

# INCORPORAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO

*Maria Lucia Hiromi da Silva Okumura<sup>1</sup>, Alessandra de Oliveira Fonseca<sup>2</sup>, Natalia Ueda Yamaguchi<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Mestranda em Tecnologia Limpas, Campus Maringá/PR, Universidade Cesumar – UniCesumar, Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. [marialucia.okumura@outlook.com](mailto:marialucia.okumura@outlook.com)

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Civil, Campus Maringá/PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. Bolsista PIBIC/ICETI- UniCesumar. [fonseca.alessandra55@yahoo.com](mailto:fonseca.alessandra55@yahoo.com)

<sup>3</sup> Orientadora, Doutora, Graduação em Engenharia Civil e Mestrado em Tecnologias Limpas, Campus Maringá/PR, Universidade Cesumar – UniCesumar, Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. [natalia.yamaguchi@unicesumar.edu.br](mailto:natalia.yamaguchi@unicesumar.edu.br)

## RESUMO

O resíduo das estações de tratamento de água, do tipo convencional, é proveniente da ação de reagentes e coagulantes químicos que buscam adequar a água coletada em um rio aos padrões de potabilidade para posterior distribuição ao consumo humano. Sua destinação final mais comum é o descarte em corpos hídricos, o que traz prejuízos ao meio ambiente e a população entorno. Há muitas alternativas para o tratamento da água, bem como para a destinação final ao seu resíduo, o lodo. Este estudo traz como objetivo a utilização do lodo para produção do Paver - pavimento intertravado de concreto aplicado na construção civil, através da substituição parcial da areia pelo lodo na fabricação das peças com teores de 5%, 10% e 20%. Foram analisadas as propriedades físico-química através da determinação de temperatura, pH, turbidez, massa específica, teor de umidade e granulometria do lodo seco, e também avaliações mecânicas, com ensaios de compressão, análise de dimensões e absorção de água em peças de pavimento intertravado de concreto. Com os resultados parcialmente obtidos observou-se que a incorporação do lodo na matriz de concreto para produção de pavimento intertravado de concreto não apresentou grandes interferências quando avaliadas as características físico-químicas do lodo. Sendo assim, esse estudo traz uma alternativa viável para destinação final do lodo, diminuindo os impactos ambientais gerado pelo descarte incorreto do resíduo em corpos hídricos, e também, auxiliando na inovação dentro do setor da construção civil, visando a conservação e preservação do meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água; Concreto; Paver.

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água potável é um fator essencial para o bem-estar da população, e está ligada a saúde pública e ao desenvolvimento humano influenciando assim no crescimento de um país (TRATA BRASIL, 2019). No Brasil, cerca de 83,7% da população é abastecida com água tratada, no sul do país esse índice chega a 90,5% de pessoas que recebem água potável em suas residências conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS 2019). O abastecimento de água com qualidade e de forma suficiente é um dos fatores propostos pela Lei 11.445 BRASIL (2007), para submeter-se a universalização do saneamento básico, com isso as estações de tratamento de água (ETA) são levadas a tratarem grandes volumes para conseguir cumprir essa demanda.

As estações de tratamento de água no Brasil podem ser divididas em três categorias: estações de tratamento convencionais; estação de filtração direta; e estações de flotação com ar dissolvido (RICHTER, 2009). Segundo Cordeiro (2001), das estações de tratamento de água no Brasil, em média, 7.500 são do tipo convencionais. O tratamento convencional consiste nos processos de precloração, coagulação, floculação, decantação, filtração, correção do pH, desinfecção por cloração e fluoretação para enfim ser destinado ao abastecimento populacional (TAFAREL, 2016).

Com esse tipo de tratamento, nas etapas de decantação (ou sedimentação) e filtração é que se encontra o resíduo, denominado lodo, que é constituído de água, sólidos suspensos e produtos resultantes do processo de coagulação, no qual se aplica o reagente

coagulante (RICHTER, 2009). Com a grande demanda por água tratada, o aumento do lodo produzido nesse processo é gradual, e traz o grande obstáculo da disposição final do resíduo para os engenheiros, pesquisadores e acima de tudo para o meio ambiente (MOURA et al., 2016).

