

INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM CONCRETOS E ARGAMASSAS

Vivianne Machado da Costa ¹
Daniel Costa da Silva ²
Max Willian Costa Lyra ³

INTRODUÇÃO

Com a finalidade de adequar a água aos padrões de potabilidade nas estações de tratamento de água (ETA), a matéria-prima (água bruta) é submetida a uma série de processos físico-químicos e, como na maior parte dos processos industriais, gera-se resíduo, nesse caso, um lodo, material este que será objeto do nosso estudo.

Uma ETA convencional produz cerca de 100.000 toneladas de lodo anualmente. A qualidade da água bruta e o processo de tratamento são os principais fatores para determinar a quantidade e qualidade do lodo produzido. Assim, qualquer mudança na qualidade da água natural, mudança sazonal, bem como a dosagem dos coagulantes usados no sistema de tratamento, irá alterar o resíduo gerado (AHMAD *et al.*, 2016).

Lodos de ETA são classificados como resíduos sólidos, por isso necessitam de destinação final ambientalmente adequada que, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Art. 3º da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, “inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético [...]” (BRASIL, 2010). E um grande desafio ambiental para o tratamento de água é o descarte de lodo excessivo produzido no processo. No Brasil, esse tipo de resíduo tem sido frequentemente lançado em cursos d’água. As ETAs do Brasil quando tratam seus lodos é para viabilizar seu transporte e disposição em aterros e não como material para ser reutilizado (SANTOS *et al.*, 2018).

Diante deste cenário, a incorporação do lodo em concretos ou argamassas, pode ser uma solução para disposição e para a redução do descarte inadequado dos resíduos gerados nas ETAs. Com isto, o objetivo deste trabalho é realizar levantamento na literatura existente

¹ Mestranda do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, vivianemachadoc@gmail.com;

² Mestrando pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, daniel.costa.silva@hotmail.com;

³ Mestrando do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, max.wcl@hotmail.com;

de processos desenvolvidos para o reaproveitamento do lodo de Estações de Tratamento de Água com uso direto na construção civil, com o propósito de verificar se é pertinente a aplicabilidade deste resíduo neste tipo de indústria.

METODOLOGIA

O presente artigo tem como propósito fazer um levantamento bibliográfico, e assim verificar as possíveis alternativas já estudadas para o aproveitamento do lodo gerado na estação de tratamento de água (ETA) na indústria da construção civil.

Para isto, este estudo teve uma abordagem qualitativa, baseando-se em informações retiradas de artigos, publicações em periódicos e teses, buscando encontrar na literatura dados e informações que expliquem a importância do conhecimento e da utilização deste resíduo, assim possibilitando novas formas de uso.

REFERENCIAL TEÓRICO

O lodo de ETA é constituído de resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos provenientes da água bruta, tais como: algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, areias, argila, ferro e outros. Faz parte também da composição dos lodos o hidróxido de alumínio, em grande quantidade, proveniente da adição de produtos químicos e em alguns casos polímeros condicionantes utilizados no processo (GRANDIN *et al.*, 1993).

Esse tipo de subproduto necessita de beneficiamento prévio à utilização. Sendo assim, para tornar o lodo de ETA em uma matéria-prima apropriada, normalmente submete-se o mesmo a procedimentos como secagem, moagem e calcinação.

Devido às semelhanças químicas e mineralógicas entre lodos de ETA e certas argilas caulínicas, os parâmetros adotados na calcinação são definidos de acordo com a literatura referente a esses minerais. Estudos evidenciaram que a temperatura ideal para a calcinação de materiais argilosos está situada entre 600 e 850 °C (RASHAD, 2013).

Quanto à composição química, os principais constituintes verificados em lodos de ETA são os óxidos de silício (Si), alumínio (Al) e ferro (Fe). Há uma significativa variação da composição química do lodo. Conforme estudos, a composição química dos lodos antes e após a calcinação são variáveis devido ao tipo de coagulante, o mês e a região de coleta, além do manancial que pode apresentar variações sazonais de turbidez.

