

ÁGUA LIMPA, SOLO RICO: BIOTECNOLOGIA PARA O REUSO DA ÁGUA E RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES

Estefâny de Freitas Silva¹
Isabelly Cândido Cortes da Silva²
Lívia da Silva Werneck³
Miguel Barbosa Gomes⁴
Ticiane Pinheiro Brêtas Pereira⁵
Julio César Pontes de Figueiredo⁶
Jamily de Almeida Silva Vilela⁷

juliocesarpontesdefigueiredo@gmail.com.br

ÁREA DO CONHECIMENTO: Ciências Exatas e da Terra

RESUMO

A preservação dos rios e a promoção da sustentabilidade ambiental são temas centrais deste projeto. A relação entre a água e a saúde dos ecossistemas aquáticos é fundamental para entender a importância da conservação ambiental, alinhada com a ODS 6 da ONU. Nesse contexto, o projeto propõe a implementação de tanques de decantação e biofiltração para o tratamento da água de arraste gerada pela Estação de Tratamento de Água (ETA) de Três Rios/RJ. Através da separação de resíduos e da utilização do lodo como condicionador de solo, busca-se o reflorestamento de matas ciliares com a espécie ipê-amarelo-flor-de-algodão (*Handroanthus serratifolius*). Esta abordagem sugerida não apenas melhora a qualidade da água que flui para os afluentes, mas também contribui para a recuperação de ecossistemas locais. Assim, a gestão eficaz da água de arraste e a redução do impacto ambiental estão diretamente conectadas à promoção de práticas ambientais sustentáveis e à proteção dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; Tratamento de água; Reflorestamento

1 INTRODUÇÃO

¹ Estudante do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN Sesi Três Rios

² Estudante do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN Sesi Três Rios

³ Estudante do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN Sesi Três Rios

⁴ Estudante do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN Sesi Três Rios

⁵ Estudante do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN Sesi Três Rios

⁶ Mestre em Ensino de Física (UFJF). Licenciado em Física (UFRJ). Tutor presencial do curso de Física pela UFRJ/CEDERJ. Professor de Física e Educação Tecnológica da Escola FIRJAN Sesi Três Rios.

⁷ Mestre em Microbiologia Agrícola (UFLA). Graduada em Ciências Biológicas (UNIRIO). Professora de Ciências, Biologia e Educação Tecnológica da Escola FIRJAN Sesi Três Rios.

A escassez de recursos hídricos é uma realidade global que afeta diversos países. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), cerca de 2,2 bilhões de pessoas não possuem acesso à água potável, reflexo do uso intenso das reservas de água doce e da poluição de rios e lagos (Carvalho *et al.*, 2020). Nesse contexto, a ODS 6 (Água potável e saneamento) busca garantir disponibilidade e manejo sustentável da água, reconhecendo que esse direito humano está diretamente associado à segurança alimentar, energética, econômica e ambiental (UNESCO, 2019).

No Brasil, o tratamento convencional da água — que envolve coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção — garante o abastecimento com qualidade para consumo humano (Da Silva *et al.*, 2019). Contudo, tais processos geram resíduos, como o lodo dos decantadores e a água de arraste de reagentes, que podem conter alumínio, ferro, manganês e outros elementos de risco ambiental (Achon; Cordeiro, 2015; Iepsen, 2017; Braun *et al.*, 2019). Em alguns casos, o descarte desses resíduos ocorre diretamente em corpos hídricos, causando degradação, turbidez, acúmulo de metais e prejuízos à saúde (Vilanova; Machado, 2022; Wolff *et al.*, 2015).

Diante desse cenário, cresce a demanda por alternativas de gestão sustentável desses resíduos, incluindo reaproveitamento em setores como a construção civil ou a recuperação de áreas degradadas (Prim, 2011). A preservação da vegetação ciliar e o monitoramento de metais pesados também são estratégias complementares para a proteção dos ecossistemas aquáticos (Bittencourt *et al.*, 2012).

