



ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ETA VISANDO APLICAÇÃO EM PROCESSOS CATALÍTICOS

G. C. C. COSTA¹ e C. D. R. SOUZA¹

¹ Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: geancarloscostaecosta@gmail.com

RESUMO – O processo de tratamento de água para consumo, embora fundamental, traz consigo consequências para o ecossistema. O lodo residual gerado nas estações de tratamento é despejado no meio sem receber o devido tratamento, proporcionando consequentes danos ao ecossistema de descarte. Tal resíduo também proporciona riscos à saúde humana devido à presença de microrganismos patogênicos, metais pesados e matéria orgânica. A pesquisa tem como objetivo um estudo da caracterização do lodo estação de tratamento de água visando seu aproveitamento em processos catalíticos. Foram utilizadas as técnicas analíticas de DRX, análise imediata e FTIR. Os resultados mostraram um elevado teor de umidade tornando necessário efetuar tratamento no lodo de ETA para aplicação em combustão direta. Foi identificado também um elevado teor de cinzas indicando alta concentração de materiais inorgânicos como Sílica e Alumina, confirmados por DRX e FTIR, sendo identificada uma composição mineralógica de caulinita e quartzo que dá ao resíduo de ETA um potencial para aplicação e processos catalíticos após tratamento adequado.

1. INTRODUÇÃO

O processo de tratamento da água é o responsável por garantir a sua qualidade. Durante a coagulação ocorre a geração de resíduo denominado lodo, o qual apresenta em sua composição: matéria orgânica, metais pesados e, segundo Amâncio *et al* (2017), microrganismos patogênicos. Conforme a NBR 10.004/2004, o lodo de ETA (LETA) é classificado como um resíduo sólido não inerte, se enquadrando em classe II-A. Kloc e Laird (2017) citam que o lodo apresenta características inorgânicas, logo se mostra pouco biodegradável além de ser insolúvel, classificado como fluido não-newtoniano.

Segundo Oliveira *et al* (2004) e Araujo *et al* (2015), foram verificados picos de caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sílica (Si_2O_2) e gibsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) por meio de análise de DRX. De acordo com os autores, a composição química do lodo de ETA é composta por Si_2O_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 os quais correspondem a cerca de 80%.

Noval *et al* (2016) fala sobre a catálise heterogênea como uma alternativa econômica e estratégia tecnológica quanto aos processos produtivos, garantindo assim uma competitividade. Esses materiais apresentam ampla aplicabilidade, desde processo de produção de biodiesel a sínteses orgânicas. Uma possibilidade de novos catalisadores, é o uso de argilas que apresentam elevada área superficial, pois são propriedades relevantes para a catálise (NYCULYSHYN *et al.*, 2012).

Conforme os trabalhos Oliveira *et al* (2004) e Araujo *et al* (2015), o lodo de ETA pode ser considerado um material com características argilosas, portanto Esta pesquisa surge com o objetivo de propor uma nova rota tecnológica para a aplicação do lodo residual das estações de tratamento de água contribuindo, posteriormente, para um processo de purificação de água bruta o qual tenha como base os três pilares do desenvolvimento sustentável (processo economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente correto) e, junto a isso, sua aplicação em processos catalíticos após um tratamento adequado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo foi coletado nos decantadores da ETA, no bairro Mauazinho, em Manaus-AM. O material foi submetido à secagem em estufa à 105°C por até 9 horas. Em seguida foi triturado e separado em diferentes granulometrias, em tamizador Bertel a 60 rpm por 15 minutos. O material foi caracterizado por Análise Térmica em um equipamento SDT Q600 da Ta Instrument, a uma taxa de aquecimento de 10°C/min, da temperatura ambiente até 950°C, com fluxo de gás N₂ de 30 mL/min. As características físico-químicas foram obtidas pela Análise Imediata com base na norma NBR 8112 (ABNT, 1986). Para o cálculo do Poder Calorífico Superior foi empregada a equação, segundo Parihk (2005).

