

VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA A CONFEÇÃO DE CONCRETO ESTRUTURAL

Jeferson Maiko de Almeida⁽¹⁾

Mestre em Engenharia Civil na Área de Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais – UNESP, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil e Doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UNESP, Bauru, São Paulo, Brasil.

Fabiana Alves Fiore Pinto⁽²⁾

Doutora em Engenharia Civil na Área de Ciências Ambientais – UNICAMP, Campinas, São Paulo, Brasil e Docente na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, São Paulo, Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Jorge Correa, 815 – Jardim Nova Iorque – Araçatuba – São Paulo – CEP: 16018-480 – Brasil – Telefone (18) 98800 – 0954 – e-mail: jemaiko@hotmail.com.

RESUMO

O crescimento populacional tem estimulado a expansão dos serviços de potabilização de água, o que acarreta aumento na produção de lodo nas estações de tratamento de água (LETA). Devido às suas propriedades físico-químicas, o descarte sem tratamento desse resíduo é prejudicial ao meio ambiente. No Brasil, a prática comum na maioria das estações de tratamento de água (ETA) é o lançamento in natura de LETAs em corpos d'água ou a disposição em aterros sanitários, acarretando em problemas ambientais e econômicos. A mudança do cenário atual de destinação dos lodos de ETAs, no país, é uma obrigatoriedade legal e a busca por oportunidades de uso benéfico desse material contribui para a incorporação do princípio da economia circular. O objetivo desse trabalho foi identificar o que há de estudo científico em relação a incorporação do lodo de ETA úmido ou calcinado na fabricação de concretos convencionais ou estruturais. Observou-se que trabalhos relacionados ao uso da LETA de alumínio ou de ferro como substituto do agregado miúdo são limitados, por isso, há necessidade de aprofundamento das pesquisas no seu comportamento na produção de concreto como um método de destinação sustentável. Essa aplicação tem potencial de viabilizar a redução da exploração de areia natural.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de ETA, Concreto, Impacto ambiental.

INTRODUÇÃO

Devido ao desenvolvimento dos centros urbanos e a maior busca por qualidade de vida, a demanda por água potável tem aumentado nas últimas décadas (ALZOUBI *et al.*, 2021). Por outro lado, a falta e/ou inexistência de políticas públicas de gestão dos recursos hídricos bem como de consciência ambiental das pessoas têm levado ao declínio a qualidade da água bruta. A potabilização de águas poluídas demanda o uso de maiores concentrações de produtos químicos, o que aumenta a quantidade de resíduos gerados por estações de tratamento de água (ETA), especialmente do LETA (AHMAD, AHMAD e ALAM, 2017).

A problemática tem sido evidenciada há muito tempo no país. Di Bernardo (2012) destacou que do total de cidades brasileiras, 37,7% (2.098) produzem lodo na ETA e cerca de 67,4% (1.415) despejavam esses resíduos em rios, geralmente sem nenhum tipo de tratamento. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), publicado em 2020, mostrou que, se levado em consideração os 1.094 municípios declarantes ao SNIS, com ano-base 2015, correspondente a uma população urbana de 124.960.992 habitantes, mais de 78 milhões de toneladas de lodo proveniente de ETAs foram gerados naquele ano no país (SNIS, 2017). Apesar de ser considerado alto, esse valor ainda não retrata a quantidade total de geração de LETAs no Brasil (BRASIL, 2020).

A ETA é responsável por processar a água bruta e disponibilizá-la para consumo humano. O processo tradicional de potabilização de águas é dividido em várias etapas, nos quais são realizados o controle da dosagem dos produtos químicos e o monitoramento dos padrões de qualidade (SABESP, 2021). No Brasil aproximadamente 7.500 ETAs são do tipo convencional que após realizarem a remoção de sólidos grosseiros das águas aduzidas, em geral por gradeamento e desarenadores, realizam as etapas unitárias de: coagulação, floculação, decantação e filtração, antes de realizar a desinfecção e correção do pH (BOSCOV *et al.*, 2021). A geração de LETAs em geral ocorre nas etapas de decantação e de filtração e, no país, normalmente esses lodos são encaminhados aos corpos hídricos mais próximos, alterando as características do corpo receptor (TAFAREL *et al.*, 2016).

