

# REVISÃO SOBRE AS APLICAÇÕES GEOTÉCNICAS DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO BRASIL

REVIEW ON THE GEOTECHNICAL APPLICATIONS OF WATER TREATMENT PLANT SLUDGE IN BRAZIL

MAITÊ MILLÉO ALMEIDA

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, maitemilleo12@gmail.com*

CARLOS EMMANUEL RIBEIRO LAUTENSCHLÄGER

*Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, cerlautenschlager@uepg.br*

BIANCA PENTEADO DE ALMEIDA TONUS

*Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, bpatonus@uepg.br*

## RESUMO ABSTRACT

O lodo de estações de tratamento de água é um resíduo composto de água e sólidos suspensos cujas características são variáveis dependendo da origem da água bruta e do método de tratamento aplicado na ETA. Mesmo sendo considerado um resíduo sólido, seu descarte inadequado tem sido uma prática muito comum e por isso entende-se como necessário ampliar as pesquisas para compreender as diversas alternativas de destinação e aplicação do lodo de ETA dentro do panorama brasileiro. Compreendeu-se como objetivo desse trabalho a exposição das aplicações geotécnicas brasileiras do lodo de ETA mais recorrentes na última década. Para isso foi utilizada a plataforma Periódicos Capes como base de pesquisa onde utilizou-se os termos “lodo de ETA”, “resíduo” e “lama de ETA” para delimitar os artigos. Após selecionados os artigos que se enquadraram em aplicações geotécnicas do resíduo, foi realizada a leitura e análise dos trabalhos. Os estudos abordados envolvem o emprego do lodo de ETA em camadas impermeabilizantes de aterros sanitários, a utilização na fabricação de tijolos ecológicos de solo-cimento e lodo de ETA, a utilização do resíduo para a recuperação de áreas degradadas e o monitoramento

The water treatment plants sludge is a residue composed of water and suspended solids whose characteristics are variable depending on the origin of the raw water and the treatment method applied in the WTP. Even though it is considered a solid waste, its improper disposal has been a very common practice and therefore it is understood as necessary to expand research to understand the different alternatives for the destination and application of WTP sludge within the Brazilian scenario. This work aimed to exposure the most recurrent Brazilian geotechnical applications of WTP sludge in the last decade. For this, the “Periódicos Capes” platform was used as a research base, where the terms ‘WTP sludge,’ ‘waste,’ and ‘WTP mud’ were used to narrow the articles. After selecting the articles that would fit into geotechnical applications of the waste, the reading and analysis of the works was carried out. The studies addressed involve the use of WTP sludge in waterproofing layers of sanitary landfills, the use in the manufacture of ecological WTP sludge-soil-cement bricks, the use of the waste for the recovery of degraded areas, and the monitoring of physical and environmental parameters of WTP

dos parâmetros físicos e ambientais da aplicação do lodo de ETA. Ao final, foram apresentadas as considerações finais sobre as aplicações geotécnicas do lodo de estações de tratamento de água.

**Palavras-chave:** lodo de estação de tratamento de água, resíduo, destinação de resíduos

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional acelerado de grandes centros urbanos, obteve-se um aumento na procura por meios que possam contribuir na busca por soluções de problemas ambientais que surgiram como resultado das ações humanas. Um exemplo dessas questões ambientais é o resíduo proveniente da lavagem dos decantadores e filtros nas estações de tratamento de água (ETAs) de ciclo convencional, também conhecido como lodo de ETA (LETA) (Silva, 2021), ou resíduo de ETA (RETA) (Araújo *et al.*, 2015).

O lodo de ETA é um resíduo composto de água e sólidos suspensos e possui características variáveis com relação à origem da água bruta e com os processos e produtos utilizados ao longo do tratamento da água (Roque; Montalvan; Boscov, 2021). Embora seja classificado segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004) como resíduo sólido, o descarte inadequado desse lodo em corpos de água tem sido uma prática muito comum no Brasil, expressando a necessidade de ser destinado adequadamente (Montalvan, 2016).

Verifica-se o crescimento da quantidade de pesquisas que objetivam a busca por soluções econômicas e benéficas no reaproveitamento do lodo, visto que os padrões ambientais atuais se apresentam mais rigorosos em relação aos anteriores quando se trata do descarte do resíduo (CONAMA, 2011) e a disposição final do lodo ainda é considerada onerosa para as ETAs (Campos *et al.*, 2023). Além desse fator, ocorre também o aumento do custo de transporte desses resíduos das ETAs até aterros sanitários e a falta de áreas adequadas para destinação em regiões urbanas (Prim, 2011; Gonçalves *et al.*, 2017).

