

ALTERNATIVAS PARA A UTILIZAÇÃO DE LODO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) COMO AGREGADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

MACIEL, Patricia Rocha; MACHADO, Lygia Ravanelli

patricia.rocha.maciel@gmail.com

Centro de Pós Graduação Oswaldo Cruz

Resumo: As Estações de Tratamento de Água geram resíduos conhecidos como lodo, que apresenta substâncias prejudiciais ao meio ambiente. Com o crescimento populacional, houve aumento na necessidade de abastecimento de água, aumentando também a quantidade de lodo produzido. Grande parte dos países desenvolvidos adequaram seus sistemas para gerenciar os resíduos produzidos no processo de tratamento de água, principalmente em países em desenvolvimento. Esta atividade acarreta impactos ambientais significativos que têm levado os órgãos ambientais a exigirem das operadoras a implantação de alternativas de disposição desse resíduo. Diferentes técnicas para a disposição final dos resíduos têm sido desenvolvidas como alternativa de minimizar a degradação das águas. O objetivo do trabalho foi de realizar o levantamento na literatura existente de processos desenvolvidos para o reaproveitamento do lodo de Estações de Tratamento de Água com uso direto na construção civil. Vários estudos foram realizados e o lodo pode ser utilizado na fabricação de concreto não estrutural, tijolos e cerâmica vermelha. Antes da utilização é necessário realizar caracterização química do lodo, pois pode variar de acordo com a qualidade da água bruta e dos produtos que são utilizados no seu tratamento. Há redução no consumo de matérias primas naturais, como areia, brita e cimento. A redução destes materiais minimizam o impacto ambiental pela diminuição da extração dos minérios e argila nas jazidas e pela redução do lodo lançado em rios e córregos.

Palavras-chave: Lodo, Estação de Tratamento de Água, Destinação, Construção Civil

Abstract: Water Treatment Plant generate waste known as sludge, which has substances harmful to the environment. With population growth, the need for increased water supply, also increasing the amount of sludge produced. Much of the developed countries have adapted their systems to manage the waste produced in the process of water treatment, especially in developing countries. This activity carries significant environmental impacts that have led to environmental agencies require operators deploying alternative residue disposal. Different techniques for the final disposal of waste have been developed as an alternative to minimize the degradation of the waters. The objective of this study was to survey the existing literature of processes developed for the reuse of sludge treatment plants with water for direct use in construction. Several studies were conducted and the sludge can be used to make non-structural concrete, brick and red tile. Before use it is necessary to perform chemical characterization of the sludge, since it can vary according to the quality of raw water and the products which are used in their treatment. There is a reduction in the consumption of natural raw materials such as sand, gravel and cement. The reduction of these materials minimize environmental impact by reducing the extraction of ores and clay deposits and the reduction in the sludge discharged into rivers and streams.

Keywords: Sludge, Water Treatment Plant, Allocation, Construction

1 INTRODUÇÃO

Em 1829 foi construída em Londres a primeira Estação de Tratamento de Água (ETA) com a função de coar a água do rio Tâmis em filtros de areia. Era uma forma de combater as doenças que surgiam devido a falta de saneamento básico.

O saneamento do meio é uma das formas de contribuir para a manutenção da natureza. O saneamento básico é parte integrante do saneamento do meio e seu objetivo é controlar os fatores que afetam o ambiente físico, trazem prejuízos a saúde e reduzem a marcha do desenvolvimento da comunidade. Entre suas funções está a de garantir o abastecimento de água potável suficiente e adequada para o consumo humano (CARVALHO, OLIVEIRA, 2003). Além de suprir as condições sanitárias e higiênicas, o saneamento básico deve considerar a conservação dos recursos hídricos.

As Estações de Tratamento de água geram resíduos conhecidos como lodo de ETA, que apresenta substâncias prejudiciais ao meio ambiente. O potencial de contaminação do resíduo é devido aos componentes químicos que são adicionados durante o processo de tratamento e pela presença de impurezas removidas da água bruta. Com o crescimento populacional, houve aumento na necessidade de abastecimento de água, aumentando também a quantidade de lodo produzido pelas ETA's.