A composição foi determinada via Difração de Raios-X (DRX) em um difratômetro EMPYREAN. Utilizou-se também Espectrofotometria de absorção no Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) em um equipamento Shimadzu modelo IRAffinity, com varredura de 4000 a 400 cm⁻¹ e resolução de 2 cm⁻¹. A verificação da porosidade foi feita por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em um equipamento OXFORD instrument, modelo XAC, com stubs de alumínio e metalizadas para a captura das imagens.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

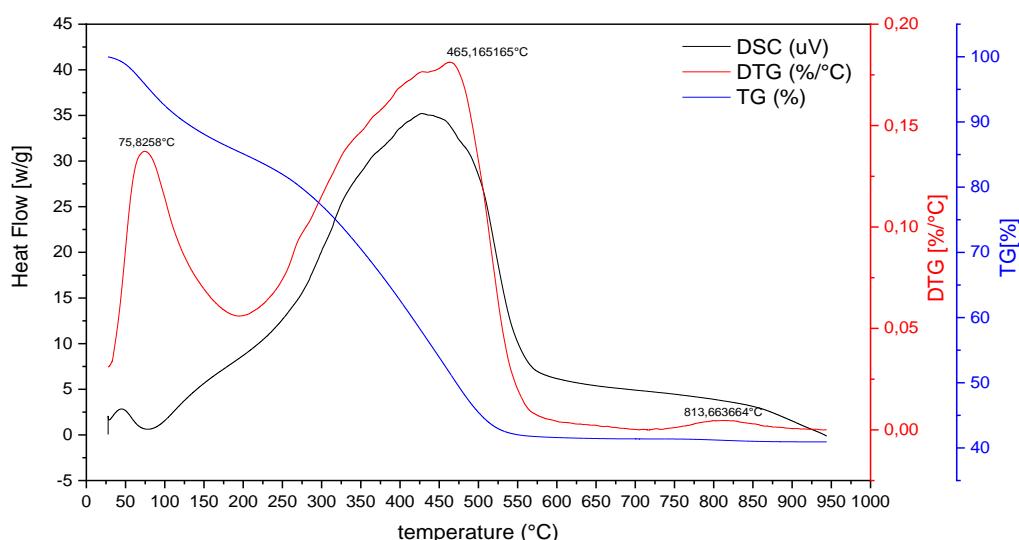
No processo inicial de secagem do lodo foram direcionados à estufa 5883,59 g de lodo úmido e, após o processo foram obtidos apenas 1358,36 g de lodo seco. Essa massa foi então triturada e encaminhada a análise granulométrica. A distribuição de tamanho das partículas ficou na faixa de 0,045 mm a 0,850 mm, como podemos verificar na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição granulométrica e diâmetro médio de partículas.

| Peneira (TY) | xi (%100) | Xi (%100) | -Di (µm) | +Di(µm) | Di(µm) |
|--------------|-----------|-----------|----------|---------|--------|
| 20 | 20,3724 | 79,6276 | 850 | 600 | 725 |
| 28 | 18,4222 | 61,2054 | 600 | 425 | 512,5 |
| 35 | 11,8076 | 49,3978 | 425 | 300 | 362,5 |
| 48 | 11,8341 | 37,5637 | 300 | 250 | 275 |
| 60 | 6,0897 | 31,4740 | 250 | 180 | 215 |
| 80 | 7,5061 | 23,9679 | 180 | 106 | 143 |
| 150 | 8,0987 | 15,8691 | 106 | 75 | 90,5 |
| 200 | 4,8301 | 11,0390 | 75 | 45 | 60 |
| 325 | 5,2394 | 5,7996 | 45 | 38 | 41,5 |
| 400 | 5,7996 | 0,0000 | Fundo | Fundo | 0 |