De acordo com a Norma Brasileira NBR 10.004 (ABNT, 2004), o lodo de ETA é classificado como “resíduo sólido” e, portanto, deve ser tratado e descartado de acordo com as exigências dos órgãos reguladores. Metais pesados também podem estar presentes nos LETAs e esse fato pode aumentar o impacto no meio ambiente se o resíduo for descartado de forma inadequada (DAHOU *et al.*, 2017). Devido às suas propriedades físico-químicas, o descarte de LETA não tratado é prejudicial ao meio ambiente e pode causar toxicidade aos organismos aquáticos, alterações biológicas, assoreamento, etc. (BUSELATTO *et al.*, 2019).

Os LETAs devem ser analisados e caracterizados frequentemente, devido às suas características e diferentes composições, para possibilitar a adoção do melhor processo para seu uso benéfico e descarte. Estes resíduos contêm em sua composição uma elevada percentagem de componentes inorgânicos, principalmente hidróxidos de alumínio e ferro (CREMADES; CUSIDÓ; ARTEAGA, 2018), que normalmente são decorrentes da utilização de coagulantes no processo de tratamento.

O reaproveitamento de resíduos, como matéria-prima na indústria da construção civil, pode contribuir não apenas para minimizar os impactos ambientais da disposição dos resíduos, mas para a redução da extração de matérias primas naturais não renováveis comumente empregadas nesse setor (HOPPEN, 2004). É difícil identificar a produção mundial de lodo e descarte em aterros sanitários, essas informações sobre estatísticas de produção de lodo, custos de descarte e reciclagem são limitados mesmo em trabalhos recentes (AHMED; MUHAMMAD; IBRAHIM, 2022).

A utilização benéfica de lodos de ETA na indústria da construção civil pode ser considerada uma oportunidade para aumentar a receita das empresas de saneamento, mas deve ser considerada, principalmente, como uma oportunidade de reduzir custos e impactos ambientais associados à destinação atual desses resíduos (ALZOUBI *et al.*, 2021). Com a finalidade de minimizar o impacto ambiental gerado pelo descarte incorreto dos LETAs, diversas pesquisas vêm sendo realizadas para encontrar novas maneiras de utilização benéfica desses resíduos.

OBJETIVO

Objetivo Geral

Identificar o que há de estudo científico em relação a incorporação do lodo de ETA úmido ou calcinado na fabricação de concretos convencionais ou estruturais.

Objetivos Específicos

Realizar revisão sistemática utilizando o método Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analysis (PRISMA);

Verificar os tipos de coagulantes utilizados nas pesquisas;

Observar os resultados dos ensaios de viabilidade técnica;

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada por meio de revisão sistemática, tendo como base o método PRISMA, que são baseadas em perguntas objetivas, utilizando-se de métodos sistematizados para que seja possível identificar, filtrar e avaliar pesquisas relevantes de forma crítica, com foco literatura acadêmica (De Lima et al., 2019). Sendo assim, o esquema metodológico foi estruturado de acordo com as etapas abaixo:

Escolha das bases de dados utilizados para a pesquisa (Scopus e Web of Science).

Definição das palavras chaves que utilizadas nas buscas, sendo realizadas simulações de buscas para encontrar trabalhos relacionados com o tema da proposta da pesquisa, chegando assim nas palavras chaves: sludge, cement composite, mortor, concrete, drinking water e water treatment.

Delimitação das publicações: sendo selecionados para análise todos os trabalhos publicados nas bases de dados.

Leitura dos títulos dos estudos para que sejam excluídos os trabalhos que não tenham qualquer relação com os pontos de relevância deste objeto de estudo conforme Figura 1.

Leitura dos resumos dos trabalhos remanescentes da etapa anterior com objetivo de filtrar apenas os estudos referentes a utilização de LETAs no concreto.

Leitura completa dos trabalhos remanescentes, com objetivo de selecionar os trabalhos que tiveram como objeto de pesquisa a substituição da areia por LETA na confecção de concreto.

Figura 1- Esquema metodológico para seleção de trabalhos.



Fonte: Sistematização realizada pelo autor, 2023.