Nessa perspectiva, diversas alternativas têm sido utilizadas para a realização do descarte final do lodo. Alguns exemplos que podem ser citados é o lançamento nas redes coletoras, em lagoas com

sludge application. At the end, the final considerations on the geotechnical applications of sludge from water treatment plants were presented.

**Keywords:** water treatment sludge (WTS), waste, waste disposal

alto tempo de detenção, a aplicação em aterro sanitário, adubação e aproveitamento de subprodutos do lodo. Porém, a gestão do lodo de ETA por tais métodos é, via de regra, uma atividade complexa com custos operacionais elevados (Rodrigues; Holanda, 2013).

Nesse contexto, compreende-se como pertinente entender as atuais destinações e aplicações do lodo de ETA dentro do panorama brasileiro para que seja possível assimilar mais possibilidades de utilizações do material com a expectativa de que ocorra o reuso do lodo. Portanto, para este trabalho, teve-se como objetivo a exposição das aplicações geotécnicas de lodo de ETA de maior recorrência na última década no Brasil.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi determinado como período de busca os anos de 2013 a 2023 por abranger grande parte dos trabalhos desenvolvidos atualmente e por proporcionar o acesso às inovações da área.

As pesquisas foram efetuadas na plataforma Periódicos Capes. Esta interface agrega artigos de 117 bases de dados nacionais e internacionais dentro das áreas de Engenharia Sanitária e Engenharia Civil, as quais incluem coleções de periódicos, bibliotecas e repositórios digitais. Foram utilizados os termos “lodo de ETA”, “resíduo” e “lama de ETA” com o objetivo de ampliar o campo de pesquisa e obter uma maior quantidade de resultados.

Após essa definição, foi realizada a leitura e análise dos trabalhos para compreensão das aplicações mais recorrentes do lodo de ETA na perspectiva geotécnica dentro do panorama brasileiro tendo como objetivo assimilar as possibilidades de utilização desse material.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da pesquisa executada com as palavras-chaves determinadas, foram gerados 81 artigos dentro do período temporal de 10 anos

(2013-2023). Os artigos foram filtrados de forma com que fossem selecionados aqueles dentro da temática de geotecnia e podem ser observados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Levantamento dos artigos encontrados

Autor	Título
Cabral (2013)	Avaliação da incorporação do lodo de ETA UFV na manufatura de tijolos de solo-cimento
Pereira; Oliveira (2013)	Confecção de tijolos ecológicos como alternativa para reutilização dos resíduos produzidos por centrais dosadoras de concreto
Rodrigues; Holanda (2013)	Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento
Coelho (2016)	Avaliação da capacidade reativa de uma lama de ETA para remoção de metais pesados de escorrências rodoviárias
Montalvan (2016)	Investigação do comportamento geotécnico de misturas de solo arenoso com lodo da Estação de Tratamento de Água Cubatão.
Gonçalves <i>et al.</i> (2017)	Incremento de lodo de ETA em barreiras impermeabilizantes de aterro sanitário
Lucena <i>et al.</i> (2017)	Monitoramento de parâmetros físicos e ambientais de camadas de solo estabilizadas com lodo de ETA e de ETE
Marchiori <i>et al.</i> (2021)	Avaliação do potencial de utilização de resíduo de ETA como impermeabilizante de obras de terra para a contenção de resíduos
Scapin (2021)	Avaliação da utilização de solo e lodo de estação de tratamento de água como material de cobertura e de fundo em células experimentais de resíduos sólidos urbanos
Morselli <i>et al.</i> (2022)	Lodo de estação de tratamento de água: possibilidade de aplicação no solo
Santos; Pinto; Cavalcanti (2022)	Aplicações da lama de ETA visando à mitigação de impactos ambientais: uma revisão integrativa
Villanova; Machado (2022)	Lodo de Estação de Tratamento de Água: destinação e reciclagem
Campos <i>et al.</i> (2023)	Inovação tecnológica sustentável na construção civil: tijolo de solo-cimento com reaproveitamento de lodo de estação de tratamento de água
Knierim; Delongui; Barbosa Pinheiro (2023)	Estudo do comportamento mecânico e hídrico do uso do lodo de estação de tratamento de água em misturas com solo argiloso laterítico
Mazzutti; Klamt; Faro (2023)	Study of the hydro-mechanical behavior of a stabilized soil with water treatment plant sludge for application in sanitary landfills

O primeiro exemplo de aplicação geotécnica do lodo de ETA elencado é no emprego de camadas impermeabilizantes de aterros sanitários. O lodo é classificado como resíduo sólido classe II, não perigoso e não inerte, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), porém seu descarte mais comum não ocorre de acordo com as diretrizes da norma técnica, sendo esse em corpos hídricos.