A granulometria desse resíduo é condizente com as características sedimentológicas do manancial que o influenciou. Pela norma brasileira NBR 6502 (1995), os solos são definidos, de acordo com sua granulometria como: argilas, quando apresentam dimensões menores que 0,002 mm; como siltes, quando suas partículas exibem diâmetros entre 0,002 mm e 0,06 mm; e como areias, quando suas partículas possuem diâmetros compreendidos entre 0,06 mm e 2,0 mm. Sendo assim, variam entre 2 e 2000 micrômetros (μm). As curvas granulométricas dos lodos, antes e após a calcinação correspondem basicamente a siltes e argilas.

Como argila e o lodo têm uma composição mineralógica semelhante, o uso deste resíduo foi altamente encorajado a substituir parcialmente a argila usada para fabricação de cimento que é utilizado em concretos e argamassas (CREMADES *et al.*, 2018). O lodo caracteriza-se como uma argila com alta plasticidade, alta compressibilidade e muito baixa permeabilidade, que normalmente são atribuídas à alta afinidade do coagulante de metal da água e o alto teor de partículas orgânicas. Estas características do lodo natural e não tratado, tornam às vezes inapropriado para aplicações em materiais de construção, como agregados e elementos estruturais (KEELEY *et al.*, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pan *et al.* (2004), avaliou a substituição da argila utilizada na produção de clínquer de cimento Portland pelo lodo. O cimento contendo lodo como um substituto de argila, apresentou resultados adequados quanto ao tempo de pega. A resistência à compressão do concreto foi aumentada conforme o lodo foi incorporado. Os resultados em relação à resistência à compressão e microestrutura da pasta de cimento mostrou que a substituição em até 20% desses materiais é viável para a fabricação de cimento de clínquer.

A produção de cimento com adição parcial de lodo mostra ser potencialmente viável. Contudo, devido à falta de microestrutura e testes de durabilidade de longo prazo em concreto com este resíduo e a presença de algumas substâncias no lodo, como cloreto e íons sulfato, que são potencialmente danosos para o concreto, é claro como o uso deste resíduo afetará a microestrutura e o desempenho a longo prazo do concreto.

Foi avaliada também a substituição parcial da areia por lodo úmido à base de Al em misturas de concreto. Quatro composições de concreto substituindo a areia pelo lodo foram preparadas com substituições de 3%, 5%, 7% e 10% com base no peso do agregado fino. A

quantidade de água em cada mistura foi adequada em relação ao peso e teor de umidade do lodo.

Os resultados indicaram que 10% do lodo no concreto é um conteúdo limitante para sua aplicação prática, primeiro devido à baixa trabalhabilidade, bem como baixa resistência mecânica, sendo menor que 15 MPa. As substituições de 4-8% de areia por lodo úmido no concreto resultou em resistência à compressão sendo superior a 27 MPa em 28 dias (GOMES *et al.*, 2019).

Tafarel *et al.* (2016), também substituiu parcialmente a areia natural presente no concreto por uma lama úmida à base de alumínio, em proporções de até 10% do peso seco da areia. Pelos resultados obtidos, apenas as amostras com 5% de substituição de lodo apresentaram desempenho satisfatório de resistência à compressão de 15,5 MPa aos 28 dias, e houve queda na resistência próxima de 11% quando comparada ao concreto de referência. A incorporação de 5% e 10% de lodo levou a um aumento da absorção de água em 12% e 32%, respectivamente.

As adições de lodo no concreto devem ser avaliadas quanto à durabilidade, principalmente porque o lodo é um subproduto da presença de matéria orgânica. Estudos mostram que a presença de 12-14% da matéria orgânica, influenciou a formação de etringita e retardo de hidratação, afetando a durabilidade do concreto a longo prazo.

Ao estudar adição de lodo ao concreto, Hoppen *et al.* (2005), relatou que adições de lodo acima de 5% causaram um aumento considerável de absorção de água, tornando o material menos durável e mais vulnerável a penetração de íons cloreto e sulfato. Os testes de durabilidade do concreto por envelhecimento acelerado em solução alcalina com 4% de lodo, apresentaram resultados de potencial corrosão semelhantes ao concreto de referência. No entanto, os espécimes com 8% de lodo apresentaram uma tendência de corrosão potencial com 90% de probabilidade de ocorrência, mas sem rachaduras ou outros defeitos na superfície do concreto.