O lodo produzido na ETA em Maringá, proveniente da decantação e água de lavagem dos filtros, é bastante líquido e não sofre nenhum processo de secagem, então, ele é disposto no curso hídrico mais próximo. Esse lodo é resultado da ação do agente coagulante e possui altas concentrações de alumínio, ferro, matéria orgânica e sólidos que podem ocasionar toxinas nos organismos aquáticos, causando alterações biológicas, assoreamento e, pode acarretar a disfunção desse corpo hídrico (BARBOSA et al., 2008). Assim, com esse volume de resíduo gerado, é possível pensar em uma forma de utilização que não afete o meio ambiente e que possa trazer benefícios à população.

Uma das alternativas para a destinação final deste resíduo é a aplicação na construção civil, quando incorporado à fabricação de concreto pode se tornar um substituto da areia (HOPPEN et al., 2006). A indústria da construção civil é uma das maiores responsáveis pela utilização e extração de recursos naturais e gera uma grande agressão ao meio ambiente. Dessa forma, a importância da incorporação de resíduos na produção de concreto e em peças para a construção civil (FERNANDEZ et al., 2018). A incorporação o lodo da ETA aos agregados de concreto tem se tornado tema para várias pesquisas devido suas características serem semelhantes, esta associação traz benefícios ao meio ambiente e estimula a implementação de tecnologias limpas (SOUZA e ALMEIDA, 2017).

Diante deste cenário, esse trabalho busca uma alternativa com a incorporação do lodo em substituição parcial da areia na fabricação de peças de pavimento intertravado de concreto. Dentro deste estudo, foram analisadas algumas propriedades físico-química do lodo tais como: turbidez, pH, teor de umidade, massa específica e a granulometria utilizada na pesquisa e, também, as propriedades mecânicas das peças quanto à compressão simples, absorção de água e avaliação dimensional para as proporções de 5%, 10% e 20% de substituição da areia pelo lodo em relação a peça de referência sem adição de lodo (0%), seguindo as normativas específicas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo coletado para estudo é oriundo da ETA da cidade de Maringá, localizada no norte do Paraná. A ETA utiliza como coagulante policloreto de alumínio (PAC) e tem uma vazão nominal de 1.440 L/s, e atualmente trabalha com vazão média de 1.000 L/s. Para a seguinte pesquisa, foi coletado o lodo diretamente do tanque de decantação antes da limpeza e armazenamento em bombonas de polietileno de alta intensidade e encaminhado para o laboratório da instituição de ensino.

Com a finalidade de analisar a influência do lodo na dosagem dos materiais, a trabalhabilidade da mistura e durabilidade das peças de pavimento intertravado de concreto, realizou-se a caracterização físico-química do lodo seguindo as orientações e metodologias descritas em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* e também em normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pertinentes, de maneira triplicata conforme listado abaixo.

**Tabela 1:** Parâmetros e Referências de caracterização do lodo da ETA

| PARÂMETROS                                     | REFERÊNCIA  |
|--|---|
| Temperatura (°C)                               | <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> |
| pH   | <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> |
| Turbidez (UNT)                                 | <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> |
| Teor de Umidade (%)                            | ABNT NBR 6457:2016  |
| Massa Específica Aparente (g/cm <sup>3</sup> ) | ABNT NBR NM 52:2009   |
| Granulometria                                  | ABNT NBR 7217:1987  |

Para a medição da turbidez, foi realizada a diluição do lodo na proporção de 1:200 em água destilada para possibilitar a leitura no turbidímetro microprocessado digital, modelo DLT-WV da marca Del Lab. A determinação do teor de umidade, foi realizada após a secagem do lodo em estufa a 110°C durante 24hrs. A granulometria analisada foi em amostra de lodo seco na produção dos corpos de provas em substituição da areia.

As amostras, após repouso absoluto para melhor decantação, foram drenadas com auxílio de uma tela com tramas entrelaçadas de fio de nylon. Com esse processo de drenagem, os 120 litros de lodo coletados inicialmente, tornaram-se aproximadamente 80 kg de lodo. Esta parte drenada foi disposta em formas de alumínio e seca em estufa a 110°C por 24h. Após a secagem, os 80 kg reduziram para 32 kg de lodo seco, a grande redução de volume ocorreu devido à alta concentração de água presente no lodo.

