

Tecnologias avançadas para o tratamento de chorume e prevenção da contaminação de lençóis freáticos: uma revisão sistemática

Advanced technologies for slurry treatment and prevention of groundwater contamination: a systematic review

Thais Fernanda Casellato¹; Rodrigo de Freitas Bueno²; Lucia Helena Gomes Coelho³;

¹Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, São Paulo - Brasil, thaiscasel@yahoo.com.br

²Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, São Paulo - Brasil, rodrigo.bueno@ufabc.edu.br

³Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, São Paulo - Brasil, lucia.coelho@ufabc.edu.br

Recebido:

07 de fevereiro de 2025

Recebido no formato de revisão:

04 de março de 2025

Aceito:

06 de março de 2025

Disponível online:

23 de abril de 2025

Seção:

Artigos

Palavras-chave:

Saneamento.
Efluentes.
Chorume.
Meio ambiente.

Keywords:

Sanitation.
Effluents.
Leachate.
Environment.

<https://doi.org/10.14295/ras.v39i1.30305>

**RESUMO**

Dentre os diversos tipos de contaminantes que os lençóis freáticos podem estar vulneráveis atualmente, os provenientes de chorume estão entre os mais prejudiciais ao meio ambiente. Este trabalho busca realizar uma revisão sistemática sobre as tecnologias avançadas para o tratamento de chorume e as medidas de prevenção dos seus impactos no meio ambiente. Para tanto, foram coletados através da base de informações n= 704 no total. Assim, Web Science = 89; Scielo = 245; Science Direct = 142 artigos científicos. À partir de, descritores: "efluente", "saneamento", "chorume" e "política nacional de saneamento". Dos 142 estudos científicos encontrados abordando a temática, 55 artigos foram avaliados e 12 foram considerados elegíveis para esta de revisão sistemática. Os resultados mostraram que o esgotamento de recursos da natureza causa impactos negativos no meio ambiente em virtude das elevadas taxas de contaminação da água por metais pesados decorrentes do lixiviado. As principais tecnologias encontradas no tratamento de efluentes: BioWin®, Water as a Service (WAAS®), Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB®), NEREDA®, flotação, baias, valas de infiltração e lagoa aerada e facultativa — mostraram-se eficazes para o monitoramento de medidas na gestão de processos hídricos. A conclusão aponta que as atuais estruturas para o tratamento de água de contaminantes provenientes do chorume são ineficientes para os serviços prestados à população.

ABSTRACT

Among the various types of contaminants to which groundwater may currently be vulnerable, those from leachate are among the most harmful to the environment. This study seeks to conduct a systematic review of advanced technologies for leachate treatment and measures to prevent their impacts on the environment. To this end, a total of 704 scientific articles were collected through the information base. Thus, Web Science = 89; Scielo = 245; Science Direct = 142. Based on the descriptors: "effluent", "sanitation", "leachate" and "national sanitation policy". Of the 142 scientific studies found addressing the topic, 55 articles were evaluated and 12 were considered eligible for this systematic review. The results showed that the depletion of natural resources causes negative impacts on the environment due to the high rates of water contamination by heavy metals resulting from leachate. The main technologies used in wastewater treatment: BioWin®, Water as a Service (WAAS®), Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB®), NEREDA®, flotation, bays, infiltration ditches and aerated and facultative lagoons — have proven to be effective for monitoring measures in the management of water processes. The conclusion indicates that the current structures for treating water from contaminants from leachate are inefficient for the services provided to the population.

1. INTRODUÇÃO

A contaminação de águas por chorume é um problema de ordem ambiental com graves desdobramentos para a saúde pública. O despejo inadequado de lixiviados causa degradações no ecossistema favoráveis ao aparecimento de vetores de doenças epidêmicas, como cólera, leptospirose, febre tifoide, giardíase, entre outras (BRASIL, 2022). Para se ter um exemplo dos riscos acarretados, após a pandemia de COVID 19, verificou-se um aumento na produção de efluentes, sobretudo de plásticos, em decorrência no crescimento de utilização e descarte de EPI's, como máscaras faciais, o que representa um risco potencial advindo da lixiviação de seus componentes, como diesel em lodo líquido e fossas sépticas, de alto teor de toxicidade para a saúde humana (UYEN et al., 2024).