Para discorrer sobre a viabilidade técnica da reutilização do lodo de estação de tratamento de água (LETAs) foram observados os resultados na revisão bibliográfica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pesquisa nos bancos de dados

A incorporação de LETAs para a produção de concreto vem sendo estudada por diversos pesquisadores no mundo. Para evidenciar os caminhos já traçados pelas pesquisas e os GAPs existentes foram compilados os artigos relacionados à temática, disponíveis nas plataformas Scopus e Web of Science, sendo descartados os trabalhos duplicados e que não tem relação com o objeto de estudo do trabalho (concreto), foi selecionado para análise de viabilidade técnica os trabalhos mostrados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1- Pesquisas sobre incorporação de LETAs para a confecção de concreto.

Referências	Material Substituído	% Subst.	Tipo de lodo	Tratamento do LETA
Kaish et al 2021	Areia	5 - 15	Alumínio	Secagem 300°C
Tafarel et al 2016	Areia	5 - 10	Alumínio	Nada consta
Buselatto et al 2019	Areia	2,5 - 10	Alumínio	Secagem 600°C
Alzoubi et al 2021	Areia	5 - 20	Ferro	Secagem 800°C
Portella et al 2006	Areia	3 - 10	Alumínio	Nada consta
Ahmed et al 2022	Cimento	5 - 20	Alumínio	Secagem 100°C
Lima e Zulanas 2016	Incorporado	0 - 5	Alumínio	Nada consta
Sales e Souza 2016	Areia	1 - 5	Alumínio	Secagem 100°C
Godoy et al 2019	Cimento	-	Alumínio	Secagem 800°C
Kaish et al 2018	Cimento	5 - 25	Alumínio	Secagem 750°C
Zamora et al 2008	Incorporado	0 - 100	Alumínio	Nada consta
Fernandez et al 2018	Cimento	2,5 - 7,5	Alumínio	Nada consta

Fonte: Sistematização realizada pelo autor, 2023.

Em função dos resultados mostrados na Tabela 1 é possível verificar que não há estudos utilizando LETAs que utilizem diferentes tipos de coagulantes, para avaliação dos seus efeitos. Também se verifica que dentro de cada estudo os autores só trabalham com o lodo úmido ou lodo calcinado e que o efeito dessa condição não foi comparado. Outrossim, a grande maioria dos estudos se restringe a análise da viabilidade técnica da aplicação. As análises estatísticas dos resultados das pesquisas também são escassas e, por fim, cabe destacar que até o presente momento não foram encontrados estudos que realizaram alguma análise comparativa em relação aos custos da incorporação de LETAs em concreto.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Viabilidade técnica

Estudos mostram que há viabilidade técnica de uso dos LETAs para a fabricação de produtos cerâmicos (KIZINIEVIC, O; KIZINIEVIC, V, 2017). O lodo de ETA também pode ser uma alternativa ao emprego da argila na fabricação de tijolos (GASTALDINI *et al.*, 2015), na remediação de solos degradados (ALVARENGA *et al.*, 2018), além de diversas outras aplicações para obras civis, como o uso em base e sub-base de pavimentos (FIORE *et al.*, 2022).

No trabalho realizado por KAISH, *et al.*, (2018) verificou-se que a adição de lodo na produção de cimento, em teores inferiores a 10%, melhorou os parâmetros relacionados a resistência à compressão do produto final, porém quando utilizado percentagens superiores a 10% houve uma perda na resistência mecânica. Esse percentual de substituição é pequeno se comparado com a enorme quantidade de resíduos gerados nas ETAs. Para que o lodo de alumínio fosse utilizado como substituto do cimento, o mesmo foi submetido a tratamento térmico com o emprego de alta temperatura para ativação de sua reação pozolânica com o cimento. O tratamento térmico realizado possui potencial para poluir o meio ambiente pela emissão de CO₂ e de elementos tóxicos presentes em sua composição (KAISH *et al.*, 2021). Tal fato evidencia a necessidade de que sejam estudados procedimentos alternativos para o emprego deste material em vez de descartá-los no meio ambiente (KAISH, *et al.*, 2021).