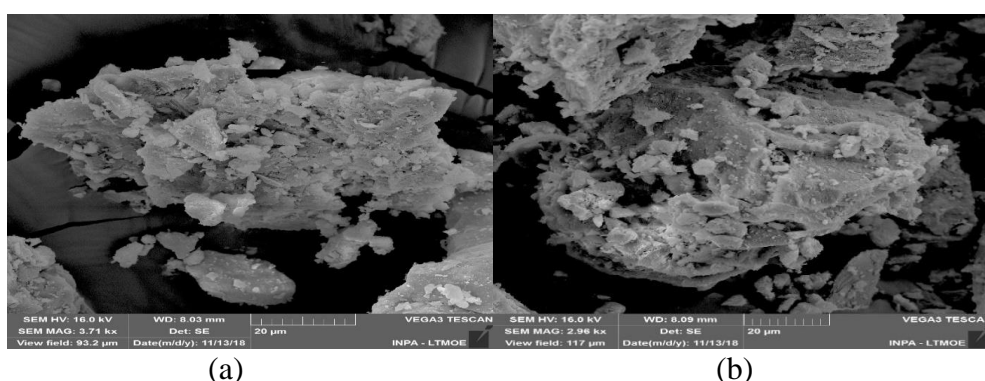
A Figura 1 apresenta a análise térmica efetuada para o lodo de ETA. Podemos notar que ocorre três perdas de massa, tal qual o estudo feito por Oliveira *et al* (2004). O primeiro evento na curva DTG, a 75,83°C, está relacionado à perda de água, visto que o lodo adere facilmente à umidade tal qual acontece com materiais argilosos. O pico endotérmico a 465°C se refere a uma possível desidroxilação da caulinita. Segundo Paz *et al* (2010), a transformação da caulinita em metacaulinita ocorre em torno 700°C. O último pico, na temperatura de 813°C pode estar relacionado à quebra da estrutura da metacaulinita formada a partir da desidroxilação.

Figura 1 – Análise térmica do lodo de ETA.



A Figura 2 apresenta a análise de MEV. Os grãos apresentam formatos irregulares e, conforme observado em ambas as micrografias, pode ser notada uma porosidade característica na amostra LETA45 (retido na peneira de 325 TY), na Figura 2a, a qual apresenta características de silte. Pela Figura 2b observa-se que os poros presentes na amostra LETA75 (retido na peneira de 200 TY) apresenta características de areia fina devido sua classificação granulométrica.

Figura 2 – MEV do lodo de ETA: (a) amostra LETA45 e (b) amostra LETA75.



Os resultados da Análise Imediata e Poder Calorífico Superior são apresentados na Tabela 2. A umidade, segundo Brand (2010) influi de modo negativo para o processo de

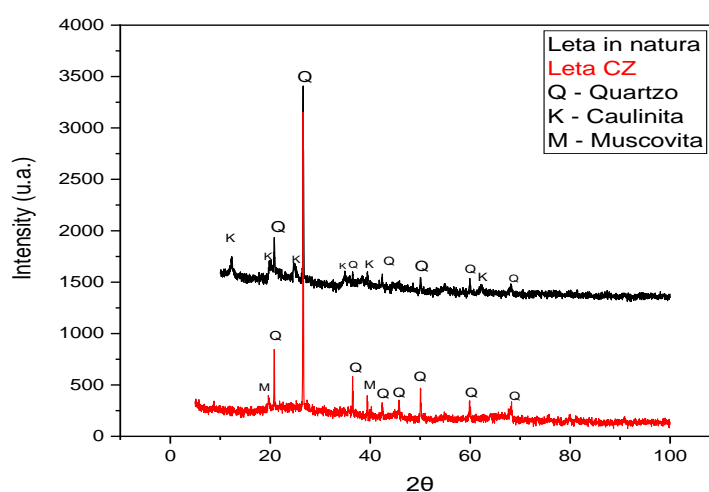
geração de energia de uma biomassa e, Klautau (2008) afirma que para valores acima de 65% a biomassa é considerada inapropriada para queima direta. O teor de materiais voláteis foi considerado baixo, 14,11%, já que este é responsável por manter as reações de combustão após a volatilização dos elementos (Brand, 2010). O elevado teor de cinzas indicou uma grande presença de materiais inorgânicos, o que resulta em baixo potencial para aproveitamento energético se for utilizado sem tratamento. O valor encontrado para o carbono fixo foi elevado, confirmando a não aplicação do lodo de ETA como insumo energético pois, conforme Brand (2010), quanto maior o carbono fixo, mais demorado é o processo de queima. O valor de seu PCS foi obtido conforme o método de Parikh (2005), apresentando valor de 15,48 MJ.kg⁻¹, o qual é muito bom para biomassas destinadas à queima Direta.