O lixiviado é uma combinação complexa de numerosos componentes formados no processo de degradação em aterros sanitários e essa grande variabilidade de substâncias dificulta o tratamento adequado nas estações de saneamento (Mannarino et al., 2011). Cabe colocar que a degradação de um composto não significa necessariamente que nele tenham atuado microrganismos, podendo, também, ter ocorrido transformações de ordem química, o que reforça a necessidade de aprimoramentos contínuos nas técnicas de tratamento de efluentes (CAMINADA et al., 2023).

Diante disso, a classificação de compostos se coloca como uma fase essencial quando são pretendidas intervenções sanitárias mais eficazes, no sentido de que orienta a implantação de medidas de diligência para solução do problema, como condições de saneamento, viabilidade de reuso, aplicação de recursos e capacitação e treinamento de profissionais (SILVA et al., 2023). Disso depende a qualidade no tratamento de efluentes que atuam diretamente em processos físicos, químicos e biológicos, os quais são fundamentais para a ação de agentes de biodegradação que possam mitigar a poluição. Para tal nível de precisão e excelência em tratamento, urge a implementação de políticas públicas, além de integração entre iniciativa privada e o Poder Público no compartilhamento de informações para que sejam promovidos avanços nos processos de gerenciamento ambiental. Cabe ressaltar que existe uma regulamentação de efluentes estabelecendo a obrigatoriedade do controle e da vigilância da qualidade da água para o consumo da população (CONAMA, 2022).

Visando acrescentar ao corpo de conhecimentos relacionado a esse campo e contribuir em ações nesse sentido, este estudo tem por objetivo realizar uma revisão sistemática sobre as medidas de prevenção para a contaminação de lençóis freáticos provenientes de chorume e seus impactos do meio ambiente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento na literatura foi realizado nas bases de dados Web of Science, Science Direct, Sucupira (CAPES), Scielo, Pubmed e Google Acadêmico, a partir dos termos "efluente", "saneamento básico", "chorume" e "política nacional de saneamento" entre publicações realizadas no período da última década. Os critérios de inclusão foram artigos veiculados em periódicos científicos, enquanto os critérios de exclusão foram as pesquisas que não contemplavam o período do estudo, estudos não conclusivos ou publicações repetidas, teses e dissertações, bem como textos incompletos e os que não conjugavam com o tema. A pesquisa foi realizada a partir de uma revisão bibliográfica seguindo critérios estabelecidos pela Recomendação PRISMA: revisão sistemática e metanálise, que consiste em 27 itens (GALVÃO; PANSANI; HARRAD, 2015). Os aspectos éticos da pesquisa foram estabelecidos de acordo com a ABNT/ NBR 6.023/2002 e NBR 10520/2002, para estudos de revisão sistemática. Não houve conflitos de interesses financeiros e políticos.

Na primeira etapa foi realizada uma leitura prévia conforme os critérios de elegibilidade relacionados aos objetivos, metodologia, desenho do estudo, resultados e conclusões. Por fim, cada estudo científico recebeu um fichamento nos idiomas português, espanhol e inglês.

3. RESULTADOS

A busca resultou no levantamento de 704 artigos científicos, dentre os quais 142 de fato abordavam a temática. A imagem a seguir detalha as quantidades encontradas e o processo de elegibilidade (Figura 1).

