EMPREGO DO LODO DE ETA COMO SUBSTITUTO DO AGREGADO MIÚDO EM CONCRETOS: CONTRIBUIÇÕES À SUSTENTABILIDADE E À SEGURANÇA HÍDRICA

Jozelita Maria dos Santos Neta Costa[1]; Luís Eduardo Neves Costa[2] & Victória Regina Martins Silva[3]

RESUMO – O aumento do consumo de água no Brasil amplia a geração de lodo nas estações de tratamento. Esse subproduto, apesar de exigir manejo ambientalmente adequado, é frequentemente descartado inadequadamente, configurando um desafio para a gestão dos recursos hídricos. Paralelamente, a construção civil mantém alta dependência da extração de agregados naturais, especialmente areia, cuja exploração acarreta impactos ambientais. Nesse contexto, este estudo investiga o potencial do lodo de ETA como substituto parcial do agregado miúdo em concretos de cimento, considerando suas implicações para a proteção ambiental e a segurança hídrica. A pesquisa foi conduzida por meio de revisão bibliográfica estruturada em três eixos: análise da literatura técnico-científica, verificação das normas e legislações pertinentes e avaliação do potencial ambiental do lodo. A literatura demonstrou a viabilidade da reutilização do lodo em diferentes cadeias produtivas, evidenciando seu potencial para a economia circular e o atendimento à Política Nacional do Meio Ambiente. Os resultados indicam que sua incorporação em materiais cimentícios constitui alternativa ambientalmente responsável, alinhada aos ODS 9 e 12. O estudo reforça a importância de uma abordagem integrada, articulando conhecimento técnico, normas, políticas públicas e instrumentos legais, fornecendo subsídios para pesquisas e diretrizes voltadas à gestão sustentável de resíduos de ETA.

ABSTRACT – The increase in water consumption in Brazil expands the generation of sludge at water treatment plants. This by-product, despite requiring environmentally appropriate management, is often disposed of improperly, constituting a challenge for water resources management. At the same time, the construction industry remains highly dependent on the extraction of natural aggregates, especially sand, whose exploitation causes environmental impacts. In this context, this study investigates the potential of water treatment plant sludge (WTPS) as a partial replacement for fine aggregate in cement concrete, considering its implications for environmental protection and water security. The research was conducted through a literature review structured around three axes: analysis of the technical-scientific literature, verification of relevant standards and legislation, and evaluation of the environmental potential of sludge. The literature demonstrated the feasibility of sludge reuse in different production chains, highlighting its potential for the circular economy and compliance with the Brazilian National Environmental Policy. The results indicate that its incorporation into cementitious materials constitutes an environmentally responsible alternative, aligned with SDGs 9 and 12. The study reinforces the importance of an integrated approach, articulating technical knowledge, standards, public policies, and legal instruments, providing support for research and guidelines aimed at the sustainable management of water treatment plant sludge.

Palavras-Chave – Economia Circular; Lodo de ETA; Recursos Hídricos.

1. INTRODUÇÃO

O acesso ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, constitui um direito fundamental, conforme estabelece o artigo 225 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988). Nesse dispositivo, impõe-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, consolidando o meio ambiente como elemento central para a garantia da dignidade humana e do desenvolvimento sustentável.

A fim de concretizar esse mandamento constitucional, foi instituída a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), por meio da Lei nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981), a qual se configura como um dos principais instrumentos normativos do direito ambiental brasileiro. A PNMA tem por objetivo a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

Nesse conjunto de políticas ambientais, a água assume papel estratégico, por se tratar de recurso natural indispensável à vida e ao desenvolvimento social. Tal relevância é reconhecida pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), que define a água como bem de domínio público, dotado de valor econômico e sujeito a um modelo de gestão descentralizada e participativa.

Cabe ressaltar que, no contexto brasileiro, observa-se uma tendência expressiva de crescimento do consumo hídrico, com aumento acumulado de aproximadamente 80% nas últimas duas décadas e projeção de elevação adicional de 24% até o ano de 2030 (ANA, 2019). Ademais, dados mais recentes indicam que, em 2023, a retirada total de água para os diferentes usos setoriais atingiu 2.103,6 m³/s, o que corresponde a cerca de 66,52 trilhões de litros por ano (ANA, 2024).

Diante desse cenário de crescente demanda, intensificam-se os desafios relacionados à gestão e à regulação dos recursos hídricos, especialmente no que se refere à ampliação da produção de água tratada para o atendimento das necessidades da população. Embora fundamental para a efetivação do direito humano à água, essa expansão acarreta, de forma concomitante, a geração do lodo proveniente dos processos de tratamento realizados em Estações de Tratamento de Água (ETA). Quando disposto de maneira inadequada, sobretudo por meio do lançamento *in natura* em corpos hídricos, esse subproduto pode ocasionar impactos ambientais relevantes, comprometendo a qualidade da água e dos ecossistemas (GOMES *et al*., 2019).

