho et al. (2018) encontrou elevadas concentrações de Fe no percolado bruto de aterro sanitário, chegou a 56,84 mg/L. O Mn foi incrementado em T10 pela adição de esterco bovino curtido, os demais resultados foram semelhantes ao controle. A Conama n° 420/2009 recomenda uma concentração de até 300 mg/dm³ de Zn para prevenir alterações nas funções do solo, valor muito superior ao encontrado nos solos analisados. A maior concentração de Pb foi no T8.

Liu et al. (2021) encontram valores máximos de Pb para solo contaminado com percolado de aterro sanitário de 35,32 mg/dm³. Os elementos Cd e Ni não foram encontrados nos solos. Liu et al. (2021) encontraram concentrações de 0,27 e 33,7 mg/dm³ (Cd e Ni) em solo contaminado com percolado de aterro sanitário. O teor de Cr no solo apresentou relações lineares com as diluições L1 ($Y_1 = 0,468x - 0,007$ e $R^2=0,95$) e L2 ($Y_2 = 0,32x + 0,036$ e $R^2=0,68$), a Conama n° 420/2009 estabelece um valor preventivo para o Cr de 75 mg/dm³.

Tabela 3. Concentrações médias de micronutrientes e metais pesados do solo irrigado com diferentes diluições de percolado de aterro sanitário.

Tratamentos	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr
	mg/dm ³							
T1	0,00	12,77	1,85	0,14	0,00	0,00	0,00	0,03
T2	0,00	19,78	1,77	0,11	0,14	0,00	0,00	0,01
T3	0,00	29,82	1,55	0,16	0,06	0,00	0,00	0,05
T4	0,00	35,22	1,91	0,17	0,22	0,00	0,01	0,07
T5	0,00	45,55	1,55	0,12	0,10	0,00	0,00	0,08
T6	0,00	20,30	1,54	0,07	0,10	0,00	0,00	0,05
T7	0,00	31,17	1,79	0,22	0,46	0,00	0,00	0,06
T8	0,00	41,35	1,97	0,13	0,60	0,00	0,01	0,10
T9	0,00	34,24	1,52	0,13	0,34	0,00	0,00	0,09
T10	0,00	25,39	3,76	0,28	0,00	0,00	0,00	0,02
Padrão⁽¹⁾	60,00	-	-	300,00	72,00	1,30	30,00	75,00

Nota: ⁽¹⁾ Valores segundo a Resolução Conama n° 420/2009 (BRASIL, 2009).

Diante disso, o reúso adequado do efluente de aterro sanitário representa uma alternativa para irrigação agrícola, principalmente quando seu uso se concentra em minimizar a degradação dos taludes do próprio aterro e reduzir o consumo de água de boa qualidade (Khan et al., 2024). A restauração dos aterros visa preservar os ecossistemas, regulando a fauna e flora local, bem

como, reduzindo a contaminação das águas subterrâneas e emissão de gases de efeitos estufa (Chen et al., 2017).

CONCLUSÕES

Destacou-se a concentração de ferro no solo em T5 (20% de L1). Ausência de Ni e Cd, o Pb apresentou maior média no T8 (15% de L2) e o Cr apresentou relações lineares em função das diluições de L1 e L2. Diluições maiores podem ser eficientes se realizado um manejo de aplicação adequado na área de topo e taludes das células de aterro sanitário, promovendo assim, uma forma de aproveitamento dos percolados gerados no desenvolvimento do capim vetiver para mitigação da erosão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 06 out. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; RICE, E. W. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23.ed. Washington: APHA, AWWA, WPCR, 2017. 1504p.

BRASIL, Decreto N° 11.043, de 13 de abril de 2022. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, p.2, 14 abr. 2022.

BRASIL, Lei N° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, p.3, 2 ago. 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 16 mai. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 2009.

CEARÁ. Resolução COEMA nº 2 de 2 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias 104 SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 21 de fevereiro de 2017. Fortaleza: **Diário Oficial do Estado**, 2017. 41p.

CHAVES, T. A. Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*): produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas. **Niterói: Programa Rio Rural**, 2013. 16 p.