Grande parte dos países desenvolvidos adequaram seus sistemas para gerenciar os resíduos produzidos no processo de tratamento de água, mas, ainda há um grande número de estações que ainda lançam o material diretamente nos cursos d'água, principalmente em países em desenvolvimento. Esta atividade acarreta impactos ambientais significativos que têm levado os órgãos ambientais a exigirem das operadoras a implantação de alternativas de disposição desse resíduo (ANDREOLI, 2001).

O lodo produzido nas estações de tratamento de água normalmente são lançados diretamente nos corpos d'água causando impacto negativo ao meio ambiente. Diferentes técnicas para a disposição final dos resíduos têm sido desenvolvidas como alternativa de amenizar a degradação das águas.

Como forma de garantir a potabilidade das águas para abastecimento, as Estações de Tratamento de Água (ETA's) realizam os processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração, desinfecção, correção do pH e fluoretação (SOUZA, 2010). O resíduo conhecido como lodo de ETA é proveniente principalmente das fases de sedimentação e filtração (Silva, 2011). O lançamento do lodo diretamente nos corpos d'água pode introduzir toxicidade aos organismos aquáticos e comprometer a qualidade das águas e sedimentos destes ambientes, além de conterem metais como ferro, alumínio, manganês e outros metais pesados, apresentam altas concentrações de sólidos, turbidez e demanda química de oxigênio (DBO). Estes são fatores que podem causar a formação de bancos de lodo, assoreamento, alterações de cor, além de distúrbios na composição química e biológica do corpo receptor. (JANUÁRIO, 2005).

Na legislação do Estado de São Paulo o lodo de ETA é considerado resíduo industrial pela lei 12300/2006 e um resíduo sólido pela NBR 10.004/2004. Com leis cada vez mais restritivas o setor de saneamento ambiental precisa se preocupar não só com a qualidade da água potável produzida, mas, também com a água bruta, os produtos químicos utilizados no tratamento, com a otimização do processo produtivo e com a minimização, a reciclagem/reuso e disposição final dos resíduos gerados.

Segundo Roth (2008) apud Costa (2011), os custos para implantação de sistemas de tratamento de água podem variar de 30 a 40% do custo total de implantação do sistema de tratamento. O que justifica o esforço para disposição adequada, mesmo sabendo que os

referidos valores dependem de fatores como a maneira como se está dispondo os resíduos e da distância para o ponto de disposição.

Vários estudos foram realizados e entre as soluções propostas para minimizar os impactos causados pelo lodo das ETA's estão a destinação em aterro sanitário, uso em solos agrícolas, cultivo de grama comercial, reflorestamento, compostagem, fabricação de materiais cerâmicos, concreto, lançamento em Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). O objetivo deste trabalho é realizar levantamento na literatura existente de processos desenvolvidos para o reaproveitamento do lodo de Estações de Tratamento de Água (ETA's) com uso direto na construção civil.

2 DESENVOLVIMENTO

Hoje há uma tendência para o uso benéfico do lodo das Estações de Tratamento de Água, que deixou de ser considerado um “resíduo” para ser considerado um “produto”. Vários estudos vêm sendo realizados e todos devem ser analisados sob a ótica do melhor rendimento econômico e proteção ambiental.

É necessário um tratamento prévio do lodo antes de um possível aproveitamento em processos produtivos. Inicialmente é necessário realizar o método de adensamento, que consiste na produção de uma torta concentrada de sólidos. Pode ser feito por gravidade, flotação com ar dissolvido ou adensadores mecânicos por tela. Após o adensamento é realizada a desidratação do lodo, são as fases de drenagem, evaporação e transpiração, que dependem do clima, da permeabilidade do solo, das características do lodo, da profundidade da lagoa, da área superficial, entre outros (SILVA, 2011).

O uso do lodo de ETA como agregado na construção civil vem sendo estudado e novas técnicas sendo desenvolvidas. Em todos os casos é necessário considerar as características químicas do lodo que pode variar de acordo com a qualidade da água e os produtos utilizados no tratamento. Alguns exemplos de casos são apresentados a seguir:

2.1 Fabricação de cerâmica vermelha e tijolos

Andrade (2005) desenvolveu um estudo com o objetivo de verificar a incorporação máxima do lodo na argila normalmente utilizada na cerâmica, de modo a atender aos requisitos básicos de produto e do método de fabricação. A pesquisa foi realizada no polo da ETA Cubatão, que durante sete anos teve um monitoramento de suas características químicas. Considerando o uso do lodo na cerâmica vermelha, foram incluídos os seguintes parâmetros na caracterização: compostos orgânicos voláteis, cloretos e compostos organo-halogenados. Foi realizada análise mineralógica e geotécnica do lodo e ensaio de granulometria. Testaram a incorporação de lodo com argila na fabricação de bloco cerâmico nas proporções de 1:4 – 1:5 – 1:8 – 1:10. Foi possível concluir que a adição de 7% em massa de lodo não alterou significativamente as características de dimensões, esquadro e planeza, absorção de água e de resistência dos blocos. O lodo de ETA em termos de composição mineralógica, granulométrica e plasticidade pode substituir as misturas de argilas de jazida na cerâmica.