Este tipo de resíduo, na maioria das vezes, causou efeitos adversos à estrutura dos materiais aos quais fora incorporado. Tais efeitos estão associados, sobretudo, à elevada umidade e matéria orgânica, tipicamente presentes em lodos de ETA.

Com base na literatura apresentada, a substituição da areia natural para a produção de concretos estruturais e não estruturais, diversos estudos mostraram que é viável. A substituição do agregado fino em até 5% em concretos e argamassas, levaram a uma redução relativamente pequena na resistência à compressão (menos de 20%) em comparação com concreto sem o resíduo. Assim, 5% de substituição de agregado fino é um valor crítico que

pode ser considerado seguro para aplicação de lodo em concretos e argamassas de acordo com os normas brasileiras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, o lodo tem algumas características únicas para permitir sua incorporação em materiais de construção. Os principais desafios na aplicação de lodos na construção civil, são devido a sua alta variação em termos das propriedades físico-químicos e conteúdo relativamente alto de matéria orgânica, que irá aumentar a porosidade e absorção de água, portanto, potencialmente afetando a integridade estrutural e o desempenho dos produtos.

Usado como uma substituição, o lodo de ETA pode economizar matérias-primas e energia, substituir a sua destinação final em aterros sanitários com a gestão de resíduos sólidos e contribuir para a produção sustentável de materiais de construção.

Portanto, o lodo gerado no processo de tratamento de água se devidamente beneficiado, pode ser inserido na cadeia produtiva da construção civil. No entanto, mais estudos precisam ser realizados para verificar a influência da adição de lodo na demanda de água, hidratação do cimento e durabilidade do concreto e/ou argamassa, avaliando o desempenho ao longo prazo dos materiais com a adição deste resíduo.

Assim, sugere-se que as possíveis aplicações para este tipo de concreto e/ou argamassa, deve ser em elementos não estruturais como contrapiso, blocos, paredes não resistentes, peças decorativas de concreto, calçadas, pisos residenciais, podendo ser utilizado também como substituto parcial de argilas na produção de materiais cerâmicos, substituto parcial de cimento Portland em pastas, argamassas e concretos.

Palavras-chave: Estação de tratamento de água (ETA), Lodo, Concreto, Argamassa.

REFERÊNCIAS

AHMAD, T. *et al.* Sustainable Management of Water Treatment Sludge Through 3, **Journal of Cleaner Production**, v. 124, pp. 1–13, 2016.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispendo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em agosto de 2021.

CREMADES, L.V., *et al.* Recycling of sludge from drinking water treatment as ceramic material for the manufacture of tiles, **J. Clean. Prod.**, pp. 1071-1080, 2018.

GOMES, S. *et al.* Progress in Manufacture and Properties of Construction Materials Incorporating Water Treatment Sludge: A Review, Resources, **Conservation & Recycling**, v. 145, pp. 148-159, 2019.

GRANDIN, S. *et al.* Desidratação de Lodos Produzidos em Estações de Tratamento de Água. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17., Natal. Anais... Natal: **ABES**, 1993. v. 2, p. 324-341, 1993.

HOPPEN, C. *et al.* Co-disposição de Lodo Centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em Matriz de Concreto: Método Alternativo de Preservação Ambiental, **Revista Cerâmica**, vol. 51, p. 85-94, 2005.

KEELEY, J. *et al.* Coagulant recovery from water treatment residuals: a review of applicable technologies, **Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.**, pp. 2675-2719, 2014.

NBR 6502, **ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Rochas e solos – Terminologia, Rio de Janeiro, 1995.

PAN, J. *et al.* Reuse of Fresh Water Sludge in Cement Making, **Water Sci. Technol.**, v. 50, pp. 183-188, 2004.

RASHAD, A. Metakaolin as Cementitious Material: History, Scours, Production and Composition – A Comprehensive Overview, **Construction and Building Materials**, v. 41, pp. 303-318, 2013.

SANTOS, G. *et al.* Perspectivas de Aplicações Tecnológicas de Lodo Gerado no Processo de Tratamento de Água dos Rios Negro e Solimões, **Revista Matéria**, vol. 23, n. 03, 2018.

TAFAREL, N.F. *et al.* Avaliação das propriedades do concreto devido à incorporação de lodo de estação de tratamento de água, **Matéria**, p. 974-986, Rio de Janeiro, 2016.