O descarte incorreto do lodo de ETA é considerado prejudicial para o ambiente onde ele é descartado, principalmente por causa do potencial de poluição do seu lixiviado. Nesse contexto, tem-se aumentado o número de pesquisas onde se busca a aplicação do lodo em barreiras impermeabilizantes de aterros sanitários (Gonçalves *et al.*, 2017).

Entretanto, de acordo com Marchiori *et al.* (2021), Morselli *et al.* (2022) e Knierim, Delongui e Pinheiro (2023), o lodo em si pode não apresentar os parâmetros necessários para funcionar sozinho como material impermeabilizante. Por esse motivo, a alternativa viável de utilização do resíduo seria a incorporação do lodo com solos já aplicados em camadas do aterro, como camadas de base e camadas de cobertura (Montalvan, 2016; Gonçalves *et al.*, 2017).

Dessa forma a mistura poderia atingir a condutividade hidráulica mínima requerida para barreiras, onde é determinada pela NBR 13896 (ABNT, 1997) como  $10^{-7}$ cm/s. Isso auxiliaria no preenchimento dos vazios presentes no solo natural, visto que a granulometria do lodo pode pos-

suas características de silte, ou seja, uma granulometria mais fina (Morselli *et al.*, 2022), além de impedir a percolação do chorume gerado dentro do aterro (Santos; Pinto; Cavalcanti, 2022).

Outros pontos positivos dessa aplicação incluem a substituição de uma parcela do material granular original pelo lodo — pois dessa forma ocorre a preservação do solo original e a destinação do lodo de ETA —, e a redução do peso total da estrutura por causa do baixo peso específico do material (Marchiori *et al.*, 2021).

Outra questão é a porcentagem de lodo que pode ser adicionada no solo natural sem que haja prejuízo nas características hidráulicas e mecânicas da mistura. Montalvan (2016) encontrou na proporção 3:1 de solo-lodo uma condutividade hidráulica aceitável para o uso da mistura como material de revestimento de fundo em aterros sanitários, mas as misturas 4:1 e 5:1 não apresentaram valores aceitáveis de utilização.

Knierim, Delongui e Pinheiro (2023) também estudaram as porcentagens de lodo e definiram que a mistura composta de 85% de solo e 15% de lodo de ETA apresentou melhor aplicação em camadas de base e de cobertura de aterros sanitários. Foram observados resultados que indicaram melhora da resistência ao cisalhamento do traço, o que permitiria a execução de aterros com uma maior altura assim como a construção de taludes mais íngremes e mais seguros.

Os autores também observaram que misturas 50% de solo e 50% de lodo não foram possíveis de serem utilizadas em ambas as camadas citadas, porém para camadas diárias (intermediárias) a utilização das misturas seria considerada uma alternativa ambientalmente benéfica.

Além dos autores já citados, Mazzutti, Klamt e Faro (2023) realizaram análises com misturas solo-lodo de ETA de Frederico Westphalen - RS, onde observaram que a mistura com 30% de adição de lodo pode ser definida como a melhor para aplicação em camadas de aterros sanitários. Os autores atingiram resultados de coeficiente de permeabilidade mínimos para aplicação em aterros, além de valores de resistência à compressão simples satisfatórios.

Scapin (2021) analisou as misturas solo-lodo de ETA em porcentagens distintas sob a ótica de parâmetros químicos, biológicos e físicos.

A autora executou as análises a partir de células experimentais de resíduos sólidos urbanos, as quais eram representativas de células de aterros sanitários.

Após análise da massa de resíduo no interior das células e do chorume produzido, a autora concluiu que o lodo gerado não auxiliou no aumento dos parâmetros considerados nocivos para o meio ambiente. Portanto, poderia ser considerada a utilização do lodo em camadas de aterros sanitários a partir das porcentagens estudadas pela autora.