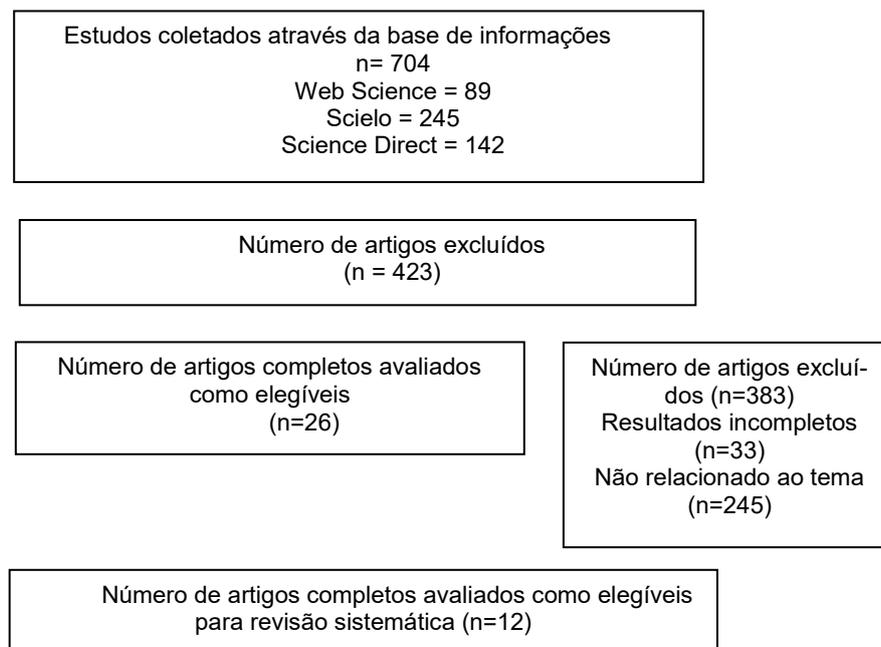


Figura 1. Fluxograma para coleta de informações de estudos científicos, no período de outubro a novembro de 2024.

Os achados apontam que, no tratamento de efluentes, há predominância de resíduos industriais nos lençóis freáticos e que o período de 30 dias é a duração média do tratamento de saneamento com a temperatura de 35°C em razão de inúmeros fatores, como acidogênese, metanogênese e hidrólise. Verifica-se, também, grupos específicos de bactérias no auxílio da digestão anaeróbica e o esgotamento de recursos da natureza acarretando impactos negativos para o meio ambiente, além de elevadas taxas de contaminação da água decorrente do lixiviado por metais pesados.

Entre as técnicas mais aplicadas para o tratamento adequado da água estão a adsorção e a oxidação eletroquímica e biológica avançada, indicados para caracterizar as categorias sólidos sedimentáveis, temperatura, cor, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio e pH. Assim, algumas soluções podem ser obtidas a depender da realidade de cada bacia hidrográfica (FAROOQ et al., 2021). As tecnologias avançadas no tratamento de efluentes são demonstradas nos processos de adsorção, osmose reversa, processo de oxidação fotoquímica, eletrodialise, eletrocoagulação, floculação e sedimentação (SNIS, 2022), conforme detalhado na Tabela 1.

As tecnologias mais utilizadas no tratamento de efluentes são Moving Bed Bio-Reactor® (MBR) em lodo convencional. Tais controles são eficazes no monitoramento de medidas de gerenciamento de processos hídricos (FILER et al., 2021), mas possuem aspectos comerciais que afetam a viabilidade de medidas.

Dentre aquelas que resultam na produção de polímeros, constata-se, também, subprodutos como biometano ou gás, que perpassam os valores mínimos de tempo através de processos de acidogênese e hidrólise. Compostos como nitrogênio e fósforo auxiliam na instabilidade de polímeros (WRIGHT e UDDIN, 2021).

O processo anaeróbio na geração do gás de biometano é inerente aos diferentes tipos de tratamento de efluentes e está relacionado a mecanismos complexos na biodegradação da matéria orgânica que podem ser auxiliados por reatores de dupla fermentação nas estações de tratamento. Eles promovem o desenvolvimento na transformação de bactérias fundamentais na disponibilidade de nutrientes, pH adequado e ausência de substâncias tóxicas. Já, o esgoto é tratado através de um fluxo ascendente para a água, de modo que ela encontre filtros biológicos numa área superficial elevada, que maximizam e removem poluentes.

Para o tratamento de efluentes, aplicam-se o controle de reatores, de odores, absorção química e biofiltração, com os diferentes tipos de oxidação térmica que interferem na taxa de crescimento e na massa de substrato.

Tabela 1 – Principais Tecnologias Avançadas para tratamento de efluentes, de acordo com o tema proposto