O lodo de ETA constitui um subproduto inerente ao processo de potabilização, composto por substâncias removidas ao longo das etapas que tornam a água adequada ao consumo humano. De

acordo com a NBR 10004:2004, esse subproduto é classificado como resíduo sólido não perigoso e não inerte (ABNT, 2004), cuja destinação final deve priorizar o reaproveitamento – seja no ciclo produtivo original ou em uma nova cadeia – conforme recomenda a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) (BRASIL, 2010).

Entretanto, a gestão desse passivo ambiental permanece como um desafio relevante para as empresas de saneamento e para o poder público, sobretudo em razão dos elevados custos associados ao tratamento, ao acondicionamento e ao descarte. Práticas inadequadas, como o lançamento do lodo em corpos hídricos, podem gerar riscos de contaminação ambiental, especialmente em função da presença de metais pesados (GOMES *et al*., 2019). Segundo apontam Meert, Hastenpflug e Andrade (2021), a disposição final do lodo ainda ocorre de forma irregular, incluindo o lançamento em corpos d'água, a aplicação direta no solo, o envio a aterros sanitários ou a incineração.

Paralelamente, a produção de concreto é reconhecida como uma atividade de elevado potencial de impacto ambiental, principalmente em razão do uso intensivo de areia como agregado miúdo. Destaca-se que a areia é, frequentemente, extraída do leito e das margens de cursos d'água, locais classificados como Áreas de Preservação Permanente pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012). Essa prática pode comprometer a estabilidade das margens e dos ecossistemas aquáticos, intensificar processos erosivos e interferir na disponibilidade dos recursos hídricos.

De acordo com o relatório *Sand and Sustainability*, a extração excessiva de areia, especialmente em áreas ecologicamente sensíveis, pode resultar na degradação de cursos d'água, na salinização de aquíferos e em prejuízos à biodiversidade, impactando de maneira significativa os serviços ecossistêmicos essenciais que o Código Florestal busca proteger (UNEP, 2022).

À luz das discussões apresentadas, evidencia-se o potencial da construção civil para incorporar subprodutos provenientes das ETAs na produção de concreto, por meio da substituição parcial do agregado miúdo, em uma prática alinhada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 (ODS 12), ao promover padrões mais sustentáveis de produção e consumo (ONU, 2015). Essa integração representa uma alternativa ambientalmente responsável para a gestão do lodo, ao mesmo tempo em que contribui para a redução da extração de areia, atividade frequentemente associada à degradação ambiental.

Considerando esse panorama, este artigo situa-se na interface entre o saneamento e a construção civil, dedicando-se à investigação de soluções sustentáveis para o reaproveitamento do lodo de ETA, analisando seu potencial de uso como insumo na produção de concreto, sob a ótica da proteção ambiental e da segurança hídrica, em consonância com os princípios do Código Florestal e das políticas públicas ambientais brasileiras.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de natureza teórica, com abordagem qualitativa, fundamentado em revisão bibliográfica, cujo objetivo é avaliar o potencial de emprego do lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) como substituto parcial do agregado miúdo em concretos de cimento Portland, sob as perspectivas técnica e ambiental.

A metodologia adotada buscou integrar conhecimentos provenientes da engenharia civil, da gestão de recursos hídricos e do direito ambiental, permitindo uma análise articulada entre tecnologia, sustentabilidade e políticas públicas.

2.1. Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida a partir de três eixos principais (Figura 1):



Figura 1 – Fluxograma do procedimento metodológico.

De acordo com o fluxo acima, foi realizado o levantamento e a análise da literatura técnica e científica, contemplando estudos sobre a geração e caracterização do lodo de ETA, seu reaproveitamento em materiais da construção civil e o uso do lodo em matrizes cimentícias, com destaque para a substituição de agregados e ligantes. Complementarmente, realizou-se a análise normativa e legal, considerando os princípios da Política Nacional do Meio Ambiente, os fundamentos do Código Florestal relacionados à proteção das Áreas de Preservação Permanente e aos impactos da extração de agregados naturais, bem como as diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos voltadas à segurança hídrica e aos usos múltiplos da água.