O próximo exemplo de aplicação de lodo de ETA é a utilização do resíduo na confecção de tijolos solo-cimento. Esse tipo de tijolo ecológico pode ser utilizado quando se tem o objetivo de uma obra de baixo custo e considera-se que os materiais utilizados para sua produção não provocam prejuízo ambiental por causa de seu processo de cura ocorrer por evaporação (Pereira; Oliveira, 2013).

A principal influência da adição de lodo na confecção de tijolos solo-cimento é a diminuição da resistência mecânica dos corpos cimentícios e isso ocorre devido ao lodo interferir na hidratação do cimento (Rodrigues; Holanda, 2013).

De acordo com Rodrigues e Holanda (2013), as especificações para tijolos solo-cimento foram alcançadas com a adição de 1,25% em peso de lodo de ETA substituindo parcialmente o solo, mas essa porcentagem pode variar dependendo das características do lodo a ser utilizado.

Cabral (2013) obteve resultados positivos para adição do lodo em até 6% antes de que ocorresse a diminuição da resistência. Observa-se que ambas as porcentagens ainda podem ser consideradas baixas e, por causa disso, o lodo pode apresentar dificuldades em ser incorporado em grandes quantidades com o solo-cimento (Rodrigues; Holanda, 2013).

Em relação às outras propriedades tecnológicas (absorção de água, massa específica e resistência à compressão), a adição do lodo provocou alterações significativas visto que o resíduo tende a aumentar o teor de partículas finas, matéria orgânica e plasticidade da mistura solo-cimento, o qual interfere na hidratação do cimento.

Apesar das diferenças de características, a adição de lodo ainda é considerada uma alternativa viável para a reaproveitamento do material



visto que, se mantido o traço correto durante a fabricação, a resistência desejada ainda pode ser atingida (Campos *et al.*, 2023).

De acordo com Campos *et al.* (2023), o reaproveitamento do lodo para a fabricação de tijolos solo-cimento acaba diminuindo os custos para a ETA, diminui o impacto ambiental gerado pelo lodo e pode gerar lucros mesmo que os tijolos acabem tendo um elevado consumo de cimento para sua fabricação, quando comparado com as outras opções existentes no mercado.

Outro exemplo de pesquisa é a aplicação de lodo de ETA em solos de áreas degradadas. Santos, Pinto e Cavalcanti (2022) observaram que o lodo possui grande potencial de ser utilizado na recuperação de áreas degradadas, graças à sua composição.

Coelho (2016) concluiu que o lodo pode apresentar potencial de adsorção e por isso considerase relevante avaliar a capacidade de remoção de metais pesados, como níquel, chumbo e zinco, de fluídos como efluentes e água bruta.

Entretanto, apesar de ser considerado uma alternativa viável, é necessário garantir um controle maior na aplicação do lodo para que não ocorra alterações elevadas das propriedades estruturais do solo ou do meio onde ele for aplicado (Villanova; Machado, 2022).

Para poder utilizar o lodo dessa forma é necessário realizar uma análise dos metais pesados constituintes do resíduo e verificar a presença de matéria orgânica e argilominerais, essenciais para a capacidade de troca catiônica (CTC) do material. Conhecer o CTC do solo e do resíduo é importante visto que o potencial de retenção dos metais pesados dependerá da quantidade de cargas negativas presentes no solo e no resíduo que for aplicado (Morselli *et al.*, 2022).

A partir da análise dos metais pesados e da matéria orgânica, Morselli *et al.* (2022) concluíram que o lodo de ETA Santa Bárbara, em Pelotas/RS, poderia ser empregado na remediação de áreas contaminadas ou degradadas por causa do potencial de adsorção de metais pesados e nutrientes, de forma que evitasse a contaminação de corpos hídricos e lençóis freáticos.

Além das pesquisas já levantadas, também foram encontrados artigos sobre o monitoramento de parâmetros físicos e ambientais da aplicação

do lodo de ETA. Lucena *et al.* (2017) analisaram amostras de solo-lodo-estabilizante em camadas de pavimento durante o período de um ano.

Os autores levaram em consideração certos parâmetros, incluindo umidade, recalque das amostras, pH e concentração de metais, e observaram nos resultados que a decisão de incorporar estabilizante pode ser uma solução viável para a utilização do lodo em pavimentação.