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a problemática dos resíduos gerados em estações de tratamento de água e discutir soluções sustentáveis que contribuam para a proteção dos recursos hídricos e para o cumprimento das metas da Agenda 2030 (Hadjikakou *et al.*, 2019).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A preservação dos recursos hídricos e a busca por soluções sustentáveis têm se consolidado como prioridade em escala global. Entre os desafios enfrentados pelas Estações de Tratamento de Água (ETA), destaca-se o manejo da água de arraste proveniente da lavagem de filtros, que, quando descartada de forma inadequada, pode comprometer a qualidade dos corpos hídricos receptores, aumentando a

turbidez, a concentração de sólidos e a presença de metais (Wolff *et al.*, 2015; Vilanova; Machado, 2022).

Nesse contexto, diferentes estratégias têm sido estudadas para reduzir o impacto ambiental desse tipo de resíduo. Os processos de decantação e biofiltração representam alternativas viáveis para a remoção de contaminantes, possibilitando a melhoria da qualidade da água devolvida aos afluentes (Achon; Cordeiro, 2015; Braun *et al.*, 2019). A adoção dessas técnicas contribui para a mitigação da poluição hídrica e para a gestão mais sustentável das ETAs.

Outra linha de pesquisa relevante envolve o uso de macrófitas aquáticas em sistemas de fitorremediação. Espécies como a alface-d'água (*Pistia stratiotes*) apresentam elevada capacidade de absorção de metais pesados e nutrientes, sendo eficientes na purificação da água em ambientes contaminados (Silva *et al.*, 2018). Essas tecnologias naturais representam soluções de baixo custo e com potencial de aplicação em larga escala.

Além da água de arraste, o lodo resultante dos processos de tratamento constitui outro resíduo de relevância ambiental. Estudos apontam sua viabilidade como condicionador de solo, insumo para a produção de materiais de construção, e ainda como alternativa para a recuperação de áreas degradadas (Prim, 2011; Bittencourt *et al.*, 2012). O aproveitamento desse subproduto não apenas reduz os impactos ambientais do descarte, mas também fecha ciclos sustentáveis que promovem benefícios econômicos e ecológicos.

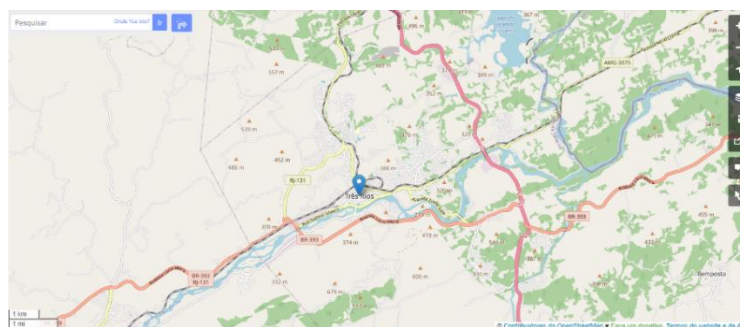
Essas abordagens se alinham diretamente ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), que estabelece a importância de garantir a disponibilidade e o manejo sustentável da água e do saneamento, ao mesmo tempo em que incentiva a proteção e restauração de ecossistemas aquáticos (UNESCO, 2019). Dessa forma, observa-se que a gestão adequada da água de arraste e do lodo gerado em ETAs representa uma estratégia essencial para a preservação ambiental e para o cumprimento das metas da Agenda 2030.

3 METODOLOGIA

3.1. Local da Pesquisa e Levantamento de Dados

O projeto foi desenvolvido na região do rio Paraíba do Sul, em Três Rios/RJ (figura 1), com foco na análise do impacto do descarte da água de arraste das Estações de Tratamento de Água (ETA).

Figura 1. Mapa com a localização da cidade de Três Rios, evidenciando parte do rio Paraíba do Sul.



Fonte: OpenStreetMap (disponível em: <https://www.openstreetmap.org/#map=13/-22.1093/-43.2029>).