Tipo de Tecnologia	Principais Resultados	Vantagens	Limitações
RESPIROSoft™	Níveis variados de eficácia; Diversos métodos e tecnologias para o tratamento de efluentes; Otimização da água não potável para reuso.	Monitoramento eficaz dos dados; Múltiplas análises de informações; Sistema biodegradável, com rápida atualização de sistemas.	Há parâmetros para não exceder os 25 e 125 mg; pH entre 5 e 9; Concentração de matéria orgânica, mediante a legislação.
BioWin®	Dados de fluxo e carga de entrada, com base nos modelos; Transferência de massa; Fluxograma de processos otimizados.	Aumenta a capacidade dos processos de tratamento de efluentes; Tratamento de todos os tipos de efluentes.	Alto custo operacional para a implantação do software. Exige calibração de dados;
Water as a Service (WAAS®)	Água de reuso; Rotina operacional, com facilitação de uso; Custo – benefício do material (plástico); Expertise de equipe para um modelo de gestão de negócios.	Eficácia do processo; Geração de subprodutos (gases e plástico)	Falhas operacionais; Falha na dosagem de produtos químicos. Necessidade de limpeza e troca de equipamentos.
Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB®)	Possibilidade de recuperação de biogás. Processo biológico converte matéria orgânica em gás metano.	Pouca energia; Pouco lodo; Pouca área de implementação.	Nem todo efluente pode ser tratado. Maus odores. Parâmetros estabelecidos pela legislação.
Reator Anaeróbio de Fluxo Descendente (RAFA®)	Esgoto entra pela parte inferior em fluxo ascendente e passa através de uma camada de lodo que atua como uma espécie de filtro. Sendo consumido por organismos anaeróbios.	Baixo consumo de energia. A eficácia chega a 75%.	Implementação de medidas para o tratamento de saneamento.
NEREDA®	Há significativa remoção de matéria orgânica (fósforo e nitrogênio), ao mesmo tempo em que economiza espaço, energia, produtos químicos e equipamentos. Solução inovadora.	Velocidade de sedimentação de grânulos de forma rápida e efetiva. Não há necessidade de adicionar produtos químicos e unidades de decantação. Solução inovadora.	Alto custo de implementação. Tecnologia desenvolvida na Holanda, com manutenção de peças importadas.
FLOTAÇÃO	É processo físico químico. A água é pressurizada formando bolhas e atraem as partículas	O tratamento de efluentes fazem com que o lodo seja removido e enviado na disposição final.	Muito utilizado e baixo custo operacional.
Moving Bed Bio-Reactor® (MBR)	A tecnologia leva uma membrana que atua como um filtro, retendo sólidos e bactérias e deixando água, íons e moléculas de baixo peso passarem.	Utiliza menos espaço para operar. Permite um volume maior de microrganismos aeróbios consomem matéria orgânica.	Custo elevado de implementação. Manutenção do reator. Gasto com energia.
BAIAS e VALAS DE INFILTRAÇÃO	Consiste na passagem do esgoto por um filtro instalado no solo	Formado por pedregulho e areia.	Custo baixo, com aplicabilidade rápida.
LAGOA FACULTATIVA e AERADA	Com profundidade de 3 m., os esgotos entram pela extremidade oposta em condições aeróbias e anaeróbias.	O produto final é o gás carbônico, com grandes quantidades de luz solar e matéria orgânica.	Simples, baixo custo.
LODO CONVENCIONAL	O esgoto é enviado a um decantador para que o lodo seja separado do efluente tratado através de sedimentação.	Alcança altos índices de remoção de sólidos. Há poucas áreas de implementação.	Consumo elevado de energia. Controle frequente para a manutenção. Somente, matéria orgânica presente.

4. DISCUSSÃO

4.1. Desafios e perspectivas

O panorama atual de tecnologias avançadas no tratamento de efluentes possui vantagens e desvantagens acerca do tipo de tecnologia e das limitações no processo de tratamento de efluentes.

Para o saneamento, as principais ferramentas para tratamento de efluentes das águas residuais são coleta seletiva e destinação correta para o esgoto. O reuso para revitalização de rios mostra o direcionamento de efluentes sanitários e seus ecossistemas (SOARES et al., 2023).

As comunidades microbianas na decomposição de lixiviação possuem diversas características heterogêneas relacionadas à taxa de poluentes que possuem uma influência no local com a ciclagem na degradação de matéria orgânica (SOLMAZ et al., 2024).

O desenvolvimento sustentável relaciona a integração de evidências científicas na identificação de componentes químicos de efluentes, como a análise por espectrômetro de fluorescência para um tratamento específico de um subproduto (SOUZA et al., 2020), cujas atribuições singulares e locais indiquem ferramentas adequadas de preservação, conforme repercutiu o Ministério do Meio Ambiente e a própria PNRS (BRASIL, 2023).

Na maioria dos casos, as análises para tratamento do esgoto permitem a visualização de características como densidade, granulometria, resistência mecânica, absorção de água, temperatura de sintetização e lixiviação por metais pesados (SNIS, 2022).

