

ESTUDO DO TRATAMENTO TÉRMICO DO LODO RESIDUAL PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE ÁGUA DE UMA ESTAÇÃO COM FINS DE ABASTECIMENTO

Jessievane Jarder ¹, Trajano Gontijo ¹, Abimael Ribeiro ², Adriano Guimarães ³, Paulo dos Santos Batista ⁴

¹Estudante de Graduação de Engenharia Civil – IFTO / Campus Palmas. E-mail: jessievanejarder@s@gmail.com; trajanogontijo@gmail.com

²Estudante de Graduação de Engenharia Civil - IFTO. Bolsistas do CNPq. E-mail: abimael.rib@gmail.com

³Professor do Curso de Engenharia Civil – IFTO/Campus Palmas. E-mail: agarvalho@ifto.edu.br

⁴Professor da Coordenação de Ciências Matemáticas e Naturais – IFTO/Campus Palmas. E-mail: pbatista@ifto.edu.br

Resumo: Diferentes tipos de agentes flocoulantes tem sido empregados nas estações de tratamento de água, para a remoção da turbidez. A diminuição da turbidez ocorre através de floculação de sedimento, que é o resultado da adição do agente flocoulante, em pH adequado, sobre as partículas que se encontram em suspensão. Esse sedimento resultante do processo de floculação é chamado de Lodo. O Lodo estudado neste trabalho foi o produzido no processo de tratamento da água, na estação de tratamento (ETA- 6). Essa estação de tratamento é responsável pela maior parte do abastecimento de água para consumo humano, na cidade de Palmas no estado do Tocantins. O agente flocoulante utilizado nessa estação é o sulfato de alumínio hidratado ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 17H_2O$). O consumo anual de sulfato de alumínio nesta estação de tratamento é de aproximadamente 350 toneladas, que rendem aproximadamente 4000 m³ de lodo. Este lodo é composto fundamentalmente por materiais inorgânicos tais como óxidos e argila. O presente trabalho procura estimar o efeito da perda de massa relativa de uma amostra Lodo, quando submetido ao tratamento térmico em diferentes temperaturas. O estudo do tratamento térmico do Lodo é importante para a estimar a remoção substâncias voláteis, água e também de óxido sulfúrico que são responsáveis pela grande variação de massa em uma amostra de lodo. As variações de massa experimentadas pelo Lodo, tem origem no estabelecimento de ligações de hidrogênio entre os grupos sulfatos e as moléculas de água. Desta forma, o estudo procura avaliar o tratamento térmico submetido ao Lodo como forma de conferir maior estabilidade química ao material.

Palavras-chave: lodo, resíduo, tratamento térmico

1. INTRODUÇÃO

O projeto em questão é fruto do processo de práticas sustentáveis e reflete uma preocupação com a produção de resíduo inorgânico industrial, fruto de uma atividade diária e fundamental conhecida como o tratamento de água para fins de abastecimento público. Esse processo é realizado em uma estação de tratamento de efluentes, conhecida como ET'S (Estações de Tratamento), mais especificamente ETA'S quando essas estações tratam a água.

Palmas é a capital mais nova da Federação e sua população é de aproximadamente 272.726 habitantes (IBGE, 2015). De um modo geral, a cidade é caracterizada pelo seu planejamento urbano moderno. Está entre as capitais com o melhor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das regiões Norte e Nordeste (PNUD, 2010). Disponibilizando água tratada e saneamento básico que chega a 98% da população (ODEBRECHT AMBIENTAL/SANEATINS). O crescimento populacional da cidade teve impulso a partir dos anos 90, que continua até os dias atuais.

Conforme Tsutyia (2006), o abastecimento de água em quantidade e qualidade adequada corresponde a uma das prioridades das populações, no que diz respeito ao desenvolvimento industrial e às necessidades relacionadas à saúde. Para transformar a água bruta em água potável, as Estações de Tratamento de Água (ETA's) utilizam processos como floculação, flocculação, decantação e filtração. Destaca-se que a etapa de flocculação é realizada com a adição de um agente flocculante, usualmente o sulfato de alumínio. Estas atividades, conforme Oliveira et al. (2004), produzem uma grande quantidade de resíduo (Lodo).

