XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/98

Influência da adição do Lodo de Estação de Tratamento de Água (LETA) na resistência de solos

Emily Anne Ferreira Ledo Lima
Discente, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, emilyanne@discente.ufg.br

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha
Docente, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, marciamascarenha@ufg.br

Carlos Alberto Lauro Vargas
Docente, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, carloslauro@ufg.br

Daniella Ferreira de Castro
Mestranda, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, daniella.castro@discente.ufg.br

Laís Roberta Galdino de Oliveira
Docente, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, laisroberta@ufg.br

RESUMO: A disposição final do lodo de estação de tratamento de água (LETA) representa um desafio ambiental relevante, uma vez que esse resíduo é gerado em grandes volumes e sua destinação inadequada pode causar impactos ao solo e aos recursos hídricos. Nesse contexto, o reaproveitamento do LETA em aplicações geotécnicas surge como alternativa sustentável, especialmente em misturas com solos utilizadas em sistemas de cobertura de aterros sanitários. Este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de revisão comparativa da literatura, a influência da incorporação do LETA nas propriedades geotécnicas e no comportamento mecânico de misturas solo–lodo, com ênfase na resistência à compressão simples e na resistência ao cisalhamento. Foram avaliados estudos nacionais e internacionais que investigaram diferentes proporções de solo-lodo, principalmente em faixas de 20% a 40% em massa seca. Os resultados indicam que o LETA apresenta granulometria predominantemente fina, contribuindo para o aumento do teor de finos e alterações nos limites de consistência. Observou-se que, em teores moderados, o lodo pode aumentar a coesão aparente e melhorar o desempenho mecânico, enquanto teores excessivos tendem a reduzir a resistência. Conclui-se que o reaproveitamento do LETA apresenta potencial técnico e ambiental, desde que sejam definidos teores ótimos que proporcionem melhor desempenho estrutural sem comprometer características mecânicas relevantes.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de ETA, Cisalhamento direto, Resistência ao cisalhamento, RCS, Materiais alternativos.

ABSTRACT: The final disposal of water treatment plant sludge (WTPS) represents a significant environmental challenge, as this residue is generated in large volumes and its improper disposal may cause impacts on soil and water resources. In this context, the reuse of WTPS in geotechnical applications emerges as a sustainable alternative, especially in mixtures with soils used in landfill cover systems. This study aims to analyze, through a comparative literature review, the influence of incorporating WTPS on the geotechnical properties and mechanical behavior of soil–sludge mixtures, with emphasis on unconfined compressive strength and shear strength. National and international studies investigating different soil–sludge proportions were evaluated, particularly within the range of 20% to 40% by dry mass. The results indicate that WTPS presents predominantly fine-grained particle size distribution, contributing to an increase in fines content and changes in consistency limits. It was observed that, at moderate contents, sludge may increase apparent cohesion and improve mechanical performance, whereas excessive contents tend to reduce strength. It is concluded that the reuse of WTPS shows technical and environmental potential, provided that optimal contents are defined to ensure improved structural performance without compromising relevant mechanical characteristics.

KEYWORDS: WTPS, Direct shear test, Unconfined Compressive Strength, Shear RCS, Alternative materials.

1 INTRODUÇÃO

A expansão dos sistemas de abastecimento de água e o crescimento populacional têm impulsionado o aumento da produção de água potável, resultando também na geração de grandes volumes de resíduos provenientes das estações de tratamento de água (ETAs). Entre esses resíduos, destaca-se o lodo de estação de tratamento de água (LETA), subproduto gerado principalmente nas etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração. Esse material apresenta elevada umidade e predominância de partículas finas, além de conter compostos associados aos coagulantes utilizados no tratamento, como hidróxidos de alumínio e ferro (Montalvan, 2016). A disposição final do LETA representa um desafio ambiental significativo, pois seu descarte inadequado pode provocar impactos ao solo e aos recursos hídricos, além de elevar custos operacionais devido à necessidade de transporte e destinação controlada (Caniani et al., 2013).