Na pesquisa desenvolvida por Silva (2011) usou cinzas de carvão geradas em usinas termelétricas e lodo gerado em Estação Tratamento de água como matéria-prima na produção de tijolos prensados. Foram coletadas amostras de cinzas leves de carvão (1,650 Kg), na Usina Termelétrica de Figueira no Paraná e amostras do lodo de ETA (~100 Kg) na Estação de Tratamento Terra Preta, no estado de São Paulo, administrada pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP). Realizaram-se ensaios para caracterização da cinza e do lodo. Os tijolos com as proporções mássicas cinza:lodo:solo:cimento de 8:20:60:12 atenderam aos requisitos mínimos quanto a compressão e a absorção de água constantes na

NBR 10836/94 (Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio), podendo ser recomendado para uso na construção. Esses tijolos foram classificados com classe II-não inerte.

Teixeira et al. (2006), avaliaram o efeito da incorporação de lodo de ETA do município de Presidente Prudente, SP, em massa cerâmica usada na produção de tijolos. Considerou os efeitos de dois flocculantes, sulfato de alumínio e cloreto férrico. Os resíduos obtidos em cada caso foram denominados: ETA-Al e ETA-Fe. Os lodos foram misturados com argila sedimentar, usada para produzir tijolo maciço. Prepararam-se corpos de prova (CPs) com quatro concentrações de lodo: 0, 10, 20 e 30% para cada tipo de lodo. Os CPs foram queimados em quatro temperaturas diferentes (900, 950, 1000 e 1200°C). Realizou-se ensaios tecnológicos de absorção de água, porosidade, massa específica aparente, perda de massa em diferentes temperaturas, retração linear, resistência mecânica à flexão. Os melhores resultados obtidos foram para a adição de 10% de lodo de ETA-Al e 20% de lodo de ETA-Fe para temperaturas de queima a partir de 950°C. Concluíram que as propriedades físicas e cerâmicas do lodo e da argila é que definem a possibilidade ou não de incorporação e a concentração de lodo para cada temperatura de queima.

Com o objetivo de estabelecer misturas que possibilitem a reutilização de lodo da ETA de Brumadinho, MG, Paixão (2005) incorporou-o em matriz de cerâmica vermelha para a indústria da construção civil. Utilizou diferentes teores de lodo de ETA: 0%, 2%, 5% e 10%, além disso foram feitas misturas de argila com 5% de lodo calcinado e 5% de lodo moído. Confeccionaram-se corpos de prova para a realização de ensaios tecnológicos. Os CPs foram submetidos a temperaturas de queima: 950°C, 1000°C e 1050°C. Concluiu-se que o lodo adicionado na matriz de massa de argila contribuiu para a redução de suas propriedades plásticas, as propriedades Físico-Mecânicas dos CPs confeccionados com a mistura do lodo são influenciadas pelas temperaturas de queima e que os valores de retração linear de secagem, de contração linear total e de contração linear após a queima, de tensão de ruptura a flexão (TRF), da perda ao fogo, estão dentro dos valores especificados para a fabricação de cerâmicas vermelhas na construção civil.