Por fim, considerando a quantidade de artigos selecionados a partir da metodologia definida, foram levantados trabalhos publicados em congressos ou simpósios nacionais de geotecnia ou em repositórios de universidades públicas que não estão presentes na plataforma Periódicos Capes. Essa alternativa teve como objetivo analisar os trabalhos mais recentes envolvendo a utilização geotécnica de lodo de ETA.

Nesse contexto, destaca-se os resultados encontrados por Almeida *et al.* (2023) e Fiedler (2023). Os autores caracterizaram e incorporaram lodo de ETA em amostras de solo laterítico com o objetivo de entender o comportamento da mistura a partir de ensaios de determinação do coeficiente de permeabilidade e ensaio de adensamento unidirecional.

A partir dos resultados, Fiedler (2023) concluiu que, sob o ponto de vista da consolidação, a aplicação do lodo de ETA em camadas de aterros sanitários pode ser considerado viável, visto que as amostras solo-lodo apresentaram coeficiente de compressão muito inferior ao do lodo puro.

#### 4. CONCLUSÕES

Em relação à utilização de lodo de ETA em camadas impermeabilizantes, o tema agregou 53,33% dos autores citados no presente trabalho. Essa porcentagem demonstra o aumento do número de pesquisas voltadas para aplicações em aterros sanitários e o potencial de aprofundamento do tema.

Os autores citados observaram que o lodo sozinho não poderia ser empregado, mas ele em conjunto com um material granular poderia ser uma forma de utilização ambientalmente benéfica, visto que o lodo contribui em características geotécnicas da mistura.

Porém, verificou-se um consenso entre os autores destacados nessa revisão da literatura em relação à necessidade de estudos mais aprofundados para entender o impacto a longo prazo do uso do lodo de ETA em aterros sanitários.

A respeito do emprego do lodo de estações de tratamento de água na remediação de solos contaminados, observou-se a necessidade de expandir as pesquisas brasileiras com o uso desse resíduo. Reconhece-se que o lodo pode possuir potencial de adsorção de metais tóxicos presentes em resíduos urbanos depositados nos aterros, mas entende-se como necessário estudos mais aprofundados para compreender a composição os metais já presentes no lodo e a possibilidade de a utilização do resíduo alterar as composições do solo onde for aplicado.

Para a aplicação do lodo de ETA na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento, foi concluído que, apesar da baixa porcentagem de lodo possível de ser utilizada no traço do tijolo, o uso do resíduo foi considerado de custo benefício positivo para as estações de tratamento de água e para o comprador ou fabricante do material visto seu impacto ambiental positivo.

O último tema levantado, sobre o monitoramento dos parâmetros físicos e ambientais da aplicação do lodo de ETA, destacou a necessidade de atentar-se à possibilidade de contaminação de solos por causa da origem do lodo. Aprofundar o conhecimento em alternativas de destinação do lodo precisa caminhar paralelamente com a preocupação ambiental em relação a este resíduo.

Nesse contexto, observa-se que o emprego do lodo de ETA em atividades geotécnicas é uma utilização plausível para destinação do material, desde que seja levado em consideração o risco de contaminação ao ambiente que uma aplicação sem a devida análise pode ocasionar.

Por esse motivo, é necessário atentar-se à necessidade de estabelecer padrões de aplicação do lodo de estação de tratamento de água e aprofundar os estudos em relação às utilizações do resíduo, como visto em trabalhos publicados em eventos técnicos nacionais e repositórios de universidade.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES e à Universidade Estadual de Ponta Grossa.

## REFERÊNCIAS

Almeida, M. M.; Fiedler, D. T.; Beraldo, R. J.; Lautenschläger, C. E. R.; Paz, E. C. 2023. Caracterização geotécnica do lodo da estação de tratamento de água Iraí com aplicação de ensaios de laboratório e ensaio MEV. *In: XIII Simpósio de Práticas de Engenharia Geotécnica da Região Sul, Ponta Grossa, PR. Anais.* p. 520.

Araújo, F. C. Scalize, P. S.; Albuquerque, A.; Angelim, R. R. 2015. Caracterização física do resíduo de uma estação de tratamento de água para sua utilização em materiais de construção. *Cerâmica*, v. 61, n. 360, p. 450-456.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação, Rio de Janeiro, 2004. 71p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação, Rio de Janeiro, 1997. 12p.