De acordo com Lima et al. (2026), a geração de LETA, entre 2021 e 2022, em uma única ETA de Goiânia, foi estimada em cerca de 4.500 toneladas. Esse volume, sem mistura com o solo, é suficiente para construir em torno de 1.000 m² de uma camada de cobertura de 60 cm de altura. Caniani et al. (2013) apontam que a reutilização do lodo em obras geotécnicas pode representar uma solução ambientalmente adequada, reduzindo o volume destinado a aterros sanitários e promovendo a economia de materiais naturais. No contexto específico de coberturas de aterros sanitários, a aplicação do LETA tem recebido atenção devido ao potencial de melhoria em propriedades hidráulicas e mecânicas quando misturado a solos naturais (Prim, 2011).

Entretanto, a incorporação do LETA pode alterar significativamente parâmetros geotécnicos essenciais, como massa específica seca máxima, umidade ótima, granulometria, limites de consistência, influenciando diretamente no desempenho mecânico das misturas. Prim (2011) observou que o aumento do teor de lodo tende a elevar a fração fina, resultando em mudanças nos limites de Atterberg e na capacidade de compactação do material. De forma semelhante, Mazzutti et al. (2023) verificaram que o comportamento hidromecânico de misturas solo–LETA varia conforme o teor de substituição e o tipo de solo, sendo comum a existência de proporções ótimas que proporcionem melhor desempenho estrutural sem comprometer características hidráulicas relevantes.

Além disso, em solos tropicais, especialmente lateríticos, o comportamento geotécnico pode ser distinto daquele observado em solos sedimentares, devido à presença de estrutura agregada e cimentação natural. Roque et al. (2022) avaliaram misturas de solo laterítico com lodo de ETA e constataram que, embora os parâmetros de resistência efetiva permaneçam próximos aos do solo natural em determinadas proporções, ocorreu tendência de redução da coesão e incremento do ângulo de atrito em misturas com maiores teores de lodo. Esses resultados reforçam a importância de considerar as particularidades estruturais dos solos tropicais ao analisar a viabilidade técnica do reaproveitamento do LETA.

Assim, torna-se essencial consolidar e comparar os resultados disponíveis na literatura, buscando identificar tendências e fatores que influenciam o desempenho mecânico de misturas solo–LETA. A análise comparativa de estudos permite compreender de maneira mais robusta os efeitos do teor de lodo sobre a resistência à compressão simples e resistência ao cisalhamento, contribuindo para avaliar a aplicabilidade dessas misturas em camadas de cobertura de aterros sanitários e outras obras geotécnicas. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão comparativa entre a literatura e análises realizadas com material próprio, sobre o comportamento geotécnico do LETA incorporado a solos naturais, com ênfase nos parâmetros de resistência e no potencial de reaproveitamento sustentável desse resíduo.

2 METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica comparativa com foco no comportamento geotécnico do lodo de estação de tratamento de água (LETA) aplicado em misturas com solos naturais para uso em obras geoambientais, especialmente em camadas de cobertura de aterros sanitários.

A busca por referências na literatura foi realizada por meio de levantamento bibliográfico em bases de dados científicas e repositórios acadêmicos, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema, como *lodo de estação de tratamento de água (LETA)*, *soil–sludge mixtures*, *shear strength* e *unconfined compressive strength*. Foram priorizados estudos que investigaram a incorporação de lodo em solos e seus efeitos nos parâmetros geotécnicos, especialmente na resistência ao cisalhamento e na resistência à compressão simples. A seleção dos trabalhos considerou a relevância dos resultados, a metodologia empregada e a disponibilidade

de dados experimentais que permitissem a comparação com os resultados obtidos neste estudo, assim, foram adotados como principais referências os estudos de Caniani et al. (2013), Prim (2011), Roque et al. (2022), Mazzutti et al. (2023), Castro (2025) e Lima et al. (2026). Vale ressaltar que Castro (2025) e Lima et al. (2026) utilizaram os mesmos materiais.