O processo de tratamento baseia-se em diferentes etapas. Uma das etapas é a eliminação da turbidez através de um processo de floculação das partículas que se encontram em suspensão no corpo hídrico. Nesse processo podem ser aplicadas um conjunto de substâncias, dentre elas, o sulfato de alumínio, cloreto férrico, polímeros e etc. A formação de um floculo, que torna possível a remoção das partículas em suspensão presentes na água, por sedimentação. Esse floculo, ou floc, sai sob a ação da gravidade depositando-se na forma de Lodo no fundo dos tanques de sedimentação. Como consequência, ao final dessa etapa eles são removidos através de um sistema de decantação, seguido por bombeamento para um *bag* de membrana. Esse processo é uma alternativa desejável à emissão do material *in natura* nos corpos hídricos a jusante, como estava sendo praticado anteriormente.

O Lodo produzido nas estações de tratamento de água, na sua maioria eram descartados diretamente a jusante nos corpos hídricos. Esse fato pode ter contribuído para a deterioração da qualidade das águas dos mananciais. Segundo Richter (2001), o destino final para o lodo de ETA é uma das tarefas mais difíceis no tratamento de água, pois envolve transporte e restrições ambientais. Atualmente, a busca por alternativas econômicas e tecnicamente viáveis, além de ambientalmente vantajosas para a destinação final do lodo de ETA, é um grande desafio. A reciclagem do lodo, pode ser considerada uma oportunidade de redução de custos operacionais. Contudo, o reaproveitamento apresenta-se tecnologicamente mais viável, pois também pode reduzir o consumo de matéria-prima *in natura*. Entre as alternativas utilizadas para o reaproveitamento do Lodo, pode-se destacar o emprego deste material à construção civil, mais especificamente na produção de tijolos ecológicos de solo/Lodo/Cimento. A diminuição da energia associada ao processo de produção, a incorporação de resíduo e o atendimento a parâmetros normativos possibilitam o desenvolvimento sustentável. Além disso, a significativa vantagem de possibilitar a diminuição do consumo de agregados naturais e de cimento, uma vez que, de acordo com John (2000), citado por Hoppen et al. (2006), o setor consome entre 14 e 50% de todos os recursos naturais extraídos do planeta e só no Brasil, em 2000, foi estimado um consumo anual da ordem de 210 milhões de toneladas de agregados.

Atentos a necessidade, e interessados em contribuir para diminuição da produção e da estocagem de resíduos, somando esforços no sentido da preservação ambiental, buscou-se neste projeto estudar a relação entre o tratamento térmico do Lodo e a sua variação de massa. Através deste estudo, pretende-se avaliar a produção de lodo queimado em diferentes temperaturas, intencionando empregá-lo como resíduo tanto para a produção de tijolos cerâmicos, quanto para a produção de tijolos de solo/resíduo/cimento. Estudar a formação deste novo material através da evolução da sua estrutura cristalina, pode ajudar a planejar outras potenciais aplicações para este resíduo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais empregados nesses estudos foram adquiridos por meio de doação, cooperação técnica e/ou por processamento de materiais obtidos na forma de resíduos.

2.1 – OBTENÇÃO DO LODO

O Lodo foi coletado na estação de Tratamento de água (ETA-6) gerenciada pela empresa ODEBRECHT AMBIENTAL- SANEATINS. A empresa é responsável pela distribuição de água tratada para a Capital Tocantinense. O Lodo foi coletado diretamente a partir dos *bag's* de armazenamento, e depositado em caixas d'água de 250L. O processo de secagem foi realizado pela ação direta dos raios solares em uma instalação coberta no IFTO – Campus Palmas. Após a secagem do material, o mesmo foi conduzido a um britador, gerando partículas menores, que foram submetidas a um moinho de bolas, a fim de transformar as partículas em um pó finamente dividido.

2.2 – CALCINAÇÃO DO LODO

O lodo obtido na estação de tratamento e processado no laboratório de máquina, foi pesado em uma balança analítica balança marte mod. ad 500 com capela 500g. Deste lodo foram retiradas amostras de aproximadamente 2 gramas para o tratamento térmico. Para a realização dos ensaios foram utilizadas quatro amostras dispostas em quatro cáscaras de porcelana. Feito isso, realizou-se a queima das amostras, em forno do tipo mufla, que foram submetidas as temperaturas: 450°, 600°, 700°, 800°, 900°, 1000°, 1100° C. A temperatura final foi mantida no patamar de tratamento térmico durante 180 minutos, a taxa de aquecimento da amostra até a temperatura de patamar foi de 10°C min⁻¹.