A partir da integração dessas análises, desenvolveu-se uma avaliação conceitual do potencial ambiental e tecnológico do lodo de ETA como substituto parcial do agregado miúdo. Essa abordagem evidencia seu potencial para reduzir a disposição inadequada de subprodutos do saneamento, mitigar os impactos ambientais decorrentes da extração de areia natural e promover práticas alinhadas à economia circular, à inovação sustentável e à produção e consumo responsáveis, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 9 (ODS 9) e 12 (ODS 12).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Código Florestal e a conservação dos recursos hídricos

O Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei nº 12.651/2012, constitui um instrumento legal voltado à proteção da vegetação nativa e à conservação dos recursos naturais, exercendo papel fundamental na garantia da segurança hídrica e na manutenção dos serviços ecossistêmicos. Entre seus objetivos centrais, destacam-se a proteção dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica e da biodiversidade, bem como a promoção do uso sustentável do solo e a mitigação de impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas (BRASIL, 2012).

A referida norma fundamenta-se no princípio do desenvolvimento sustentável e estabelece a responsabilidade comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na formulação e implementação de políticas públicas voltadas à preservação, à recuperação e à restauração da vegetação nativa, assim como à manutenção de suas funções ecológicas e sociais, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Tal diretriz reforça o caráter integrado e descentralizado da gestão ambiental no ordenamento jurídico brasileiro.

No que se refere especificamente aos recursos hídricos, o Código Florestal reconhece a vegetação como elemento estruturante do ciclo hidrológico, desempenhando papel essencial na regulação das vazões, na infiltração da água no solo e na proteção dos corpos d'água contra processos de degradação. Nesse sentido, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) são instituídas com a finalidade de preservar os recursos hídricos, proteger o solo e assegurar a estabilidade dos ecossistemas associados a cursos d'água, nascentes, lagos e reservatórios naturais ou artificiais (BRASIL, 2012).

As APPs exercem papel fundamental na proteção da qualidade da água, ao funcionarem como zonas de amortecimento capazes de reter sedimentos, nutrientes e poluentes oriundos das áreas adjacentes. A manutenção da cobertura vegetal nesses locais contribui para a redução do escoamento superficial, mitigando processos erosivos e o assoreamento dos corpos hídricos, além de favorecer a conservação da biodiversidade e a continuidade dos serviços ecossistêmicos essenciais à disponibilidade hídrica, ao regular os processos de infiltração, escoamento e evapotranspiração (ANA, 2024).

Nesse cenário, destaca-se a gestão do passivo ambiental gerado durante o processo de potabilização da água, que ainda representa um desafio no contexto brasileiro. O destino final do lodo proveniente das ETAs permanece como uma problemática ambiental relevante. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), dos 5.570 municípios brasileiros, 5.517

possuem serviços de abastecimento de água em funcionamento, sendo que 1.825 geram lodo durante o processo de tratamento.

Observa-se que uma proporção significativa dos municípios brasileiros, correspondente a 52,28%, destina o lodo gerado diretamente a corpos hídricos. Esse percentual evidencia o lançamento de volumes expressivos desse resíduo em rios, o que compromete a qualidade das águas e pode acarretar diversos impactos ambientais. Diante desse contexto, evidencia-se a responsabilidade do poder público e das concessionárias de serviços de saneamento na adoção de práticas de gestão ambientalmente adequadas, em consonância com os princípios da prevenção e da precaução. A correta gestão do lodo de ETA mostra-se essencial para mitigar impactos sobre áreas protegidas.

Desse modo, a articulação entre o Código Florestal, a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Resíduos Sólidos é indispensável para a efetiva proteção dos recursos hídricos, assegurando a preservação ambiental e o atendimento às demandas sociais de forma sustentável.

3.2. Geração e Gestão do Lodo de ETA: Aspectos Ambientais e Legais

O acesso à água potável e ao saneamento básico é reconhecido como um direito humano essencial pela Organização das Nações Unidas, sendo indispensável à promoção da saúde pública e da dignidade humana (Resolução nº 64/292, de 28 de julho de 2010). Para garantir esse direito, os sistemas de abastecimento exigem processos de tratamento da água bruta, de modo a atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021), os quais resultam na geração de expressivas quantidades de lodo, configurando um passivo ambiental que impõe desafios técnicos, legais e ambientais à gestão do saneamento.

O lodo de ETA é produzido principalmente nas unidades de separação sólido-líquido, como decantadores, e durante as operações de lavagem dos filtros. Sua composição é heterogênea, contendo metais e diversos constituintes provenientes tanto dos parâmetros da água bruta quanto dos insumos empregados no tratamento (CUNHA; STACHIW; QUADROS, 2020). A quantidade e as características desse subproduto estão diretamente relacionadas à qualidade do manancial, à turbidez da água bruta, à dosagem de coagulantes, ao tempo de retenção nos tanques e à eficiência dos processos de decantação e filtração (LUSTOSA *et al*., 2017).