Tabela 2 – Dados referentes à análise imediata e PCS.

| ANÁLISE | VALOR | UNIDADE |
|---------------------------------|--------|---------------------|
| Umidade (U) | 76,913 | % |
| Cinzas (CZ) | 47,29 | % |
| Materiais Voláteis (MV) | 14,11 | % |
| Carbono Fixo (CF) | 38,6 | % |
| Poder Calorífico Superior (PCS) | 15,48 | MJ.kg ⁻¹ |

A Figura 3 representa o difratograma do lodo de ETA *in natura*. Os resultados são semelhantes a Oliveira *et al* (2004) no qual revelaram picos de difração característicos às fases cristalinas de caulinita e quartzo. Para o lodo calcinado, podemos observar a ausência dos picos de caulinita, o que confirma o que fora dito por Oliveira *et al* (2004) com respeito da desidroxilação da caulinita dando origem à metacaulinita.

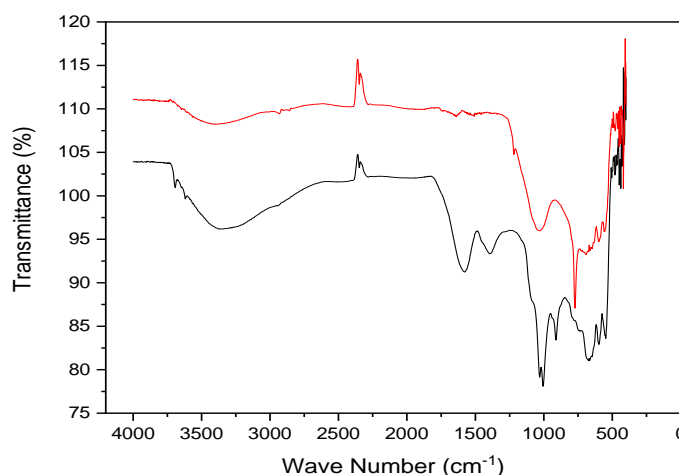
Figura 3 – DRX do lodo de ETA *in natura* e calcinado.



A análise de FTIR é apresentada na Figura 4. No espectro obtido para o lodo *in natura* foram observadas bandas na faixa de 433 a 914 cm⁻¹. Conforme Machado *et al* (2018) afirma em seu trabalho que as bandas de Si-O-Si e Si-O-Al são obtidas na faixa de 500-750 cm⁻¹ para materiais argilosos e que existem bandas de Si-O em 1030 cm⁻¹ e bandas de Al-Al-OH em

916 cm^{-1} , assim como bandas próximas à 520 cm^{-1} características também de Si-O-Al. Todas estas bandas são confirmadas na Figura 4.

Figura 4 - Espectro de FTIR do lodo de ETA *in natura* (linha preta) e calcinado (linha vermelha).



No espectro obtido para o lodo *in natura* foram observadas bandas na faixa de 433 a 914 cm^{-1} . Conforme Machado *et al* (2018) afirma em seu trabalho que as bandas de Si-O-Si e Si-O-Al são obtidas nas faixas de 500-750 cm^{-1} para materiais argilosos e que existem bandas de Si-O na faixa de 1030 cm^{-1} e bandas de Al-Al-OH na faixa de 916 cm^{-1} e bandas próximas à 520 cm^{-1} são características de Si-O-Al, as quais são confirmadas na Figura 4. Segundo Oliveira *et al* (2014) bandas de absorção em 3693 e 3620 cm^{-1} , que podem ser atribuídas à deformação axial do grupo estrutural hidroxílico próprio da argila. Para os espectros de FTIR do lodo calcinado, podemos notar que existem bandas na faixa 449 e 774 cm^{-1} que correspondem à metacaulinita, segundo Paz *et al* (2010) que as encontrou em 453, 803 e 1063 cm^{-1} . As bandas referentes à sílica permaneceram e novas foram surgindo em 1217 cm^{-1} , semelhante a Capanas (2009).