Ao atingir consistência seca e característica fofa, pôde-se determinar o teor de umidade da amostra de lodo seco, segundo a NBR 6457 ABNT (2016), e também foi possível chegar a granulometria semelhante à da areia média.

A determinação da dosagem do concreto foi realizada conforme método ABCP/ACI e irá considerar a resistência característica exigida pela (ABNT NBR 9781:2013). Sendo adicionados teores de 5%, 10% e 20%, em relação à massa de areia.

Os corpos de prova (CPs) moldados na forma prismática, semelhante ao formato mais utilizado comercialmente para tráfego de pedestre, veículos leves e veículos comerciais de linha NBR 9781 ABNT (2013), cujas dimensões são 20cmx10cmx6cm, comprimento, largura e altura respectivamente. Com moldagem de forma manual em duas camadas com 30 golpes cada, permanecendo em cura úmida por 28 dias. Para então as peças serem avaliadas quanto a sua resistência à compressão, quanto à absorção de água e avaliação dimensional (ABNT 9781:2013 – anexos A, B e D).

A matriz de concreto utilizada em estado fresco de consistência seca, obtendo um abatimento de tronco de cone de 60mm. Devido ao alto teor de umidade do lodo não foi adicionado água de amassamento a ponto de se obter uma matriz fluida. As peças com teor de lodo em 5%, 10% e 20% em estado endurecido, foram avaliadas quanto a resistência a compressão e a absorção de água, com idade de 28 dias, em relação às peças sem concentração de lodo (0%).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são demonstrados os resultados obtidos pela caracterização físico-química do lodo da ETA.

**Tabela 2:** Parâmetros e Resultados da caracterização do lodo da ETA

| PARÂMETROS                                     | RESULTADOS    |
|--|---------------|
| Temperatura (°C)                               | 22,57 ± 0,12  |
| pH   | 6,5 ± 0,1     |
| Turbidez (UNT)                                 | 692,33 ± 9,61 |
| Teor de Umidade (%)                            | 83,86 ± 0,99  |
| Massa Específica Aparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,74 ± 0,02   |

**Fonte:** Dados da pesquisa

Os valores obtidos na presente pesquisa para o lodo da estação de tratamento de água de Maringá, podem ser analisados de forma comparativa com demais pesquisas realizadas em outras ETA no Brasil e também avaliar os valores conforme as normas técnicas.

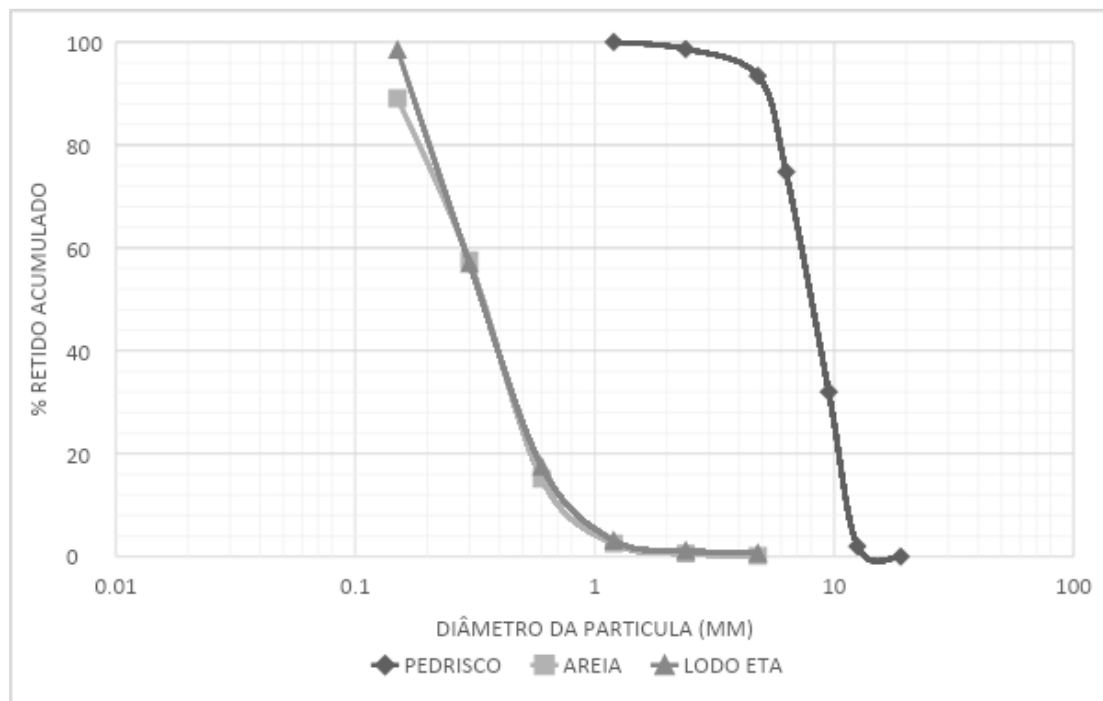
Os valores de temperatura obtidos aproximam-se dos valores obtidos por (BARBOSA et al. 2000), (TAFAREL et al. 2016) e por (FERNANDEZ et al. 2018), apesar de utilizarem sulfato de alumínio como coagulante, por estarem localizados no estado de São Paulo, seus valores são similares e acabam sendo aceitos pela ABNT NBR 7215:2019, que permite temperatura variável de 21 a 25°C para utilização em fabricação de concreto.