Para complementar os dados fornecidos por Castro (2025) e Lima et al. (2026) foram realizados os seguintes ensaios de caracterização geotécnia do lodo: massa específica dos grãos (ABNT NBR 6458:2016), limites de consistência (ABNT NBR 6459:2016 e ABNT NBR 7180:2016) e análise granulométrica (ABNT NBR 7181:2016), permitindo a identificação das principais características do material.

O LETA foi obtido diretamente da lagoa de secagem da Estação de Tratamento de Água Meia Ponte, situada no bairro Floresta, em Goiânia – GO, unidade com capacidade aproximada de tratamento de 2.000 L/s, responsável pelo abastecimento das regiões Norte, Noroeste, Oeste e Sudoeste do município (SANEAGO, 2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no levantamento bibliográfico e os ensaios de caracterização do LETA, apresentado na Tabela 1, nota-se que a incorporação do lodo, em geral, reduz a massa específica dos grãos, uma vez que o lodo de ETA apresenta composição predominantemente formada por hidróxidos metálicos e matéria fina floculada, frequentemente associada a valores de massa específica inferiores aos minerais do solo natural (Caniani et al., 2013; Prim, 2011).

Tabela 1. Parâmetros Físicos dos Materiais Avaliados.

Referência	Material	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Massa Esp. Dos Grãos (g/cm³)
Roque et al. (2021)	LETA	536	236	300	2,42
Roque et al. (2022)	Solo	24	18	7[1]	2,80
Roque et al. (2022)	Mistura 5:1	39	22	18[1]	2,72
Roque et al. (2022)	Mistura 4:1	44	25	19	2,70
Roque et al. (2022)	Mistura 3:1	52	29	23	2,68
Mazzutti (2023)	Solo	55	35	20	3,00
Mazzutti (2023)	15% LETA	56	35	21	2,94
Mazzutti (2023)	30% LETA	58	37	21	2,69
Mazzutti (2023)	50% LETA	58	37	21	2,59
Montalvan (2016)	Solo	25	14	11	2,69
Montalvan (2016)	LETA	239	81	158	2,90
Montalvan (2016)	Mistura 3:1	33	17	16	2,70
Montalvan (2016)	Mistura 4:1	32	17	15	2,70
Montalvan (2016)	Mistura 5:1	32	18	14	2,69
Lima et al. (2026)	Solo	43	28	15	2,59
Lima et al. (2026)	20% LETA	43	33	10	2,49
Lima et al. (2026)	40% LETA	47	40	7	2,32
Elaboração própria	LETA	60	NP	NP	2,06

Nota: LL: Limite de Liquidez; LP: Limite de Plasticidade; IP: Índice de Plasticidade e NP: Não Plástico

[1]As pequenas divergências observadas entre os valores calculados e os IP) apresentados por Roque et al. (2022) podem estar relacionadas a arredondamentos adotados pelos autores nos resultados originais. Neste trabalho, os dados foram mantidos conforme publicados nas respectivas referências, visando preservar a consistência e a fidelidade às informações apresentadas nos estudos consultados.

Observa-se que a adição de LETA altera os limites de consistência do solo, porém sem apresentar uma tendência única para todos os casos. Roque et al. (2021; 2022) verificaram que o aumento do teor de lodo promoveu elevação significativa do LL, do LP e do IP, indicando incremento da plasticidade das misturas. Os elevados valores de plasticidade observados para o LETA puro podem ser atribuídos à sua composição