Já Brehm *et al.*, (2013) e Gastaldini *et al.*, (2015) concluíram ser possível utilizar o lodo de ETA na confecção de materiais de construção civil, já que a caracterização ambiental dos resíduos de materiais de cerâmica vermelha e dos produzidos à base de cimento Portland com incorporação de lodo, não tiveram alterações significativa em relação aos produtos de referência.

Sales e Souza (2009) mostraram que a adição conjunta de LETA e de agregados reciclados pode oferecer uma alternativa de reciclagem que é viável quanto à resistência à compressão axial e a absorção de água. Kaosol (2008) explorou a viabilidade de emprego de LETA como material substituto para o agregado miúdo na produção de blocos de concreto. Após avaliação de diferentes proporções de mistura foi verificado que duas porcentagens diferentes, 10 e 20%, obtiveram os melhores resultados quanto a resistência mecânica em blocos não estruturais. Por outro lado, Fadanelli *et al.*, (2010) relataram que a utilização do lodo de ETA à mistura solo-cimento reduziu a qualidade do conjunto, aumentando o índice de retração, afetando sua durabilidade. Portanto, em caso de eventual uso, devido à variabilidade de composição química dos lodos produzidos, os autores recomendam a caracterização cuidadosa do material.

Ramirez (2015) reportou um significativo aumento na taxa de absorção de água quando adicionado LETA calcinada em diversas proporções, sendo mantida uma mesma relação de água e cimento (a/c). Resultados semelhantes foram verificados por Tafarel *et al.*, (2016) que reportaram um incremento de 12% e 32% na absorção d'água por imersão para teores de 5% e 10% de incorporação de LETA, respectivamente.

Utilização do Lodo de ETA na Construção Civil

O setor da construção tem potencial para ser uma opção favorável ao uso benéfico dos LETAs, pois consome grandes quantidades de materiais todos os anos. Para que isso se torne possível, há necessidade de mais pesquisas experimentais que determinem as condições de uso desses resíduos como substituto de materiais naturais em certos materiais para a construção civil (AHMAD; AHMAD; ALAM, 2017).

Hegazy *et al.*, (2012) relatam que a composição química do lodo de estação de tratamento de água é extremamente próxima à do tijolo de barro, mas seriam necessárias temperaturas de sinterização mais elevadas para misturas com lodo devido ao conteúdo de sílica e alumina. Kizinievic *et al.*, (2013) em trabalho de incorporação de LETA em peças cerâmicas verificou que a adição de 5% de lodo aumenta a densidade do corpo cerâmico de 5% a 14%, a resistência à compressão de 36% a 50%, reduz a absorção de água de 33% a 60%, e a porosidade de 19-45%. Com

adição de 40%, diminui-se a densidade de 10% a 22%, a resistência à compressão de 43% a 49%, aumenta-se a absorção de água de 70% a 100% e a porosidade em cerca de 55%.

Em pesquisa realizada por Huang e Wang (2013), na qual foi empregado LETA em proporções de 0,5 a 15% em substituição de agregados leves na confecção de concreto, foi observado que as resistências à compressão e à tração das misturas de concreto superaram os requisitos mínimos normativos, confirmando a viabilidade do uso de LETA para produzir concreto com agregado leve.

Disposição de LETAs

Muitas cidades modernas não permitem a disposição de LETAs em aterros, seja por causa da dificuldade em encontrar aterros sanitários ou pelos custos de operação dos aterros serem elevados, além do surgimento de legislações ambientais mais rigorosas que estão incentivando a busca de alternativas sustentáveis para a destinação final do lodo (AHMAD *et al.*, 2017). No entanto, no Brasil, as melhores práticas de destinação final associada a esses resíduos é a disposição em aterros sanitários (FIORE *et al.*, 2022). Tendo em vista os resultados encontrados por diversos pesquisadores que apontam para a viabilidade de reintrodução dos LETAs em produção de materiais para a construção civil e a necessidade de mudança do cenário de poluição ambiental vigente no Brasil, a busca por alternativas ambientalmente viáveis para se justifica, desde que sejam encontradas opções com viabilidade técnica, ambientalmente benéficas e aceitáveis do ponto de vista econômico para países em desenvolvimento.