2.3- ANÁLISE TERMOGRAVIMETRICA DO LODO

As amostras obtidas partir da calcinação serão caracterizados por calorimetria exploratória diferencial (DSC) em um equipamento Rheometric Scientific TA modelo e foram realizadas no laboratório de Polímeros IQ/UFU. Estes ensaios tem como objetivo de avaliar uma possível presença de impurezas e transições de fases da amostra coletadas. Para a realização do ensaio foi colocado em um recipiente próprio de alumínio, cerca de 10 mg de amostra. Foi usado como gás de arraste o nitrogênio e a temperatura variou entre a temperatura ambiente e 1000°C.

2.4- ANÁLISE ESTRUTURAL POR DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Os materiais foram caracterizados por Difração de Raios-X usando o difratômetro XRD-6000 SHIMADZU, utilizando uma fonte monocrômica CuK α ($\lambda = 1,54148\text{nm}$) com intervalo angular compreendido entre $10 \leq 2\theta \leq 50$. O passo para contagem foi de 0,02° e o tempo de contagem 3 segundos. Estes ensaios foram utilizados com o objetivo de avaliar a microestrutura do material, em especial a relação da cristalinidade com a presença de água. Os materiais foram estudados na forma de pó e foi tomado como padrão de difração o silício cristalino.

2.5 – PERDA DE MASSA DA AMOSTRA DE LODO

O Lodo, após tratado termicamente, foi retirado do forno quando a sua temperatura jáiu atingindo aproximadamente 100°C. Desta forma, logo que foi retirado do forno, o lodo tratado termicamente foi colocado no desseador com sílica gel por 15 minutos. A esse desseador foi acoplado a uma bomba de vácuo, que ajudou na retirada do ar quando a amostra foi colocada no seu interior, após atingir o equilíbrio térmico dentro do desseador, ele foi retirado e pesado em uma balança analítica. Este procedimento de pesagem foi repedido mais uma vez, em um intervalo de 10 minutos, com a finalidade de certificar que a massa se encontrava estável.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento térmico realizado nas amostras de Lodo e sulfato de alumínio hidratado proporcionaram sempre uma diminuição na massa final da amostra. A redução da massa nas amostras estudadas de Lodo e sulfato de alumínio hidratado está relacionada a eliminação de hidroxilas, água adsorvida, decomposição de materiais e também matéria orgânica (SANTOS, 1997). A eliminação das substâncias obedece às condições específicas de energia, que ora ficam sujeitas a quantidade de calor inserido nas amostras através do tratamento térmico. Apesar do mesmo procedimento no tratamento térmico do Lodo e do sulfato de alumínio hidratado, a relação percentual entre as massas obtidas após a queima mostraram-se numericamente bem diferentes. De maneira geral, a amostra de sulfato de alumínio hidratado, apresentou em todas as temperaturas de tratamento térmico estudadas as maiores variações percentuais de massa. Esses valores situaram-se entre 1,7 a 3,2 vezes maior que o percentual exibido pela perda de massa proporcionada pelo tratamento térmico nas amostras de Lodo. Contudo, observando-se o gráfico que estabelece o compromisso entre a temperatura de patamar no tratamento térmico e a variação de massa na amostra, percebe-se que as duas curvas apresentam-se bem semelhantes em função do comportamento exibido em função da temperatura.

O Lodo estudado é o resultado da ação do sulfato de alumínio hidratado, em meio básico sobre as partículas em suspensão. As partículas encontram-se em suspensão nos corpos hídricos. Esta mistura heterogênea ocorre em função do processo de intensa agitação, proporcionada pela passagem através das barreiras físicas com o intuito de facilitar a aeração da água a ser tratada, bem como pelo processo de desenvolvimento de cargas sobre estas mesmas partículas quando submetidas a um meio básico. Neste caso, o favorecimento de cargas negativas sobre as partículas associadas com a ligeira vantagem exercida do empuxo sobre o peso da partícula, promovendo-o a formação de uma suspensão. Esta suspensão, quando interage com o íon alumínio (Al^{+3}), que possui um grande raio hidrodinâmico em função da sua constante de Debye.