química, uma vez que lodos provenientes do tratamento de água com sulfato de alumínio apresentam maior plasticidade em comparação aos gerados com outros tipos de coagulantes. Esse comportamento está relacionado à presença de aluminatos de cálcio e sulfato de alumínio hidratados, compostos que aumentam a capacidade de retenção de água do material. Entretanto, quando o ensaio de limites de consistência foi realizado após secagem do LETA em estufa a 110 °C, o material apresentou comportamento não plástico. Em Mazzutti (2023), verificou-se apenas um aumento discreto de LL e LP, enquanto o IP permaneceu praticamente constante. Os resultados de Montalvan (2016) mostram que o LETA apresenta limites de consistência muito superiores aos do solo natural, com LL de 239% e IP de 158%, evidenciando seu caráter altamente plástico e elevada capacidade de retenção de água. Quando incorporado ao solo nas proporções analisadas (3:1, 4:1 e 5:1), observa-se aumento moderado dos limites de liquidez e do índice de plasticidade das misturas, indicando que o lodo influencia as propriedades de consistência do material. Já no estudo de Lima et al. (2026), a adição de LETA manteve ou elevou levemente o LL, aumentou expressivamente o LP e reduziu o IP. Dessa forma, conclui-se que o efeito do lodo sobre os limites de Atterberg depende das características do solo e do LETA, especialmente da granulometria e da composição da fração fina, que controlam a interação entre partículas e a plasticidade das misturas.

A análise da Tabela 2 indica que a incorporação de LETA tende a modificar significativamente a composição granulométrica do solo, principalmente pelo aumento da fração fina. Em geral, observa-se elevação dos teores de argila e/ou silte e redução proporcional da fração areia, uma vez que o lodo de ETA apresenta predominância de partículas finas decorrentes dos sólidos retidos no processo de tratamento.

Tabela 2. Composição Granulométrica.

Referência	Material	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Pedregulho (%)
Montalvan (2016)	Solo	24,4	5,10	70,40	0,10
Montalvan (2016)	LETA	69,30	25,20	5,50	0,00
Montalvan (2016)	Mistura 3:1	27,10	7,10	65,80	0,00
Montalvan (2016)	Mistura 4:1	27,50	4,50	68,00	0,00
Montalvan (2016)	Mistura 5:1	26,80	4,70	68,50	0,00
Mazzutti (2023)	Solo	17,00	53,00	27,00	3,00
Mazzutti (2023)	Solo + LETA (50%)	22,00	31,00	18,00	29,0
Lima et al. (2026)	Solo	53,00	3,10	36,10	7,80
Lima et al. (2026)	Solo + LETA (20%)	62,10	4,00	32,40	1,50
Lima et al. (2026)	Solo + LETA (40%)	42,00	17,00	25,00	16,00
Elaboração própria	LETA	44,46	2,01	35,74	17,79

A Tabela 3 apresenta os principais parâmetros de resistência ao cisalhamento,coesão efetiva (c’), ângulo de atrito efetivo (φ’) e de resistência à compressão simples (RCS) de misturas solo-LETA obtidos pelos diferentes autores, determinados por ensaios triaxiais, cisalhamento direto e compressão simples.

Tabela 3. Parâmetros de resistência.

Referência	Material	Ensaio	c' (kPa)	φ' (°)	RCS (kPa)
Roque et al. (2022)	Mistura 5:1	Triaxial	22,2	33,7	
Roque et al. (2022)	Mistura 4:1	Triaxial	6,2	38	
Montalvan (2016)	Lodo	Triaxial	10	37	
Knierim (2023)	LETA 15%	Cisalhamento direto	22,5	25,3	
Knierim (2023)	LETA 50%	Cisalhamento direto	16,9	41,9	
Mazzutti (2023)	LETA 15%	RCS (7 dias de cura)	-	-	343
Mazzutti (2023)	LETA 30%	RCS (7 dias de cura)	-	-	399
Mazzutti (2023)	LETA 50%	RCS (7 dias de cura)	-	-	364
Castro (2025)	Solo	RCS (0 dias de cura)	-	-	150
Castro (2025)	LETA 20%	RCS (0 dias de cura)	-	-	220
Castro (2025)	LETA 40%	RCS (0 dias de cura)	-	-	390

Observa-se que a adição de LETA influencia diretamente os parâmetros de resistência ao cisalhamento e a resistência à compressão simples das misturas, porém esse efeito não ocorre de forma linear, variando conforme o teor incorporado, o tipo de solo e o método de ensaio adotado (Figura 1).