Para aprofundar o conhecimento, o grupo realizou visitas técnicas à SAAETRI (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Três Rios) e à Secretaria Municipal de Meio Ambiente (figura 2), observando os processos de tratamento da água e discutindo estratégias de preservação da mata ciliar e dos cursos d'água. Com base nessas visitas, foi desenvolvido o conceito de um sistema integrado de decantação e biofiltração para tratar a água de arraste antes de seu retorno ao rio.

Figura 2. Visita a estação de tratamento de água, localizada próximo a cidade de Três Rios/RJ.





Fonte: Os autores, 2024

3.2. Coleta da Amostra e Análise Físico-Química

A amostra de água foi coletada in loco durante a retrolavagem dos filtros da ETA, armazenada adequadamente para preservação das características originais.

Posteriormente, a água passou por análises físico-químicas, incluindo pH, turbidez e oxigênio dissolvido, utilizando laboratórios móveis Labdisk1. Os resultados (Tabela 1) demonstram mudanças significativas na turbidez (redução de 13.010 NTU para 2.500 NTU) e leve acidificação do pH (6,5 para 6,2), enquanto o oxigênio dissolvido permaneceu estável em 8,25 mg/L, dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 1. Dados da análise da água de arraste antes e depois do processo de decantação e biofiltração.

Análise realizada	Antes	Depois
Escala de pH	6.5	6.2
Turbidez da Água	13.010 NTU	2.500 NTU
Oxigênio dissolvido	8,25 mg/L	8,25 mg/L

Fonte: Os autores, 2024

Esses resultados evidenciam a eficácia do sistema de decantação e biofiltração na remoção de sólidos suspensos, sem comprometer o equilíbrio químico da água.

3.3. Montagem e Funcionamento do Tanque de Decantação e Biofiltração

O protótipo foi projetado em AutoCAD e os componentes foram produzidos por corte a laser e impressão 3D. O sistema é composto por dois tanques:

- Tanque 1 – Decantação e biodespoluição: promove a sedimentação da matéria orgânica e abriga plantas flutuantes (*Pistia stratiotes*) para remoção de metais pesados.
- Tanque 2 – Biofiltração: contém camadas de areia comum, areia de quartzo e carvão ativado, garantindo a remoção de impurezas adicionais.

A água circula por gravidade, sem necessidade de bombeamento, retornando limpa para uso em novos ciclos de lavagem da ETA (figura 3).

Figura 3. Montagem do tanque de decantação e biofiltração.

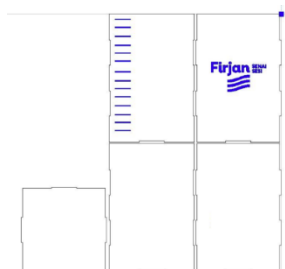


Fonte: Os autores, via AutoCAD, 2024.

3.4. Modelagem no AutoCAD e Impressão 3D

O projeto considerou tanques com capacidade equivalente a 20.000 L. O acrílico foi escolhido por sua transparência, permitindo monitoramento visual da decantação e filtragem. As peças impressas em 3D incluíram suportes, conectores e elementos de vedação, assegurando a integração entre as etapas de tratamento (figura 4).

Figura 4. Impressão 3D dos componentes utilizados para a construção do tanque de decantação e biofiltragem.



Fonte: Os autores, 2024.

3.5. Uso do Lodo como Condicionador de Solo para Reflorestamento

O lodo resultante do processo de decantação foi utilizado como condicionador de solo no reflorestamento de matas ciliares, promovendo:

- Melhoria da estrutura física e química do solo;
- Aumento da fertilidade e aeração;
- Redução da erosão e assoreamento;
- Suporte ao crescimento de espécies nativas, como *Handroanthus serratifolius*.

Essa estratégia contribui para a preservação dos ecossistemas aquáticos e o equilíbrio ambiental da região.

Figura 5. Água de arraste da coleta antes (à esquerda) e depois do processo de decantação e biodespoluição (à direita).