CHEN, X. W.; WONG, J. T. F.; LEUNG, A. O. W.; NG, C. W. W.; WONG, M. H. Comparison of plant and bacterial communities between a subtropical landfill topsoil 15 years after restoration and a natural area. *Waste Management*, **Special Thematic Issue: Sanitary Landfilling**. v. 63, p. 49–57, 1 maio 2017.

GNANSOUNOU, E.; ALVES, C. M.; RAMAN, J. K. Multiple applications of vetiver grass—a review. **International Journal of Education and Learning Systems**. v. 2, p.125-141, 2017. Disponível em: [https://www.iiaras.org/iiaras/filedownloads/ijes/2017/008-0023\(2017\).pdf](https://www.iiaras.org/iiaras/filedownloads/ijes/2017/008-0023(2017).pdf). Acesso em: 16 set. 2024.

KJELDTSEN, P.; CHRISTOPHERSEN, M. Composition of leachate from old landfills in Denmark. **Waste Management & Research**. v. 19, n. 3, p. 249-256, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X0101900306>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X0101900306>. Acesso em: 9 set. 2024.

KODA, E.; OSIŃSKI, P.; PODLASEK, A.; MARKIEWICZ, A.; WINKLER, J.; VAVERKOVÁ, M. D. Geoenvironmental approaches in an old municipal waste landfill reclamation process: Expectations vs reality. **Soils and Foundations**, v. 63, n. 1, p. 101273, 1 fev. 2023.

LIU, H.; WANG Y.; DONG, J.; CAO, L.; YU, L.; XIN, J. Distribution characteristics, pollution assessment, and source identification of heavy metals in soils around a landfill-farmland multisource hybrid district. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 81, n. 1, p. 77-90, 2021.

ODORICIO, D. R.; CASTRO, M. S. de; SANTOS, J. I. N. dos; BOTELHO, A. de S.; SARMENTO, P.; AMARANTE, C. B. do. Avaliação dos impactos no solo da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Tucuruí-PA. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica**. México, p. 485-508, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2024.17.2.86138>. Disponível em: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/86138>. Acesso em: 10 jun. 2024.

OLIVEIRA, P. C. P.; GLOAGUEN, T. V.; GONÇALVES, R. A. B.; SANTOS, D. L. Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, p. 861-867, 2013.

RAO, K. S.; SINGH, A. K.; SINGH, B. P.; SINGH, R. S. Vetiver grass: a review of its environmental and economic benefits. **Journal of Soil and Water Conservation**. [S.I], v. 69, n. 3, p. 77-82, 2014.

SANTOS, A. S. ; RODRIGUES, M. H. B. S.; SILVA, G. V. da; GOMES, F. A. L.; SILVA, J. N. da; CARTAXO, P. H. de A. Importância do reuso de água para irrigação no Semiárido. **Meio Ambiente (Brasil)**. v. 2, n. 3, 2020.

SONG, U.; LEE, E. Environmental and economical assessment of sewage sludge compost application on soil and plants in a landfill. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 12, p. 1109–1116, 1 out. 2010.

SPOTI, T. B.; AMARAL, C. S. T. Os desafios da gestão de resíduos sólidos urbanos domésticos no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 2, p. 8712-8724, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n2-164>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/57639>. Acesso em: 10 set. 2024.

TANG, J.; CHEN, Y.; HUANG, H.; ZHANG, A. Enhanced performance of a semi-aerobic aged refuse biofilter for treating landfill leachate MBR effluent pre-oxidized by a microwave-activated peroxyacetic acid process. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 13, n. 3, p. 117107, 1 jun. 2025.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. et al. (eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573 p.

YANG, Z.; FENG, K. Investigação de tratamento avançado para efluente de biofiltro de resíduos semi-aeróbicos envelhecidos em lixiviado de aterro sanitário por meio de um sistema

Fe⁰/H₂O₂ aprimorado por UV. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 200, p. 107243, 1 ago. 2025.

ZHANG, Q.; TIAN, B.; ZHANG, X.; GHULAM, A.; FANG, C.; HE, R. Investigation on characteristics of leachate and concentrated leachate in three landfill leachate treatment plants. **Waste Management**, v. 33, n. 11, p. 2277-2286, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.07.021>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23948053/>. Acesso em: 8 jul. 2024.