O pH encontrado de 6,5 se encontra perto da neutralidade, devido à alta concentração de água sendo este resultado bem próximo ao encontrado por (PORTELLA et al. 2003), na ETA de Passaúna em Curitiba-PR e também se encontra dentro do limite estabelecido pela ABNT NBR 159.000-1:2009, que varia de 5,5 até 9,0 para água de amassamento na produção da matriz de concreto.

O valor de turbidez encontrado justifica a categoria da estação de tratamento de água ser do tipo convencional, necessitando a ação de coagulante através da mistura rápida. Os valores obtidos na ETA em Maringá-PR são superiores aos reportados por (TAFAREL et al. 2016), devido ao tipo de solo no leito do manancial de captação, sendo ao norte do estado um solo mais argiloso e avermelhado.

O teor de umidade verificado na pesquisa é próximo aos resultados obtidos por outros estudos como (PORTELLA et al. 2003), (HOPPEN et al. 2006), (TAFAREL et al. 2016) e por (FERNANDEZ et al. 2018), que também avaliaram o lodo de descarga, tendo assim alta concentração de água influenciando, então, na dosagem dos materiais utilizados e conseqüentemente na relação de trabalhabilidade com o fator a/c.

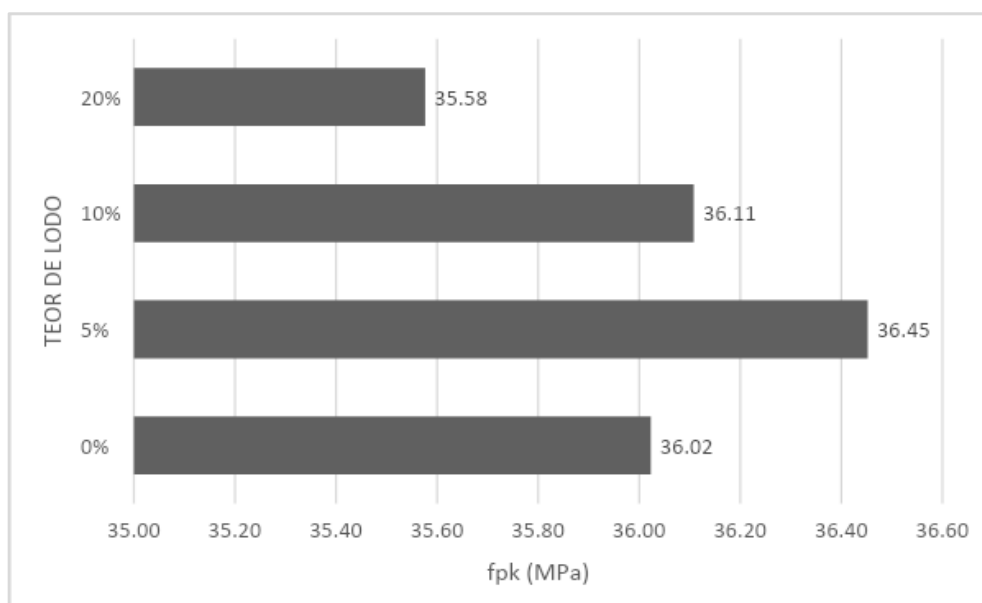
Conforme curva granulométrica, demonstrada no (Gráfico 01), observa-se que as partículas de lodo e areia possuem proximidades em suas dimensões, assim não afeta negativamente na trabalhabilidade da matriz do concreto bem como no custo da produção, uma vez que a quantidade de cimento aplicada será semelhante.