Cabral, V. A. L. 2013. Avaliação da incorporação do lodo de ETA UFV na manufatura de tijolos de solo-cimento. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

Campos, T. V. O.; Santos, E. S.; Ozi, E. J.; Marques, A. 2023. Inovação tecnológica sustentável na construção civil: tijolo de solo-cimento com reaproveitamento de lodo de estação de tratamento de água. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, [s. l.], p. 10.

Coelho, G. M. R. 2016. Avaliação da capacidade reativa de uma lama de ETA para remoção de metais pesados de escorrências rodoviárias. Dissertação (Mestrado) - Universidade da Beira Interior, Covilhã.

- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011. Brasília, DF: CONAMA, 2011.
- Fiedler, D. T. 2023. Análise da incorporação do lodo de uma estação de tratamento de água (ETA) em solo para utilização em camadas impermeabilizantes de aterro sanitário. 87 f. Dissertação - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- Gonçalves, F. Souza, C. H. U.; Tahira, F. S.; Fernandes, F.; Teixeira, R. S. 2017. Incremento de lodo de ETA em barreiras impermeabilizantes de aterro sanitário. *Revista DAE*, v. 65, n. 205, p. 5-14.
- Knierim, L. S.; Delongui, L.; Barbora Pinheiro, R. J. 2023. Estudo do comportamento mecânico e hidráulico do uso do lodo de estação de tratamento de água em misturas com solo argiloso laterítico. *Revista DAE*, v. 71, n. 240, p. 51-64.
- Lucena, L. C. L. Silva, J. A. Marinho Filho, P. G. Portela, M. G. 2017. Monitoramento de parâmetros físicos e ambientais de camadas de solo estabilizadas com lodo de ETA e de ETEX. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 10, n. 3, p. 873.
- Marchiori, L.; Studart, A.; Morais, M.; Albuquerque, A.; Cavaleiro, V. 2021. Avaliação do potencial de utilização de resíduo de ETA como impermeabilizante de obras de terra para a contenção de resíduos. In: *Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Sanitária 2*. 2. ed. Ponta Grossa: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. p.: 205-212.
- Mazzuti, E.; Klamt, R.; Faro, V. 2023. Study of the hydro-mechanical behavior of a stabilized soil with water treatment plant sludge for application in sanitary landfills. *Soils and Rocks*, v. 46, n. 1.
- Montalvan, E. L. T. 2016. Investigação do comportamento geotécnico de misturas de solo arenoso com lodo da Estação de Tratamento de Água Cubatão. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 134 p.
- Morselli, L. B. G. A.; Carmo, L. A. G.; Quadro, M. S.; Andreatza, R. 2022. Lodo de estação de tratamento de água: possibilidade de aplicação no solo. *Scientia Plena*, v. 18, 5: 11.
- Pereira, V. C. 2013. Confecção de tijolos ecológicos como alternativa para reutilização dos resíduos produzidos por centrais dosadoras de concreto. *Anais do Congresso Nacional de Iniciação Científica. Anais... Em: 14 Congresso Nacional de Iniciação Científica - CONIC SEMESP*. Campinas: SEMESP.
- Prim, E. C. C. 2011. Utilização de lodo de estações de tratamento de água e esgoto como material de cobertura de aterro sanitário. Tede de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 279 p.
- Rodrigues, L. P.; Holanda, J. N. F. 2013. Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento. *Cerâmica*, v. 59, 352: 551-556.
- Roque, A.; Montalvan, E. L. T.; Boscov, M. E. G. Caracterização mineralógica, química e geotécnica do lodo da estação de tratamento de água Taiaçupeba. *Geotecnia*, [s. l.], n. 151, p. 33-52, 2021.
- Santos, L. K. D. J.; Pinto, C. D. O.; Cavalcanti, L. A. P. 2022. Aplicações da lama de ETA visando à mitigação de impactos ambientais: uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 9, n. 21, p. 469-482.
- Scapin, J. 2021. Avaliação da utilização de solo e lodo de estação de tratamento de água como material de cobertura e de fundo em células experimentais de resíduos sólidos urbanos. 2021. 197 f. Doutorado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Silva, A. R. D. 2021. Comportamento geotécnico de misturas de areia argilosa laterítica e lodo da estação de tratamento de água Taiaçupeba, município de Suzano, São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 190 p.
- Villanova, D. L.; Machado, V. F. 2022. Lodo de Estação de Tratamento de Água: destinação e reciclagem. *Revista Liberato*, v. 23, 40: 139-148.