4. CONCLUSÃO

Embora o lodo não apresente potencial para queima direta devido sua elevada umidade e o elevado teor de cinzas, a presença em massa de componentes como silício e alumínio tornam esse resíduo um forte candidato às rotas catalíticas. As análises de DRX e FTIR comprovaram a presença, em larga escala, de quartzo e caulinita no resíduo de ETA. A elevada presença de sílica possibilita uma aplicação na produção de suportes para catalisadores, enquanto a presença da caulinita possibilita a possível síntese de zeólitas. Sendo assim, as diversas técnicas de caracterização indicaram que o lodo de ETA apresenta grande potencial para aplicação em catálise.

5. REFERÊNCIAS



- AMÂNCIO, V. D.; RODRIGUES, N. F.; RIBEIRO, D. K.; COELHO, G. Caracterização do lodo gerado numa estação de tratamento de água, *Sustentare, Três Corações*, v. 1, n. 1, p. 29-44, 2017.
- ARAÚJO, F. C.; SCALIZE, P. S.; ALBUQUERQUE A.; ANGELIM, R. R. Caracterização física do resíduo de uma estação de tratamento de água para sua utilização em materiais de construção, *Cerâmica*, vol.61, no.360, São Paulo, 2015.
- BRAND. M. A. *Energia de biomassa florestal*. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.
- CAPANAS, S. A. Caracterização e estudo do comportamento térmico de resíduo (lodo) proveniente de estações de tratamento de água e de esgotos do município de araraquara-sp. 2009. (Dissertação de mestrado em química analítica), *Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química. Araraquara*. SP. 2009.
- NYKULYSHYN, T. I.; VORONCHAK, Z.; RYPKA, A .P. *Central Eur. J. Chem.* 10 (2012) 1830.
- KLAUTAU, J. V. P. Análise Experimental de uma Fornalha a lenha de Fluxo Cocorrente Para Secagem de Grãos. 2008. Dissertação (mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) PPGERHA, *Universidade Federal do Paraná*. Curitiba, 2008.
- KLOC, P. A; LAIRD, V. Y. Avaliação de impacto de lodo de estação de tratamento de água (ETA) na qualidade das águas do arroio pilão de pedra, 2017. 75p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*. Ponta Grossa, 2016.
- MACHADO, P. C. M.; LANBEHN, J. T.; OLIVEIRA, M. C.; ELYSEU, F.; CARGNIN, M.; DE NONI JR, A.; FRIZON, A. E. T.; PETERSON, M. Estudo do comportamento e caracterização de argilas bentoníticas após processo de liofilização. *Cerâmica* 64 (2018) 207-213.
- NBR 8112., carvão vegetal – análise imediata. *ABNT*, 1986
- NOVAL, E. V.; PUENTES, O. C.; CARRIAZO, G. J. Magnetita (Fe₃O₄): *Uma estrutura inorgânica com múltiplas aplicaciones em catálisis heterogénea*. Universidad Nacional de Colombia, 2016
- OLIVEIRA, R. I. V.; ROCHA, G. C. M.; VOGAS, C. A.; SILVA, N. L. A.; BERTOLINO, C. L. *Caracterização estrutural para argilas bentoníticas para utilização como nanocargas*. 21º Congresso de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2014.
- OLIVEIRA, S. M. E.; MACHADO, Q. S.; HOLANDA, F. N. J. Caracterização de resíduo (lodo) proveniente de estação de tratamento de águas visando sua utilização em cerâmica vermelha. *Cerâmica* 50, 324-330, 2004.
- PARIKH, J.; CHANNIWALA, S. A.; GHOSAL, G. K. A. correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels. *Fuel*, v. 84, n. 5, p. 487-494. 2005.
- PAZ, A. P. S.; ANGÉLICA, S. R.; NEVES, F. R. Síntese hidrotermal de sodalita básica a partir de um rejeito de caulim termicamente ativado. *Quim. Nova*, Vol. 33, No. 3, 579-583, 2010.