Do ponto de vista normativo, o lodo de ETA é classificado como resíduo sólido não perigoso e não inerte, pertencente à Classe II-A, de acordo com a NBR 10004:2004 (ABNT, 2004). Dessa forma, após as etapas de adensamento e desidratação, sua destinação deve ocorrer em locais ambientalmente e legalmente adequados, sendo vedado o lançamento *in natura* em corpos hídricos superficiais, em consonância com os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Quando descartado de forma inadequada, esse passivo pode provocar assoreamento, formação de ambientes anaeróbios e prejuízos à biota aquática, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos (LOPES; FILHO, 2023). Apesar dessas implicações, dados indicam que 67,4% dos municípios brasileiros ainda destinam o lodo de ETA a cursos d'água sem qualquer tipo de tratamento prévio, configurando um desafio crítico para a gestão e a regulação dos recursos hídricos (MEERT; HASTENPFLUG; ANDRADE, 2021).

Nesse sentido, verifica-se que a gestão inadequada do lodo excede a esfera técnica do saneamento e passa a representar uma questão ambiental e jurídica, ao confrontar diretamente os princípios e objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente. A disposição irregular desse resíduo contraria os princípios da prevenção da degradação ambiental e do uso sustentável do solo e da água, comprometendo funções ecossistêmicas essenciais à proteção dos recursos hídricos, à estabilidade do solo e à manutenção da qualidade ambiental.

Assim, a geração e a destinação do lodo de ETA devem ser compreendidas sob uma perspectiva integrada, que considere não apenas a eficiência operacional dos sistemas de tratamento de água, mas também a conformidade com o ordenamento jurídico ambiental. A adoção de soluções ambientalmente adequadas para o manejo desse resíduo constitui elemento fundamental para a mitigação de conflitos ambientais, a proteção das Áreas de Preservação Permanente (APP) e a efetivação dos princípios do Código Florestal, contribuindo para a segurança hídrica e a sustentabilidade dos sistemas de saneamento.

3.3. Reaproveitamento do lodo de ETA como estratégia alinhada à política nacional do Meio Ambiente

O reaproveitamento do lodo de ETA é respaldado pela literatura, a qual evidencia seu potencial de incorporação em diferentes aplicações na construção civil, como na fabricação de tijolos, materiais refratários, pavimentação de estradas e na produção de cimentos (LIBÂNIO, 2010). Nesse contexto, Oliveira (2022) demonstrou a viabilidade da utilização do lodo na produção de massas cerâmicas, enquanto Tartari *et al*. (2011) obtiveram resultados semelhantes ao empregar esse resíduo na fabricação de cerâmica vermelha por meio de sua adição a misturas argilosas.

Além dessas aplicações, estudos também investigam o uso do lodo de ETA em materiais cimentícios. Buselatto *et al*. (2019) observaram resultados positivos ao utilizar o subproduto de ETA como agregado miúdo em concretos, evidenciando sua viabilidade técnica e seu potencial como alternativa ambientalmente sustentável.

Entretanto, cabe ressaltar que a literatura concentra-se predominantemente na substituição parcial do cimento pelo lodo de ETA, com enfoque na redução do consumo de ligantes e das emissões associadas à produção do cimento. Por outro lado, observa-se uma menor recorrência de estudos voltados ao emprego do lodo como substituto parcial do agregado miúdo, estratégia que apresenta relevante potencial ambiental por contribuir para a redução da extração de areia natural e dos impactos associados à exploração de leitos fluviais e áreas de preservação.

Sob essa perspectiva, ressalta-se que a valorização do lodo de ETA como insumo para a construção civil dialoga diretamente com o ODS 9, ao fomentar a inovação tecnológica e o desenvolvimento de infraestruturas mais resilientes e sustentáveis. A incorporação desse subproduto em materiais cimentícios configura uma abordagem voltada à melhoria da eficiência no uso de recursos e à modernização dos processos construtivos.