As similaridades na composição das amostras de Lodo e Sulfato de Alumínio, o Lodo proveniente da estação de tratamento é composto, em sua maioria, por: Dióxido de Silício (SiO_2), óxido de alumínio (Al_2O_3) e dióxido de ferro (Fe_2O_3). O gráfico mostra que a variação de perda de massa fica em torno de 25%, o que pode ser confirmado em outros estudos. E, notando que não ocorreu mudança na forma e nem formação de poros na superfície do lodo analisado infere-se que houve retração dimensional das partículas do material durante a análise (estabilização dimensional, química e de fases do lodo).

De acordo com o gráfico percebeu-se que a massa do lodo diminuía em função da temperatura, isso se deve ao fato que durante a análise elimina-se água e outras substâncias impuras. Além da

o ocorrência da formação de novos compostos e mudança de fase cristalina que pode ter ocorrido onde a perda de massa foi mais elevada. Assim, pode-se concluir que o material não é o mesmo do início (antes da queima).

Gráfico 1 - Perda de Massa em função da temperatura do Lodo e Sulfato

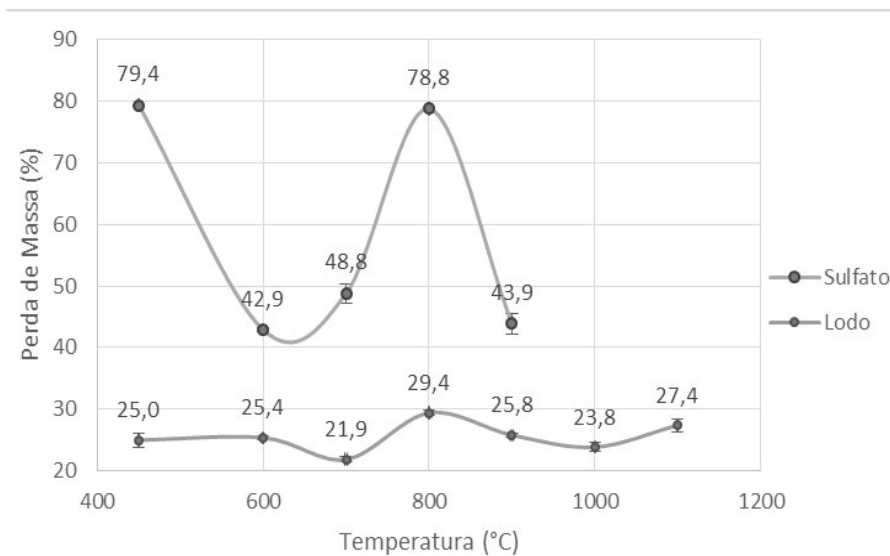
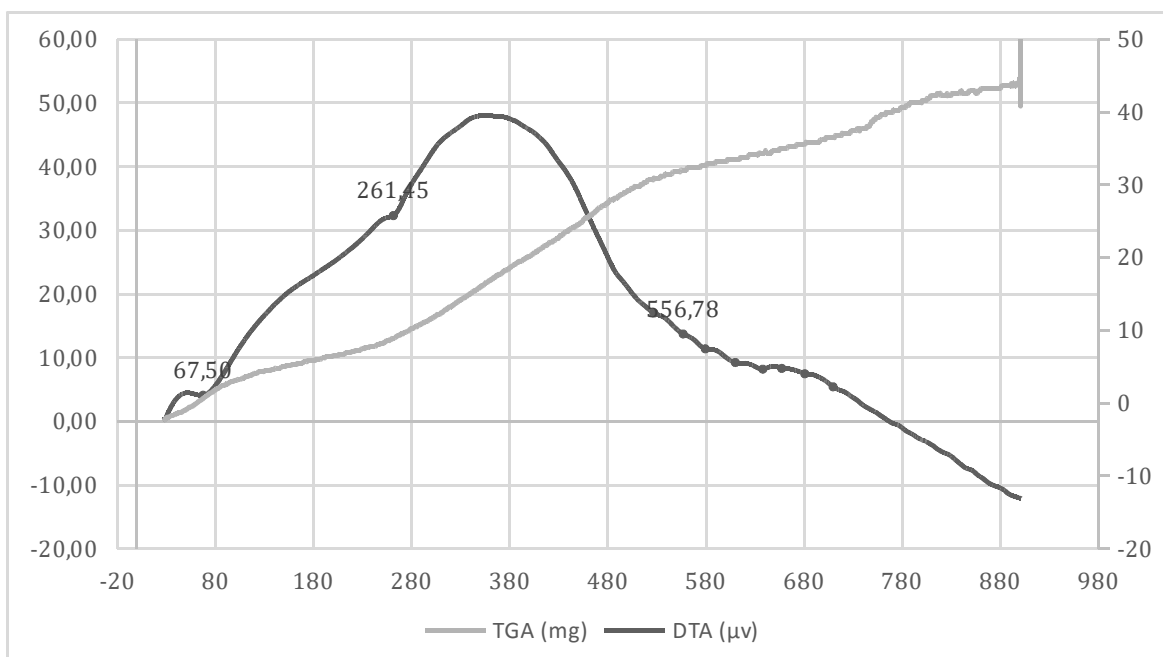