Por sua vez, o lodo proveniente de esgoto apresenta um risco de forma deletéria a saúde humana, o que exige maior grau de confiabilidade em seus testes específicos, de forma que a viabilidade técnica e potencialidade de gerenciamento de água e esgoto são fundamentais para um sistema reverso de sustentabilidade (SOUZA et al., 2020). Importante ressaltar que, em que pese as regulamentações vigentes no Brasil atenderem a normas de padrões internacionais, a produção de uma estrutura para o tratamento adequado de uma lixiviação por meio de contaminantes da água mostra que os critérios de sedimentação e análise são ineficientes para os serviços prestados atualmente para a população (BRASIL, 2022).

Os municípios possuem a autonomia para transferência total ou parcial de encargos para a continuidade de serviços, porém, há ceticismo quanto às clivagens burocráticas para regiões mais precárias, ignorando que projetos dessa ordem tenham potencial para diminuir desigualdades sociais (CARNEIRO e BRITO, 2019).

O mapeamento de variáveis de regulamentação ambiental e inovação tecnológica no contexto atual apresenta ferramentas para o desenvolvimento de políticas ambientais, tais como leis, regulamentação, publicidade, recompensas, punições, padrões de indústria e inovação tecnológica, sem impasses entre ecologia e economia. Também verifica-se que a formação da consciência ambiental decorre de uma alavancagem que envolve a perspectiva social, financeira e ambiental (Borsatto e Bazani, 2021).

As maiores concentrações de metais pesados provenientes do lixiviado são de Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn, quadro preocupante para o meio ambiente (DIAS et al., 2022). Também foram verificados altos teores de nitrogênio e enxofre no transporte de poluentes para o ambiente (PEIXOTO et al., 2018).

Destaca-se que os poluentes dos grupos hidroxila e carboxila não foram adequadamente separados, mesmo em quantidade 20 vezes maiores que os parâmetros fornecidos, de acordo com atributos físico-químico levantados através de análises na bacia hidrográfica (CONAMA, 2022).