**Gráfico 1:** Curva granulométrica de agregados  
**Fonte:** Dados da pesquisa

A massa específica do lodo,  $1,74 \text{ g/cm}^3$ , é menor quando comparada aos outros materiais como o cimento ( $2,96 \text{ g/cm}^3$ ), a areia ( $2,57 \text{ g/cm}^3$ ) e o pedrisco ( $2,80 \text{ g/cm}^3$ ). Isto pode afetar o valor de massa específica final do produto resultando em uma leve redução, porém não há nenhum prejuízo a peça. Todavia, o valor obtido encontra-se próximo a média de  $1,80 \text{ g/cm}^3$  considerada por (RICHTER, 2009).

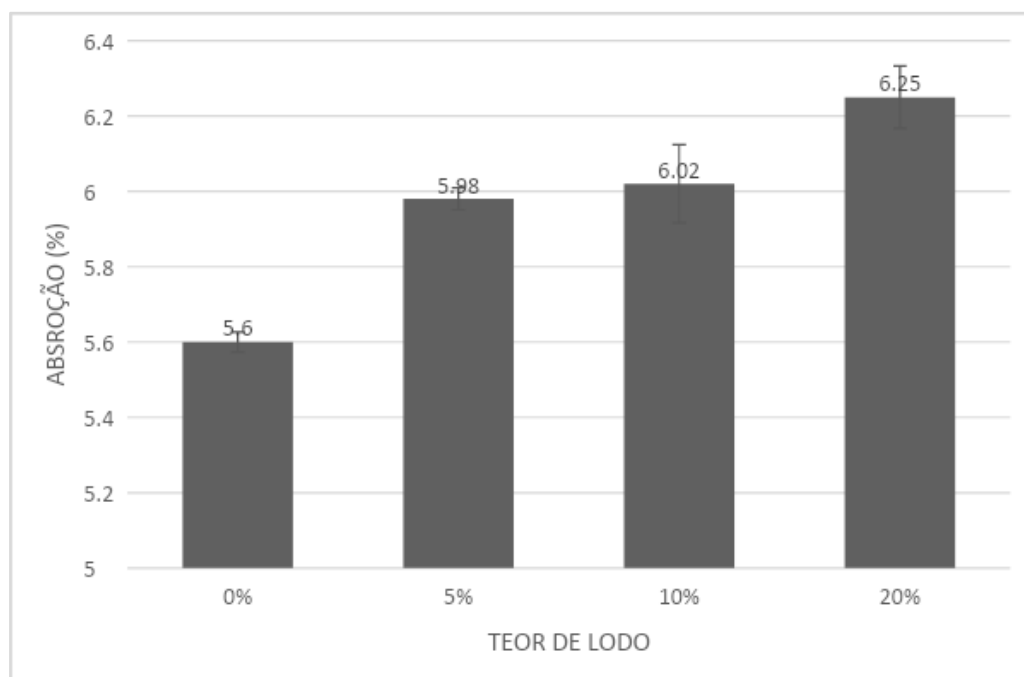
O traço sugerido pela ABCP/ACI para produção das peças de pavimento intertravado de concreto convencional exige que se obtenha uma massa seca para melhor compactação que garanta a resistência necessária quando em estado endurecido. Os resultados das resistências quanto a compressão e absorção de água para as peças com teor de lodo em 5%, 10% e 20% em estado endurecido com idade de 28 dias estão apresentados nos (Gráfico 2 e 3).