2.2 Utilização como agregado em argamassa e concreto

Em pesquisa realizada por Sales e Cordeiro (2001) foram utilizados os rejeitos do lodo de ETA's com os resíduos de construção civil para estudar formas de utilização como agregado em argamassa e concreto, podendo ser aplicados em concreto de contrapiso, argamassa de assentamento não estrutural e blocos de concreto não estrutural. Os experimentos foram realizados com resíduos resultantes de três estações, situadas nas cidades de São Carlos, Araraquara e Rio Claro, onde as vazões de lodo são aproximadas. O entulho foi coletado na região de São Carlos e separado em resíduos de material cerâmico (proveniente de restos de telhas, blocos e lajotas cerâmicas) e de material proveniente de argamassas e concretos endurecidos. O entulho foi moído, até atingir granulometria condizente com as aplicações propostas. Como agregado miúdo utilizou-se a areia de rio classificada como média, e para o agregado graúdo, a brita número 1 com dimensão máxima de 19 milímetros. Esses materiais foram misturados ao cimento Portland. Foram utilizados traços usuais às aplicações não estruturais de argamassas e concretos, sendo 1:3 e 1:2:3 em massa para argamassa e concreto, respectivamente. Foram realizados ensaios de resistência a compressão e à absorção conforme a normalização utilizada para argamassas e concretos, buscando-se comparar os valores obtidos com os valores de argamassas e concretos compostos de agregados naturais sem adições.

O melhor resultado em termo de resistência foi com a adição de 3% de lodo com agregado miúdo natural que possibilitou a obtenção de concretos com características mecânicas similares às do concreto usual. A substituição dos agregados naturais por reciclados de entulho de concreto permitiu um ganho de resistência significativo. Com isso é possível definir que é viável a utilização de resíduos sólidos de ETA's em conjunto com agregados reciclados de entulho em matrizes de argamassa e concreto em diversas aplicações na construção civil.

Hoppen, et al. (2006) avaliou a incorporação do lodo da ETA Passaúna, região metropolitana de Curitiba, in natura (centrifugado) na massa de concreto. Inicialmente realizou-se a caracterização do lodo, estudo de dosagens definindo-se quatro teores de lodo em relação ao peso seco da areia e escolha de três traços mais representativos e confeccionados corpos de prova para a realização de ensaios. Os resultados indicaram que 10% de lodo de ETA em concreto é um teor limitante para sua aplicabilidade prática, pelo abatimento do tronco cone nulo e baixa resistência mecânica a compressão, sendo inferior a 15 MPa. De 4% a 8% de lodo em relação ao peso seco da areia no concreto resultaram em valores de resistência superiores a 27 MPa, aos 28 dias. As aplicações mais viáveis são para concreto não-estrutural como: contrapiso, blocos e placas de vedação, peças decorativas em concreto, calçadas, pavimentos residenciais, entre outros.

Costa (2011) desenvolveu um estudo para utilizar o lodo proveniente da ETA Mirassol como agregado miúdo na confecção de concreto para recompor calçadas. Devido ao fato de a ETA Mirassol ainda não dispor de um plano de gerenciamento dos resíduos de seu tratamento, como metodologia de secagem das amostras de lodo, optou-se pela simulação de lagoa de lodo fora de escala em que o lodo ficou exposto ao sol durante períodos diferentes de 15 e 30 dias. A primeira amostra mais seca foi utilizada nos ensaios de lixiviação e solubilização e a segunda nos ensaios nos ensaios envolvendo o concreto. Foram realizados ensaios de lixiviação e solubilização com o objetivo de classificar o lodo de acordo com a ABNT NBR 10.004/2004 os quais, resultaram em excesso nos teores de cádmio, chumbo e, principalmente, de manganês, cerca de 400 vezes maior que o permitido. Por conta disto, o lodo pode ser classificado como um resíduo classe II A, ou seja, não perigoso e não inerte. Voltando a atenção para o concreto de calçada, verificou-se que não existem normas ou padrões que determinem a maneira adequada de executá-lo. Desta forma, optou-se por simular a confecção do concreto realizada no dia-a-dia pelos pedreiros, compreendendo o traço 1:2:3 (cimento: areia: brita) em massa e com o acompanhamento visual da sua trabalhabilidade. A análise de viabilidade da utilização do lodo como agregado foi realizada com base nos ensaios de compressão axial e compressão axial e compressão diametral. Estes ensaios demonstraram que para os traços que utilizam 5%, 10% e 20% de lodo foram obtidas resistências à compressão axial superiores à meta de 15 Mpa o que foi considerado bastante satisfatório uma vez que são recomendados para calçadas valores de 10 Mpa. Já para ensaios de tração, não há referências, mas pode-se constatar que a utilização do lodo como composto com areia como agregado miúdo interfere sensivelmente nos resultados, sendo que a utilização do lodo de ETA Mirassol em concretos para recomposição de calçadas é viável nas porcentagens até 10%, para minimizar os efeitos de redução nas resistências, principalmente à tração.