Fonte: Os autores, 2024

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Acompanhamento do crescimento de mudas de ipê-amarelo-flor-de-algodão (*Handroanthus serratifolius*)

Com foco na restauração de ecossistemas por meio do reflorestamento de mata ciliar, pesquisou-se o plantio do ipê-amarelo-flor-de-algodão, espécie amplamente conhecida e de fácil obtenção. Para aprofundar o cultivo, realizou-se uma reunião com o especialista em sementes Kleverton Carlos Ribeiro de Souza (Figura 9), que contribuiu com técnicas de acompanhamento do crescimento das mudas e recomendou o uso do lodo como condicionador de solo.

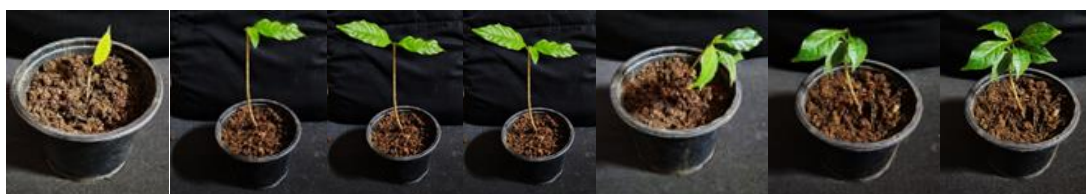
Figura 9. Reunião com o técnico agrícola Kleverton Carlos Ribeiro de Souza.



Fonte: Os autores, 2024.

Todas as mudas foram adquiridas por meio de doações na Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Três Rios, durante a Feira Municipal da cidade, realizada no dia 07/06/2024. Com isso, foram adquiridos todos os materiais necessários para monitorar o crescimento das mudas em condições adequadas (Figura 10).

Figura 10. Etapas de desenvolvimento da muda de ipê-amarelo-flor-de-algodão (*Handroanthus serratifolius*) usando o lodo como condicionador de solo.



Fonte: Os autores, 2024.

Além disso, foram conduzidas pesquisas sobre a remoção de metais pesados do lodo, que poderiam prejudicar o desenvolvimento das mudas de ipê. Identificou-se que a biodespoluição seria uma solução eficaz, pois poderia auxiliar na remoção desses metais tanto do lodo quanto da água, contribuindo para um ambiente mais saudável para o crescimento das plantas e para a limpeza eficaz da água presente. A seguir, são apresentadas as etapas do acompanhamento do crescimento das mudas de ipê-amarelo, organizadas em um fluxograma.

Figura 11. Etapas do plantio e acompanhamento do crescimento das mudas do ipê amarelo. (1) Coleta da amostra da água de limpeza do filtro; (2) Decantação da água proveniente da ETA; (3) e (4) Filtração e secagem do lodo em estufa; (5) Pesagem do lodo; (6) Preparação e pesagem do substrato; (7) Muda de ipê amarelo crescendo com 33% de lodo.

FASES DO PLANTIO



Fonte: Os autores, 2024.

O acompanhamento das mudas de ipê-amarelo-flor-de-algodão envolveu um processo completo, desde a coleta da água de limpeza do filtro na SAAETRI Três Rios até o desenvolvimento das plantas. Inicialmente, a água foi coletada e distribuída em garrafas, onde permaneceu em decantação por cerca de oito horas, permitindo a separação do lodo. Em seguida, o lodo foi cuidadosamente filtrado para remover qualquer resíduo de água, colocado para secar em temperatura ambiente, triturado e pesado, garantindo sua adequação para uso como condicionador de solo.

Paralelamente, o substrato das mudas foi pesado e preparado, substituindo o material previamente utilizado. Finalmente, o substrato foi colocado em vasos plásticos, as mudas posicionadas e o lodo incorporado, fornecendo nutrientes e melhorando a estrutura do solo. Esse processo integrado demonstra como a coleta, o tratamento e a utilização do lodo contribuem para o crescimento saudável das mudas, promovendo a restauração da mata ciliar e reforçando a preservação dos ecossistemas locais.

4.2. RECURSOS UTILIZADOS

Para organização planejamento das atividades foi utilizada a ferramenta 5W2H, com modificações. A planilha 5W2H é muito utilizada como *checklist* de atividades a serem desenvolvidas ou em desenvolvimento em um projeto.