**Gráfico 2:** Resistência a Compressão Axial Simples  
**Fonte:** Dados da pesquisa



Os valores apresentados no (Gráfico 2) indicaram o aumento na resistência a compressão no teor de 5% em relação a peça de referência, com 0% de incorporação de lodo, bem como o teor de 10% houve um aumento na resistência. Já com as peças de 20% de incorporação de lodo houve uma queda na resistência a compressão, isso se dá devido a maior concentração de matéria orgânica presente no lodo (BARBOSA et al., 2008). Porém, ainda apresenta resistência dentro dos parâmetros da ABNT NBR 9781:2013, de 35 MPa de resistência a compressão axial simples.



**Gráfico 3:** Absorção de água  
**Fonte:** Dados da pesquisa

Com os resultados do (Gráfico 3), notou-se que o aumento na concentração de lodo incorporado na matriz de concreto, provocou o aumento no índice de absorção de água, dentre os teores apresentados no estudo todos cumprem a exigência da ABNT NBR 9781:2013, de serem não superiores a 7%. Os valores desta pesquisa correlacionam com pesquisas anteriores em outras estações de tratamento como avaliado por (HOPPEN et al. 2006) e (TAFAREL et al. 2016).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação do lodo, da estação de tratamento de água de Maringá, no agregado miúdo para produção de peças de pavimento intertravado de concreto se faz possível quando aplicada em teores abaixo de 5%, pois nesta condição não foi verificada alterações significativas na resistência da peça. Se aplicada teores superiores a 5%, apresenta uma redução na resistência à compressão, em contrapartida um aumento na absorção de água da peça. As propriedades físico-químicas do lodo indicam a impossibilidade de seu descarte em corpos d'água e possibilitam a incorporação desse resíduo na produção de materiais de construção civil sem danos ao ambiente, colaborando, enfim, com a destinação correta do resíduo da estação de tratamento de água (ETA) aumentando a vida útil dos corpos hídricos, melhorando a qualidade de vida da população e gerando um melhor desenvolvimento para o país.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004:2014 - Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.457:2016 – Amostras de Solo – Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52:2009 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217:1987 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781:2013 - Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

BARBOSA, R. M., POVINELLI, J., ROCHA, O., et al., A toxicidade de despejos (lodos) de estações de tratamento de água à *Daphnia Similis* (Cladocera, Crustacea), In: Congresso Internacional de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, Porto Alegre, 2000.

BRASIL, Governo Federal. Lei n 11.445/2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. 2008.

BRASIL, Governo Federal. Lei n 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.

CORDEIRO, João Sérgio. Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** Rio de Janeiro: ABES, p. 1-18, 2001.

EATON, A.D, CLESCERI, L.S, RICE, E.W., et al, **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21th ed. Washington: American Public Health Association water Works Association, Water Pollution Control Federation, 2005.

FERNANDEZ, L.P., MIKOWISKI, P.C.B., MACIOSKI, G., NAGALLI, A., FREIRE, F.B. Avaliação da Incorporação do lodo de Estação de Tratamento de Água em peças de concreto intertravado, **Revista Matéria**, v.23, n.03. 2018.

HOPPEN, C., PORTELLA, K. F., JOUKOSKI, A., et al, “Uso de Lodo de Estação de Tratamento de Água Centrifugado em Matriz de Concreto de Cimento Portland para Reduzir o Impacto Ambiental”, **Química Nova**, v.29, n.1, p. 79-84,2006.

MOURA, T.M.C.F.; SILVESTRE, A. S.S.; DUARTE, M. D. D. C. D., SOUSA, A.C., SANTOS, A.S., VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campina Grande/PB, 21 a 24 de novembro de 2016.

RICHTER, Carlos A. **Água: Métodos e tecnologia de tratamento.** São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2009.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO-SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acesso em: 12 jul. 2021.

SOUZA T. M., de; ALMEIDA A, de F.; Caracterização Físico-Química do Resíduo (Lodo) de ETA, no período de seca, em Várzea Grande – MT. **E&S – Engineering and Science**, 2017, 6:1.

TRATA BRASIL. Saneamento. Disponível em: <http://tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>. Acesso em: 10 jul. 2021.

TAFAREL, N.F.; MACIOSKI, G.; CARVALHO, K. Q.; NAGALLI, A. FREITAS, D. C., PASSING, F.H. **Revista Matéria**, v.21, n.4, pp. 974-986, 2016.