Por fim, evidencia-se o potencial desse passivo para a promoção de práticas de gestão mais responsáveis e equitativas, ao reduzir os impactos ambientais associados ao seu descarte inadequado, proteger a saúde das populações que dependem diretamente dos corpos hídricos e contribuir para soluções sustentáveis que ampliem a segurança hídrica e ambiental, em consonância com a Política Nacional de Meio Ambiente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

À luz do exposto, evidencia-se o potencial do lodo de Estações de Tratamento de Água (ETA) como substituto parcial do agregado miúdo em concretos de cimento Portland, com implicações diretas na redução dos impactos ambientais decorrentes da extração de areia natural e da disposição inadequada de resíduos do saneamento. A revisão da literatura demonstrou que, embora a maior parte das pesquisas concentre- se na substituição parcial do cimento ou na incorporação do lodo na indústria da cerâmica vermelha, há também um relevante potencial ambiental na utilização do lodo como agregado, alinhado aos princípios da economia circular e da inovação sustentável. Do ponto de vista normativo, a gestão desse subproduto deve ser orientada por uma articulação integrada das principais políticas públicas brasileiras.

Nesse contexto, a Política Nacional do Meio Ambiente estabelece princípios de prevenção da degradação ambiental e de uso sustentável dos recursos naturais; a Política Nacional de Recursos Hídricos reforça a proteção das águas, promovendo sua gestão descentralizada, participativa e orientada ao uso múltiplo; e o Código Florestal assegura a preservação das Áreas de Preservação Permanente, contribuindo para a manutenção da qualidade e da integridade dos ecossistemas. Essa convergência normativa demonstra que o manejo adequado do lodo não se configura apenas como uma oportunidade tecnológica ou ambiental, mas constitui uma exigência legal, garantindo

conformidade com os princípios de sustentabilidade e proteção dos recursos hídricos no ordenamento jurídico brasileiro.

Por fim, o estudo reforça que a valorização do lodo de ETA deve ser compreendida como uma estratégia integrada, que articula conhecimento técnico, políticas públicas e instrumentos legais, oferecendo subsídios para a formulação de diretrizes institucionais e para futuras pesquisas experimentais, capazes de consolidar soluções ambientalmente responsáveis e socialmente equitativas para a gestão dos resíduos do saneamento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Manual de usos consuntivos da água no Brasil. Brasília, DF, 2019. Disponível em:https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-depublicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_ agua_ no_brasil.pdf. Acesso em: 29 nov. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2024. Brasília, DF, 2024. Disponívelem:https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursoshidricos/conjuntura2024_ 04122024.pdf. Acesso em: 29 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2 set. 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 30 jan. 2026.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, 8 jan. 1997.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 3 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, 25 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 30 jan. 2026.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 5 maio 2021.

BUSELATTO, Denis Meira *et al*. Incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) como agregado miúdo em concretos: avaliação das propriedades físico-mecânicas. Matéria, Rio de Janeiro, v. 24, 2019. ISSN 1517-7076.

CUNHA, G. D.; STACHIW, R.; QUADROS, K. M. Lodo de estação de tratamento de água como componente para germinação de mudas florestais. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v. 11, n. 1, p. 40-53, 2020. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0005.

FERREIRA FILHO, S. S. Tratamento de Água: Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. ISBN 978-85-352-8740-0.

GOMES, Samuel de Carvalho *et al*. Progress in manufacture and properties of construction materials incorporating water treatment sludge: A review. Resources, Conservation and Recycling, v. 145, p. 148-159, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de- saneamento-basico.html?=&t=destaques. Acesso em: 3 Fevereiro 2024.

LIBÂNIO, Marcelo. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3. ed. São Paulo: Editora Átomo, 2010.

LOPES, B. C.; FILHO, C. R. M. Considerações sobre a disposição de lodo de estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto. Cadernos Técnicos de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 3, n. 4, p. 113-123, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.5327/276455760304009. Acesso em: 29 nov. 2025.

LUSTOSA, Jordanna B. *et al*. Tratamento e aproveitamento de água de lavagem de filtro em estação de tratamento de água. Revista Dae, v. 65, n. 206, p. 44-61, 2017.

MEERT, Rúbia; HASTENPFLUG, Daniel; ANDRADE, Jairo José de Oliveira. Contribuição para o uso de lodo de estação de tratamento de água in natura como agregado miúdo em concretos de cimento Portland: avaliação da consistência, massa específica, porosidade, absorção, resistência à compressão e tração na compressão diametral. Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, 2021. ISSN 1517-7076.

OLIVEIRA, S. F. M. Análise das características e propriedades do lodo de ETA da cidade de Palmeira dos Índios-AL na produção de massas cerâmicas. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Instituto Federal de Alagoas, Palmeira dos Índios – AL.

TARTARI, Rodrigo *et al*. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha: Parte II: Incorporação do lodo em mistura de argilas para produção de cerâmica vermelha. 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ce/a/Mbkf84XhX4SPPZcsn9r74WL/abstract/?lang=pt. Acesso em: 03 dez. 2025.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis. Geneva: GRID-Geneva, United Nations Environment Programme, 2022.