Tabela 2. Tabela para planejamento modelo 5W2H, com modificações. Fonte: Os autores, via informativo SEBRAE sobre a metodologia 5W2H1 (disponível em: <https://www.sebrae-sc.com.br/blog/5w2h-o-que-e-para-que-serve-e-por-que-usar-na-sua-empresa>), com modificações. Acesso do modelo em: 25 de setembro de 2023.

5W					2H	
O que fazer? (What)	Por que fazer? (Why)	Onde fazer? (Where)	Quem vai fazer? (Who)	Quando fazer? (When)	Como fazer? (How)	Quanto custa? (How Much)
Definição do problema	Levantar questionamentos acerca do problema e dividi-lo em partes menores	Sala de Robótica	Todos	Início do projeto	Brainstorming	Não se aplica
Visita Técnica	Coleta informações sobre a problemática envolvida	ETA Três Rios e Secretaria do Meio Ambiente	Todos	Início do projeto	Fotos, vídeos e entrevista direcionados para os técnicos do local	Não se aplica
Relatório (definição do problema, objetivo e hipótese)	Relatar os objetivos e hipóteses do projeto de inovação	Sala de Robótica	Estefâny Livia	Durante a escrita do projeto	Normas ABNT	Não se aplica
Relatório (referencial teórico)	Relatar o referencial das etapas do projeto de inovação	Sala de Robótica	Estefâny	Durante a escrita do projeto	Normas ABNT	Não se aplica
Relatório (metodologia, recursos utilizados)	Relatar a metodologia e os recursos utilizados no projeto de inovação	Sala de Robótica	Todos	Durante a escrita do projeto	Normas ABNT	Não se aplica

Protótipo	Ilustrar/Testar a solução proposta	FabLab SENAI	Estefâny, Livia, Miguel	Durante a execução do projeto	Ferramentas do FabLab	<i>Não se aplica</i>
Perspectivas futuras	Testar a possibilidade de utilização dos resíduos da água de arraste após o processo de decantação	Escola SESI Três Rios	Miguel	Final do projeto	Lodo	<i>Não se aplica</i>
Conclusão	Relatar a conclusão do projeto de inovação	Sala de Robótica	Todos	Final do processo	Normas ABNT	<i>Não se aplica</i>
Formatação geral	Finalizar o projeto de inovação dentro dos parâmetros solicitados	Sala de Robótica	Estefâny e Isabelly	Final do processo	Normas ABNT	<i>Não se aplica</i>

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um contexto em que a água é um recurso inestimável e a sustentabilidade se tornou uma prática indispensável, este projeto promove uma visão de mudança e inovação, especialmente voltada para a preservação dos rios e a sustentabilidade ambiental. Dessa forma, vislumbram-se transformações futuras nas estações de tratamento de água, com foco na proteção e conservação dos rios e da vegetação ripária ao seu redor.

A implementação de medidas como a separação de resíduos orgânicos e a purificação da água de arraste, utilizando tanques de decantação e biofiltragem, representa uma abordagem reformadora e inovadora para o reaproveitamento e a qualidade da água que flui para os afluentes de Três Rios/RJ, podendo reduzir significativamente o impacto ambiental local.

Durante todo o processo, repleto de pesquisas de campo e descobertas científicas, os estudantes buscaram implementar novos métodos, com ênfase na efetividade dos tanques, alinhando seus objetivos com o ODS 6 da ONU, que visa preservar e restaurar ecossistemas relacionados à água. Assim, o projeto redireciona parte dos resíduos sólidos para um destino mais adequado, contribuindo diretamente para a diminuição das modificações e degradações nas áreas de ecossistemas aquáticos.

REFERÊNCIAS

ACHON, C. L.; CORDEIRO, J. S. Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA-Lei 12.305/2010. In: **EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO**, 19., 2015. Poços de Caudas, MG, Anais eletrônicos [...]. Poços de

Caudas, MG: ASSEMAE, 2015. Disponível em: <https://trabalhosassemae.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/103/151/t151t1e1a2015.pdf>. Acesso em: 14 set. 2024.

BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C. V.; MOCHIDA, G. A.; SOUZA, L. M. K. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto, estudo de caso da Região Metropolitana de Curitiba**. Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/13099>. Acesso em: 14 set. 2024.

BRAUN, A. B.; TRENTIN, A. W. S.; VISENTIN, C.; THOMÉ, A. **Biorremediação como alternativa de tratamento de solos contaminados com metais tóxicos**. Revista CIATEC – UPF, vol. 11, n. 2, p. 73-87, 2019. Disponível em: <https://177.67.253.24/index.php/ciatec/article/view/8971/114114691>. Acesso em: 18 set. 2024.

MALTA, Deborah Carvalho *et al.* **A pandemia da COVID-19 e as mudanças no estilo de vida dos brasileiros adultos: um estudo transversal, 2020**. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 29, n. 4, e2020407, 2020. Disponível em: [SciELO Brasil](#). Acesso em: 30 ago. 2025. [SciELO Brasil+4SciELO Brasil+4SciELO Brasil](#)

COELHO, R. V.; TAHIRA, F. S.; FERNANDES, F.; FONTENELE, H. B.; TEIXEIRA, R. S. **Uso de lodo de estação de tratamento de água na pavimentação rodoviária**. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, Londrina, PR, v. 10, n. 2, p. 11-22, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Heliana-Fontenele/publication/282350521_USO_DE_LODO_DE_ESTACAO_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA_NA_PAVIMENTACAO_RODOVIARIA/links/578d11c808ae7a588ef3dbe7/USO-DE-LODO-DE-ESTACAO-DE-TRATAMENTO-DE-AGUA-NA-PAVIMENTACAO-RODOVIARIA.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

DA SILVA, R. P. T.; BOTTREL, S. E. C. Possibilidades de utilização dos resíduos de estação de tratamento de água: estudo de caso ETA-JF/MG. In: **CONGRESSO DE ENGENHARIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI**, 9., 2019, São João Del Rei. Anais eletrônicos [...]. Campinas: Goiás, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/coen-2019/trabalhos/possibilidades-de-utilizacao-dos-residuos-de-estacao-de-tratamento-de-agua-estud?lang=pt-br>. Acesso em: 14 set. 2024.

HADJIKAKOU, Michalis *et al.* **Ambitious food system interventions required to mitigate the risk of exceeding Earth's environmental limits**. *One Earth*, v. 1, n. 3, p. 278–289, 2019. Disponível em: [PIKpublic](#). Acesso em: 30 ago. 2025. [PIKpublic+2Google Acadêmico+](#)

IEPSEN, T. G. **Análise físico-química de água de arraste de ETA e caracterização de partículas suspensas no meio**. 2017. Dissertação (Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/engmateriais/files/2019/02/TCC-Tiago.pdf>. Acesso em: 14 set. 2024.

PRIM, E. C. C. **Utilização de lodo de estações de tratamento de água e esgoto como material de cobertura de aterro sanitário**. 2011. Tese (Doutorado em

Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/103375/317425.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 set. 2024.

SILVA, Felipe S. G.; SILVA, Carlos R.; SILVA-JÚNIOR, Francisco Carvalho; FIGUEIREDO, Maria Lúcia. **Vulnerabilidade clínico-funcional de idosos em convivência**. *Acta Paulista de Enfermagem*, São Paulo, v. 33, n. 4, eAPE20190172, 2020. Disponível em: [SciELO](#). Acesso em: 30 ago. 2025. [SciELO](#)

VILLANOVA, D. L.; MACHADO, V. F. **Lodo de Estação de Tratamento de Água: destinação e reciclagem**. *Revista Liberato*, v. 23, n. 40, p. 139-148, 2022. Disponível em: <https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/804>. Acesso em: 14 set. 2024.

WOLFF, E.; SCHWABE, W. K.; CONCEIÇÃO, S. **Utilization of water treatment plant sludge in structural ceramics**. *Journal of Cleaner Production*, v. 96, p. 282-289, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273855229_Utilization_of_water_treatment_plant_sludge_in_structural_ceramics. Acesso em: 14 set. 2024.