3. CONCLUSÃO

O lodo das Estações de Tratamento de Água pode ser utilizado como agregado na construção na civil. Antes de utilizá-lo é necessário realizar caracterização do lodo para classificá-lo de acordo com a NBR 10.004/2004 e definir em qual classe de resíduo se enquadra. As

características do lodo variam de acordo com a qualidade da água bruta e os produtos químicos que são utilizados no tratamento da água.

A proporção de lodo utilizado para substituir a argila na fabricação de cerâmica pode variar de acordo com a composição mineralógica, granulométrica e plasticidade do lodo. Outra influência nos resultados para cerâmica e tijolos é a temperatura de queima que obteve bons resultados a partir de 950°C.

A incorporação de cinza de carvão e o lodo na massa de tijolos prensados também apresentaram resultados positivos, atendendo os requisitos mínimos quanto a compressão e absorção de água constantes na NBR 10836/94, podendo ser utilizado na construção.

Ao incorporar 3% de lodo com resíduo da construção civil houve um resultado positivo em termo de resistência com características similares ao concreto usual. Ao utilizar a proporção de 4% a 8% de lodo in natura (centrifugado) na massa de concreto foi possível obter valores de resistência superiores a 27 MPa aos 28 dias. Sendo recomendado para o uso em contrapiso, blocos e placas de vedação, calçadas e pavimentos residenciais entre outras aplicações que não sejam estruturais.

Para calçadas é recomendado resistência à compressão axial de 10 MPa, no estudo realizado por Costa (2011) com a incorporação de 10% de lodo foram obtidas resistências superiores a 15 MPa, sendo positivo o seu uso para recomposição de calçadas.

O uso do lodo como agregado na construção civil é favorável e contribui para a redução no consumo de matérias-primas naturais, como areia, brita e cimento. A redução destes materiais minimiza o impacto ambiental pela diminuição da extração dos minérios e argila nas jazidas e pela redução do lodo lançado em rios e córregos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, P. S. **Avaliação de impacto ambiental da utilização de resíduos de Estação de Tratamento de Água em indústria de cerâmica vermelha: Estudo de caso.** 240 f. Dissertação (Mestrado – Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas –SP. 2005.

ANDREOLI, C. V., PINTO M. A. T. **Resíduos sólidos de saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.** Rio de Janeiro: RIMA - ABES, 2001.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –ABNT. Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio). **NBR 10836.** Rio de Janeiro, 1994.

CARVALHO, A.R., OLIVEIRA, M.V.C. **Princípios básicos do saneamento do meio.** 10. ed. São Paulo: Senac – São Paulo, 2003.

CHAVES, P. A. **Uso de lodo de Estação de Tratamento de Água e agregado reciclado miúdo na fabricação de elementos de alvenaria.** 213 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, Campinas, 2007.

COSTA, A. J. C. **Análise de viabilidade da utilização de lodo de ETA coagulado com cloreto de polialumínio (PAC) composto com areia como agregado miúdo em concreto para recomposição de calçadas: estudo de caso na ETA do município de Mirassol / SP.** 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos –SP. 2011.

HOPPEN, C. 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*, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 79 – 84, 2006.

JANUÁRIO, G. F. **Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final das Estações de Tratamento de Água da região metropolitana de São Paulo.** 2005. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) –Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

PAIXÃO, L.C.C.; **Aproveitamento de lodo de Estação de Tratamento de Água em cerâmica vermelha.** 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Estadual de Minas Gerais. Ouro Preto, 2005.

SALES, A.; CORDEIRO, J.S. **Imobilização da fase sólida dos lodos de Estação de Tratamento de Água (ETAs).** *Apud in:* ANDREOLI, C.V. (Coord.). **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final.** Curitiba: ABES/PROSAB – Rede Cooperativa de Pesquisas, 2001. P. 241 – 257

SAO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 12.300 de 16 de março de 2006 Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 17 mar.06.

SILVA, M. V. da. **Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de Estação de Tratamento de Água.** 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

SOUZA, F.R. **Compósito de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira para uso como agregado graúdo em concreto.** 2010. 211 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

TEIXEIRA, S. R.; et al. **Efeito da adição de lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) nas propriedades de material cerâmico estrutural.** *Cerâmica*, São Paulo, v.52, n. 324, p. 215 a 220. Out/Dez. 2006.