É importante ressaltar que, tradicionalmente, o tratamento de chorume é realizado em estações de efluentes, que englobam gradeamentos, caixa de areia, elevatórios, lagoas aeradas, secagem e tratamento do lodo. Nesse sentido, as tecnologias avançadas possuem como foco principal a remoção de alguns compostos ou classes de compostos e dificilmente uma única tecnologia atende todas essas demandas, dado que o emprego de containers específicos auxilia no tratamento de efluentes.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que, para que não ocorra sobrecarga nas condições ambientais no tratamento de esgoto, é necessária a implantação de tecnologias avançadas no tratamento de efluentes para elevar a qualidade de vida da população. Além disso, há predominância nas condições ambientais favoráveis à decomposição da matéria orgânica, que resulta como subproduto o biogás, cujo aproveitamento num processo anaeróbio é frequentemente encontrado nas unidades de tratamento, dentro de um sistema complexo, com a participação de organismos vivos. Assim sendo, a viabilidade de implantação de novas tecnologias para o tratamento de efluentes permanece como desafio na Saúde Pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BMP. Biochemical Methane Potential: determination in Sludge with Respirometric Sensor System. VELP Scientifica, Italy, 2021.
- Borsatto, J.M.L.S.; Bazani, C.L.; Inovação verde e regulamentações ambientais: uma revisão sistemática de trabalhos acadêmicos internacionais. *Environ Sci Pollut Res* 28, 63751–63768; 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11379-7>
- Caminada, S. M. L.; Bocchiglieri, M. M.; Velini, E. Domingues; Paganini, W. S. Avaliação da presença de fármacos em lodo de estação de tratamento de esgotos, antes e após processo de biorremediação por compostagem. *Saúde Sociedade*; v.32, n.2, 2023.
- CAMPOS, J. R. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 464. PROSAB., 1999.
- CARNEIRO JMB.; BRITO E.S. Consórcios intermunicipais e políticas públicas regionais. 1ª Edição, São Paulo. 2019. p.12-52.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 357/2005, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial [da] União, Brasília*, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2021.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 469, de 29 de julho de 2015, que altera art. 3º da Resolução CONAMA nº 307/2002. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, n. 144, 30 jul. 2015. Section 1, p. 109-110.
- Demajorovic, J., Caires, E. F., Gonçalves, L. N. da S., e Silva, M. J. C. Integrando empresas e cooperativas de catadores em fluxos reversos de resíduos sólidos pós-consumo: o caso Vira-Lata. *Cadernos EBAPE.BR*, 12(spe), 2014, 513–532. <https://doi.org/10.1590/1679-39519020>
- Dias, L. M. M., Silva, M. V. R. da., Faial, K. do C. F., Vasconcelos Junior, N. T., Maia, R. F. S., Souza, J. A. S., Macedo, E. N. Avaliação de Metais Potencialmente Tóxicos em Chorume Proveniente de Área de disposição de resíduos sólidos em Belém, PA. *Química Nova*, v.45, n.9, 2022, p.1047–1052. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170912>
- Farooq A, Haputta P, Silalertruksa Tand Gheewala SH. A Framework for the Selection of Suitable Waste to Energy Technologies for a Sustainable Municipal Solid Waste Management System. *Front. Sustain.* 2:68; 2021; <http://doi.org/10.3389/frsus.2021.681690>
- Filer J, Ding HH, Chang S. Biochemical Methane Potential (BMP) Assay Method for Anaerobic Digestion Research. *Water*. 2019; 11(5):921. <https://doi.org/10.3390/w11050921>
- Galvão, T. F.; PANSANI, T. Souza Andrade; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 24, p. 335-342, 2015.
- UDDIN, Md Mosleh; WRIGHT, Mark Mba. Anaerobic digestion fundamentals, challenges, and technological advances. *Physical Sciences Reviews*, v. 8, n. 9, p. 2819-2837, 2023.
- Uyen N. Le-Khac, Mitzi Bolton, Naomi J. Boxall, Stephanie M.N. Wallace, Yasmeen, G. Living review framework for better policy design and management of hazardous waste in Australia. *Science of The Total Environment*, Vol. 924, 2024.
- Mannarino, C. F.; Ferreira, J. A.; Moreira, J. C. Tratamento combinado de lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico como alternativa para a solução de um grave problema ambiental e de saúde pública - revisão bibliográfica. *Cadernos de Saúde Coletiva*. Rio de Janeiro, n.1, 2011.

Mata-Lima, H., Vargas, H., Carvalho, J., Gonçalves, M., Caetano, H., Marques, A., e Raminhos, C. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. Rem: Revista Escola De Minas, v. 60, n.3, p. 525–536, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672007000300014>

Peixoto AL de C., Salazar RF dos S., Barboza JC de S., Izário Filho H.J. Characterization of controlled landfill leachate from the city of Guaratinguetá - SP, Brazil. Revista Ambiente Água. v.13, n.2, 2018. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2136>

Silva, R. M. G., Nóbrega, C. C., Sá, A. C. N. de., Silva, D. L. V., & Firmino, L. de Q. Indicadores de sustentabilidade para análise do gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Engenharia Sanitária e Ambiental, 28, 2023. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220220>

Solmaz Zabihollahi, Alireza Rahmani, Ali Akbar Safari Sinegani, Mohammad Taghi Samadi, Vahid Aghadadashi, Mohammad Khazaei, Mostafa Leili, Saeid Afshar, Pezhman Karami, Doustmorad Zafari. Assessing microbial soil community dynamics in a municipal solid waste landfill: Impacts of waste type and disposal timing. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. Volume 10, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100918>.

Souza, M. M. de., Anjos, M. A. S. dos., Araújo, A. L. C., Soares, A. V. de O., SOUZA, P. C. A. de. Uso do lodo de esgoto na produção de agregados leves: uma revisão sistemática de literatura. Matéria, v.25, n.1, Rio de Janeiro, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620200001.0922>

SOARES, A. E. P.; SILVA, S. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Reúso de efluentes sanitários e a revitalização de rios no semiárido: uma revisão sistemática da literatura. Scientific Journal ANAP. v. 1, n. 3, 2023. <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br>

SNIS (2022). SNIS - Série Histórica Recuperado em 17 de outubro, 2024 de Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>

WANG L. YAN D., ZHOU L. Uma revisão dos desafios e aplicação do modelo de parceria público-privada na indústria chinesa de descarte de lixo. Jornal de Produção Mais Limpa. Vol. 230, 2019, p. 219-229.