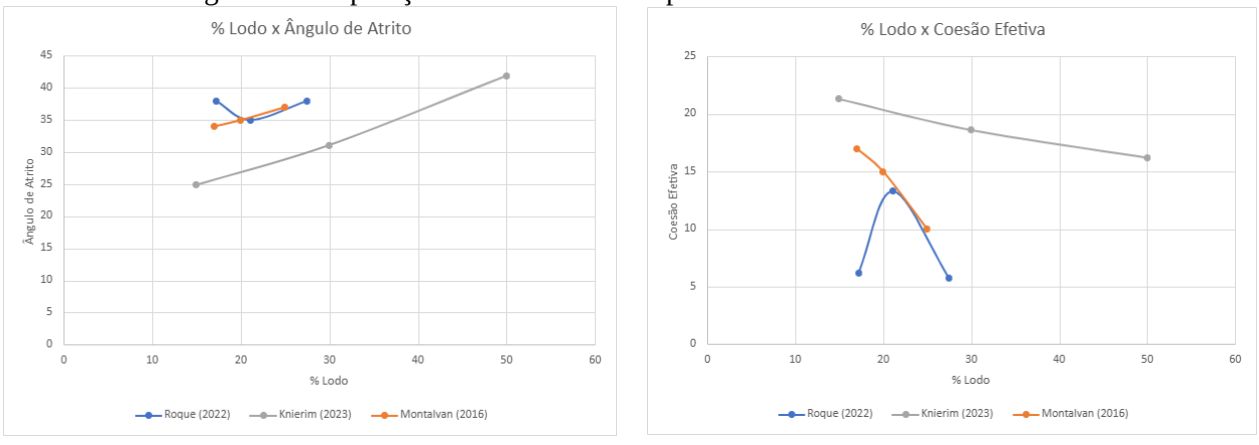
A variabilidade nas características do LETA é intrínseca à sua origem, sendo fortemente influenciada tanto pela qualidade da água bruta quanto pela tecnologia de tratamento empregada. A composição do lodo reflete diretamente a natureza do manancial captado: águas provenientes de rios tendem a gerar resíduos com maiores teores de sólidos inorgânicos, como areia, silte e argila provenientes da erosão, enquanto fontes de reservatórios ou lagoas resultam em lodos com concentrações elevadas de matéria orgânica, algas e microrganismos (Montalvan, 2016). Somado a esse fator, o tipo de coagulante utilizado no processo de potabilização, como sulfato de alumínio, cloreto férrico ou polímeros, altera a fase mineralógica e a densidade dos grãos do resíduo (Boscov, 2021). Por exemplo, o uso de cloreto férrico pode elevar significativamente a massa específica dos grãos devido à presença de ferro, enquanto o excesso de matéria orgânica tende a reduzi-la (Montalvan, 2016). Além disso, a variabilidade sazonal (períodos chuvosos ou de seca) modifica a turbidez da água bruta, impactando o percentual de finos e a plasticidade do lodo ao longo do tempo (Montalvan, 2016). Essa heterogeneidade nas propriedades físico-químicas do LETA justifica as variações observadas nos parâmetros de resistência ao cisalhamento, uma vez que a granulometria e os limites de consistência do resíduo definem como a mistura solo-lodo irá se comportar em termos de coesão e ângulo de atrito efetivo.

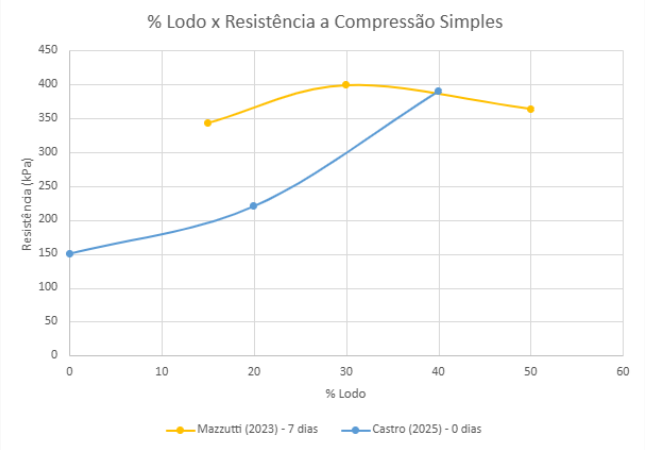
De modo geral, observa-se que o lodo pode atuar tanto como material de preenchimento fino, aumentando a interação entre partículas e contribuindo para o ganho de resistência, quanto como um elemento de elevada plasticidade e sensibilidade à umidade, capaz de reduzir a estabilidade mecânica quando presente em maiores proporções.