Gráfico 2 - DTA e TGA do Lodo de ETA



6. CONCLUSÕES

Concluiu-se então que, com base nos argumentos apresentados, o sulfato teve maior variação de perda de massa que o lodo. Visto que, o lodo é composto por diversas substâncias, além do sulfato e que tais materiais podem resistir a temperatura muito mais que o sulfato. E a variação na queima de lodo ficou em torno de 34%, o que nos permitiu concluir também que ao longo da queima são liberadas substâncias no estado gasoso, vapor de substâncias voláteis. Também verificou-se pela análise de TGA e DTA que as amostras de lodo apresentaram processos de reação endotérmicas. Tais eventos endotérmicos são significativos no procedimento de perda de massa na amostra. Estes eventos, que ocorreram entre de 440°C até 680°C, demonstram a decomposição térmica do sulfato, conforme é citado na literatura, com a formação de óxido. Após este patamar até 900°C, percebe-se que o lodo atinge estabilidade em sua estrutura.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação por estimular e capacitar seus integrantes a ter uma visão crítica e multifacetada da profissão, baseando-se no incentivo a pesquisa. Ao IFTO - Campus Palmas por fornecer a estrutura e os recursos necessários para o desenvolvimento de nosso trabalho. A todos os colegas de pesquisa e professores que contribuíram direta ou indiretamente na conclusão do artigo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Bloco cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão; Método de ensaio; NBR 6461. Rio de Janeiro. 1983.
de Souza, M.F.; REGIANI, I.; BATISTA, P.S. et al. (2000). "Rice Hull-Derived Silica: Applications in Portland Cement and Mullite Whiskers." *Materials Research* 3(2): 25-30. Bloco cerâmico para alvenaria; Especificação - NBR 7171; Rio de Janeiro. 1992. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 8491 – Tijolo maço de soloimento. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 8492 – Tijolo maço de soloimento – Determinação da resistência à compressão e absorção d'água. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989). NBR 10832 – Tijolo maço de solo-imento com utilização de prensa manual. Rio de Janeiro, RJ.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL, Palmas-TO. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/palmas_to>. Acesso em 6 de julho de 2016.

CALLISTER, W. D.; Fundamentos da ciência e engenharia dos materiais – uma abordagem integrada. 2º ed., Rio de Janeiro, LTC, 2011.

DALLACORT, R., et al (2002) Resistência à compressão do solo-cimento com substituição parcial do cimento Portland por resíduo cerâmico moído. R. Bras. Eng. Agrícol Ambiental, v.6, n.3, p.511-518 Campina Grande, PB.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Estimativa de População. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm>. Acesso em 6 de julho de 2016.

MATORI, K.A.; WAH, L.C.; HASHIM, M.; ISMAIL, I.; ZAID, M.H.M. Phase Transformations of α -Alumina Made from Waste Aluminum via a Pre-precipitation Technique. Int. J. Mol. Sci. 2012, 13, 16812-16821.

PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O. Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna – Curitiba – Pr. 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL. Joinvile, 2003.

SANTOS, P.S. Ciência e Tecnologia de Argilas. 20 ed., São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 1989.

TRUEX, T. J., R. H. HAMMERL, and R. A. Armstrong. "The thermal decomposition of aluminium sulfate." Thermochemistry Acta 19.3 (1977): 301-304.