CONCLUSÃO

Estudos relacionados ao uso da LETA de alumínio ou de ferro como substituto do agregado miúdo são limitados, por isso, há necessidade de aprofundamento das pesquisas de seu comportamento na produção de concreto como um método de destinação sustentável. Essa aplicação tem potencial de viabilizar a redução da exploração de areia natural em rios, que é um recurso finito e cuja exploração possui elevado potencial poluidor, tais como: o aumento da profundidade do leito do rio, destruição do dique do rio, erosão, perturbação da vida aquática e o rebaixamento do lençol freático.

Considerando a grande geração de lodos provenientes de ETAs e o grande consumo de concreto estrutural nas obras de construção civil no Brasil, a realização dessa pesquisa poderá oportunizar o caminho para estudos com intuito de uso benéfico de significativos volumes de lodos, que atualmente vem sendo dispostos como rejeitos ou lançados in natura nos cursos d'água configurando crime ambiental. Para além das transformações mercadológicas potenciais do produto, tal uso oportunizará a incorporação do conceito de economia circular nos territórios de aplicação.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Classificação de Resíduos Sólidos. NBR 10004. Rio de Janeiro, 2004.

2. AHMAD, T., K. AHMAD, and M. ALAM. 2017. "Sludge Quantification at Water Treatment Plant and Its Management Scenario." *Environmental Monitoring and Assessment* 189 (9): 453. 2017.

3. AHMED, F. R.; MUHAMMAD, M.A.; IBRAHIM, R.K. Effect of alum sludge on concrete strength and two way shear capacity of flat slabs. *Structures*, Vol. 40, June 2022, Pages 991-1001. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.04.086>. 2022.
4. ALVARENGA, P., FERREIRA, C., MOURINHA, C., PALMA, P., DE VARENNES, A.. Chemical and ecotoxicological effects of the use of drinking-water treatment residuals for the remediation of soils degraded by mining activities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161, pp. 281-289. 2018.
5. ALZOUBI, A. E. et al. The potential of using water purification wastes as fine aggregates in concrete mixes: an initial study. *Australian Journal of Civil Engineering*, Vol. 19, n°02, 2021, Pages 148-154. <https://doi.org/10.1080/14488353.2020.1835148>.
6. BOSCOV, M. E. G., TSUGAWA, J. K., & MONTALVAN, E. L. T. (2021). Beneficial use of water treatment sludge in geotechnical applications as a sustainable alternative to preserve natural soils. *Sustainability (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/su13179848>.
7. BRASIL (2020). Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental – SQA. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. 2020. Brasília: SQA/MMA, 2020.
8. BREHM, F. A. KULAKOWSKI, M. P. EVALDT, D. C. MORAES, C. A. M. PAMPANELLI, A. B. Análise da estabilização por solidificação de lodo de fosfatização em matrizes de cimento Portland e de cerâmica vermelha para a utilização na construção civil. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 15-27, abr./jun. 2013.
9. BUSELATTO, M. D. et al. Incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) como agregado miúdo em concretos: avaliação das propriedades físico-mecânicas. *Revista Matéria*, ISSN 1517-7076 artigo e-12270, 2019.
10. CREMADES, L. V.; CUSIDÓ, J. A.; ARTEAGA, F.. Recycling of sludge from drinking water treatment as ceramic material for the manufacture of tiles. *Journal of Cleaner Production*. Volume 201, Pages 1071-1080. 10 November 2018.