Por outro lado, a incorporação de LETA tende a modificar a relação entre coesão e atrito interno, podendo reduzir a coesão efetiva em alguns casos, ao mesmo tempo em que promove aumento do ângulo de atrito. Esse comportamento sugere que o lodo altera a estrutura do solo, favorecendo um mecanismo de resistência mais associado ao atrito e rearranjo das partículas do que à coesão propriamente dita (Figura 1). Assim, dependendo da proporção adicionada e das características do solo base, pode ocorrer uma diminuição da resistência global, especialmente quando a redução da coesão não é compensada pelo incremento do atrito.

Observa-se que os resultados de Knierim (2023) apresentam tendência distinta daquela observada por Roque et al. (2022) quanto à magnitude do aumento do ângulo de atrito efetivo. Embora ambos os estudos indiquem incremento de φ' com a adição de LETA, Knierim (2023) registrou valores mais elevados, atingindo 41,9° para a mistura com 50% de lodo, enquanto Roque et al. (2022) observaram aumento mais moderado, de 33,7° para 38°. Essa diferença pode estar associada às características específicas dos materiais empregados, especialmente à mineralogia e à granulometria do solo e do lodo utilizados, bem como ao método de ensaio adotado. Enquanto Roque et al. (2022) determinaram os parâmetros de resistência por meio de ensaios triaxiais, Knierim (2023) utilizou ensaios de cisalhamento direto, metodologia que pode resultar em parâmetros distintos devido às diferenças na trajetória de tensões e no mecanismo de ruptura. Além disso, a redução da coesão observada com o aumento do teor de lodo sugere uma alteração da estrutura do solo, promovendo um comportamento progressivamente mais dependente do atrito entre partículas, fenômeno que pode ter ocorrido de forma mais acentuada nas misturas avaliadas por Knierim (2023).

Figura 1. Comparação da % lodo com os parâmetros mecânicos das misturas





Em relação à resistência à compressão simples, os resultados indicam que o efeito da incorporação de lodo varia conforme o teor adicionado e as condições de ensaio. Nos dados apresentados por Castro (2025), para amostras sem período de cura (0 dias), observa-se aumento progressivo da RCS à medida que se eleva a proporção de lodo na mistura. Por outro lado, nos resultados apresentados por Mazzutti (2023), para amostras com 7 dias de cura, verifica-se a existência de um teor ótimo de incorporação, no qual a resistência atinge seu valor máximo na proporção de 30% de lodo, passando a apresentar redução para teores superiores. Esse comportamento indica que, embora a adição moderada de LETA possa favorecer o arranjo estrutural da mistura, teores mais elevados tendem a aumentar a quantidade de frações finas e a plasticidade do material, o que pode resultar em maior deformabilidade e, consequentemente, na redução da resistência mecânica.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados de caracterização geotécnica e comportamento mecânico das misturas de solo e lodo de estação de tratamento de água (LETA), conclui-se que o LETA apresenta elevado potencial de reaproveitamento em aplicações geotécnicas, especialmente em camadas de cobertura de aterros sanitários, desde que utilizado em proporções adequadas (entre 20% e 40%) e com controle tecnológico.

De forma geral, conclui-se que a incorporação de LETA exerce influência significativa no comportamento mecânico das misturas solo-lodo, afetando tanto os parâmetros de resistência ao cisalhamento quanto a resistência à compressão simples. Contudo, esse efeito depende de diversos fatores, como o teor de lodo adicionado, as características do solo base e as propriedades físico-químicas do resíduo. Assim, o LETA pode atuar tanto como material de preenchimento, favorecendo o rearranjo das partículas e contribuindo para o ganho de resistência, quanto como um componente mais plástico e sensível à umidade, capaz de reduzir a estabilidade mecânica em teores mais elevados. Dessa forma, a variabilidade observada nos resultados evidencia a importância de avaliar caso a caso a viabilidade geotécnica do uso do lodo, considerando suas características específicas e a proporção incorporada às misturas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG/GO) pelo apoio recebido por meio do projeto de pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica da primeira autora e da bolsa de produtividade em pesquisa da coautora M.M.A. Mascarenha (Processo: 304529/2025-7), ao Laboratório de Geotecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG) pela infraestrutura e apoio técnico disponibilizados para a realização desta pesquisa, à SANEAGO pelo fornecimento do lodo proveniente da Estação de Tratamento de Água Meia Ponte, e ao aterro sanitário Resíduo Zero Ambiental, localizado no município de Guapó – GO, pelo apoio e disponibilização do solo utilizado no estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6458:2016a. Grãos de solos retidos na peneira de 4,8 mm — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459: 2016b. Solo — *Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7180: 2016c. Solo — Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7181: 2016d. Solo — Análise granulométrica*. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BOSCOV, Maria E. G.; TSUGAWA, Juliana K.; MONTALVAN, Edy L. T. Beneficial use of water treatment sludge in geotechnical applications as a sustainable alternative to preserve natural soils. *Sustainability*, Basel, v. 13, n. 17, p. 9848, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/su13179848

Caniani, D.; Masi, S.; Mancini, I. M.; Trulli, E. (2013). Innovative reuse of drinking water sludge in geo-environmental applications. Waste Management, v. 33, n. 6, p. 1461–1468. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.02.007

Castro, D. F. (2025) *Avaliação geotécnica do uso de misturas de solo com resíduo de construção e lodo de estação de tratamento de água em camadas de cobertura de aterros sanitários*. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Knierim, L. S.; Delongui, L.; Pinheiro, R. J. B. (2023) Estudo do comportamento mecânico e hídrico 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. DOI: 10.36659/dae.2023.021.

Lima, E. A. F. L.; Santos Filho, D. A.; Scalie, P. S.; Rodrigues, F. W. A.; Oliveira, L. R. G.; Mascarenha, M. M. A. Avaliação da viabilidade técnica do uso de lodo de estação de tratamento de água em camadas de cobertura de aterros sanitários. *Scientia Plena*, v. 22, n. 1, 2026. DOI: 10.14808/sci.plena.2026.019911.

Mazzutti, E. A.; Klamt, R. A.; Faro, V. P. (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, p. 1–12. DOI: 10.28927/SR.2023.011222.

Montalvan, E. L. T. (2016). *Investigação do comportamento geotécnico de misturas de solo arenoso com lodo da estação de tratamento de água do município de Cubatão, SP*. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Prim, E. C. C. (2011). Utilização de lodo de ETA e ETE como material alternativo de cobertura de aterro sanitário. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, v. 7, n. 12. DOI: 10.4013/ETE.2011.72.02

Roque, A., Montalvan, E.L.T., Boscov, M.E.G., 2021. Caracterização mineralógica, química e geotécnica do lodo da estação de tratamento de água taiaçupeba. Rev. Geotec. 151, 33–52. doi:10.24849/j.geot.2021.151.03.

Roque, A.; Montalvan, E. L. T.; Boscov, M. E. G., 2022. Reuse of water treatment plant sludge mixed with lateritic soil in geotechnical works. *Environmental Challenges*, 7, 100465. DOI: 10.1016/j.envc.2022.100465.

SANEAGO - Saneamento de Goiás S.A. *Saiba como funcionam os sistemas de abastecimento de água em Goiânia*. Saneago, 2023. Disponível em: https://www.saneago.com.br/#/noticia_interna/8913/3. Acesso em: 15 jan. 2026.