11. DAHOU, M. et al. Drinking water sludge of the Moroccan capital: Statistical analysis of its environmental aspects. *Journal of Taibah University for science*, 2017
12. DE LIMA, A. C. D. DA CUNHA, D. A., ALBUQUERQUE, R. C. COSTA, R. N. A., & DA SILVA, H. J. (2019). Sensory changes in mouth breathers: Systematic review based on the prisma method. *Revista Paulista de Pediatria*, 37(1), 97–103. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/2019;37;1;00012>.
13. DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. Luiz Di Bernardo, Angela Di Bernardo Dantas, Paulo Eduardo Nogueira Voltan. São Carlos, LDiBe, 2012.
14. FADANELLI, L. WIECHETECK, G. K. Estudo Da Utilização Do Lodo De Estação De Tratamento De Água Em Solo Cimento Para Pavimentação Rodoviária. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 2, no. 2, Ago, 2010.
15. FERNANDEZ, L.P., MIKOWSKI, P.C.B., et al., — Avaliação da incorporação do lodo de Estação de Tratamento de Água em peças de concreto intertravado, *Revista Matéria* v. 23, n.3 pp., 2018.
16. FIORE, F.A., RODGHER, S., KOGA-ITO, C.Y., BARDINI, V.S.S., KLINSKY, L. M. G. (2022). Water sludge reuse as a geotechnical component in road construction: Experimental study. In *Bioresource Technology Reports*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100512>.
17. GASTALDINI, A.L.G., HENGEN, M.F., GASTALDINI, M.C.C., et al., —The use of water treatment plant sludge ash as a mineral addition, *Construction and building materials*, v. 94, n. pp. 513-520, 2015.
18. GODOY, L.G.G.; ROHDEN, A.B., et al., — Valorization of water treatment sludge waste by application as supplementary cementitious material. *Construction and building materials*, v. 223, n. pp. 939-950, 2019.
19. HEGAZY, B. E. E. FOUAD, H. A. HASSANAIN, A. M. Incorporation of water sludge, silica fume, and rice husk ash in brick making. In *Advances in Environmental Research*. Vol. 1, No. 1, Pages 83-96, 2012.

20. HELENE, P. ANDRADE, T. *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. Ed. G. C. Isaia - São Paulo: IBRACON, 2007.
21. HOPPEN, C.; *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Paraná, Brasil, 2004.
22. HUANG, C. H. WANG, S. Y. Application of water treatment sludge in the manufacturing of lightweight aggregate. In *Construction and Building Materials*. Volume 43, Pages 174–183, June 2013.
23. KAISH A.B.M.A, K.M. BREESEM, M.M. ABOOD, Influence of pre-treated alum sludge on properties of high-strength self-compacting concrete, *J. Clean. Prod.* 202 (2018) 1085–1096.
24. KAISH, A. B. M. A. et al. Properties of concrete incorporating alum sludge in diferente conditions as partial replacement of fine aggregate. *Construction and Building Materials*, 284 (2021) 122669.
25. KAOSOL, T. “Reuse Water Treatment Sludge for Hollow Concrete Block Manufacture.”. *International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being*, pp.: 23-24. 2008.
26. KIZINIEVIC, O.; KIZINIEVIC, V. Utilisation of drinking water treatment sludge for the manufacturing of ceramic products. *3rd International Conference on Innovative Materials, Structures and Technologies (IMST)* Local: Riga, LATVIA Data: SEP 27-29, 2017, Vol. 251 (UNSP 012018), 2017.
27. KIZINIEVIC, O. ZURASKIENE, R. KIZINIEVIC, V. ZURASKAS, R. Utilisation of sludge waste from water treatment for ceramic products. In *Construction and Building Materials*. Volume 41, Pages 464–473, April 2013.
28. LIMA, D. A; ZULANAS, C. Use of contaminated sludge in concrete. *Procedia Eng.*, 145 (2016), pp. 1201-1208.

29. PORTELLA, F.K. JOUKOSKI, A. TRINDADE. E.M. uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental, *Quim. Nova*, Vol. 29, No. 1, 79-84, 2006.

30. RAMIREZ, K.G., Viabilidade de aproveitamento de resíduo de estação de tratamento de água (eta) na confecção de concretos. Dissertação de M.Sc., UTFPR, medianeira, 2015. SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2021. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>> Acesso em 20 de janeiro de 2023.

31. SALES, A. SOUZA, F. R. Concretes and mortars recycled with water treatment sludge and construction and demolition rubble. In *Construction and Building Materials*. Volume 23, Issue 6, Pages 2362–2370, June 2009.

32. TAFAREL, N. F.; MACIOSKI, G., CARVALHO, K. Q.; NAGALLI, A. F.; DAIANE C.; PASSIG, F. H. Avaliação das propriedades do concreto devido à incorporação de lodo de estação de tratamento de água. *Matéria* (Rio de Janeiro), volume 21. n 4, p 974-986, dez, 2016.