



PRODUÇÃO TEÓRICA DE LODO NO TRATAMENTO ANAERÓBIO DE ESGOTO DOMÉSTICO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.5.22.I-020>

Yonara Matos Madeiro, George Émerson Pereira Farias, Francisca Jacqueline Ribeiro Tavares, Abraão Evangelista Sampaio, Cristiano Dantas Araújo.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, e-mail: yonarafinacas@gmail.com

RESUMO

O sistema de tratamento de esgoto durante seu processo operacional gera subprodutos prejudiciais ao meio ambiente, entre eles o lodo. Este material pode ser utilizado na agricultura, recuperação de áreas degradadas, geração de energia térmica, na construção civil ou enviado ao aterro sanitário. No Brasil se torna comum o envio de lodo para o aterro sanitário, sendo este fim o mais desfavorável em termos sociais, econômicos e ambientais. Para avaliar uma destinação adequada é necessário inicialmente determinar a quantidade de lodo produzida na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). O presente projeto pretende calcular a produção teórica de lodo produzido em ETE com tratamento anaeróbico para analisar as opções de seu aproveitamento. Para isto será escolhida uma ETE com reator UASB onde os dados utilizados foram retirados de pesquisas realizadas na ETE e de informações fornecidas pela empresa que gerencia a estação, com os dados de produção de lodo será possível analisar formas de utilização desse subproduto de forma que se possa contribuir para operação sustentável da estação.

PALAVRAS-CHAVE: lodo, tratamento anaeróbico, UASB, subproduto.

ABSTRACT

The sewage treatment system, during its operational process, generates by-products that are harmful to the environment, including sludge. This material can be used in agriculture, recovery of degraded areas, generation of thermal energy, in civil construction or sent to the sanitary landfill. In Brazil, it is common to send sludge to the landfill, which is the most unfavorable in social, economic and environmental terms. To assess an adequate destination, it is necessary to initially determine the amount of sludge produced in the Sewage Treatment Station (ETE). The present project intends to calculate the theoretical production of sludge produced in ETE with anaerobic treatment to analyze the options for its use. For this, an ETE with a UASB reactor will be chosen, where the data used were taken from research carried out at the ETE and from information provided by the company that manages the station, with the sludge production data it will be possible to analyze ways of using this by-product in a way that can contribute to the sustainable operation of the station.

KEY WORDS: sludge, anaerobic treatment, UASB, by-product.

INTRODUÇÃO

A baixa cobertura na coleta e tratamento de esgoto tem como consequência o lançamento de efluente bruto na natureza, causando prejuízos ao meio ambiente. A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é um sistema que promove o tratamento de efluentes, deixando-os em padrões de ser lançado na natureza.

Assim, um forte candidato para contribuir na redução do déficit no tratamento de efluentes é o reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo ou reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). Isso se deve às características de baixo custo de implantação, operação, baixo consumo de energia, ausência de mão de obra especializada, remoção de cerca de 70% da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), e boa adaptação ao clima tropical (SILVA *et al.*, 2007; CORNELLI *et al.*, 2014).

Porém a implantação e operação da ETE causa prejuízo ao meio ambiente por conta que sua construção demanda energia e utilização de materiais não renováveis. Além disso durante o processo de tratamento do efluente há geração de subprodutos como o lodo, biogás e o esgoto já tratado que prejudicam a gestão sustentável da estação (KISELEV *et al.*, 2019).

O lodo produzido por reatores UASB possui várias alternativas para sua destinação final, como o envio ao aterro sanitário, disposição em superfícies ou em oceanos, incineração ou reciclagem agrícola. Considerando os aspectos ambientais,



econômicos e sociais, o envio desse material para o aterro sanitário é a pior opção, sendo a melhor destinação final o uso na agricultura (PROSAB, 1999; AMARAL *et al.*, 2019).

Porém para promover uma destinação mais sustentável para o lodo gerado durante o tratamento de esgoto é necessário conhecer as características desse material, podendo os estudos serem iniciados primeiramente pela determinação da quantidade de material gerado pela ETE. Segundo Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014) a determinação da produção teórica do lodo pode ser feita utilizando a carga de DQO afluente.

Para estimar a produção de lodo da ETE é utilizado a equação 01, de acordo com Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014).

$$\text{Produção de lodo} = Y \times \text{Carga de DQO} \quad \text{equação (1)}$$

Onde a Produção de lodo é dado pela unidade kg.SS.d^{-1} (quilograma de Sólidos Secos) e o coeficiente Y de produção de lodo cuja unidade é kgSS.kgDQO^{-1} (quilograma de Sólidos Secos por quilo de DQO), e a carga de DQO é calculado de acordo com Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014) demonstrado pela equação 02.

$$\text{Carga de DQO} = Q_{\text{média afluente}} \times \text{Conc. DQO}_{\text{afllu}} \quad \text{equação (2)}$$

Onde a carga de DQO (Eq. 02) é dado pela unidade kg.DQO.d^{-1} , $Q_{\text{média afluente}}$ é a vazão média afluente cuja unidade é expressa em $\text{m}^3.\text{d}^{-1}$ e $\text{Conc. DQO}_{\text{afllu}}$ é a concentração de DQO afluente é dado pela unidade kg.DQO.m^{-3} .

O cálculo da vazão de lodo cuja unidade é dado por $\text{m}^3.\text{d}^{-1}$, é a razão entre a Carga de Sólidos Secos (Carga de SS) e o produto entre a faixa de teor de sólidos secos (Sól.secos) e a massa específica de lodo (Massa de lodo) de acordo com Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014) demonstrado na equação 03.

$$\text{Vazão de lodo} = \frac{\text{Carga de SS}}{\text{Sól.secos} \times \text{Massa de lodo}} \quad \text{equação (3)}$$

De acordo com Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014) o lodo excedente do reator UASB já se encontra digerido e adensado, encaminhado, posteriormente, para a desidratação, antes da disposição final. A desidratação do lodo feita em leitos de secagem, onde a carga de Carga de SS_{eflu} , é a carga de sólidos secos no efluente que é capturada e incorporada no lodo desidratado, demonstrado na equação 04.

$$\text{Carga de SS}_{\text{eflu}} = \text{Captura de Sólidos} \times \text{CargaSS}_{\text{afllu}} \quad \text{equação (4)}$$

Onde a Carga de SS_{eflu} é dado pela unidade kg.SS.d^{-1} ou kg.SS.mês^{-1} , a Captura de Sólidos é expressa em porcentagem (%) que é uma faixa adotada de captura de sólidos de acordo com Andreoli, *et al.* (2014, p.48), e a $\text{CargaSS}_{\text{afllu}}$ é a carga de produção de lodo. A vazão de lodo desidratado que segue para a disposição final é estimada pela carga de sólidos secos (Carga de SS) que é a razão do teor de sólidos secos (sól. secos) dado pela unidade kgSS.d^{-1} , e massa específica do lodo (Massa de lodo) cuja unidade é kg/m^3 , demonstrado na equação 05.

$$Q = \frac{\text{Carga de SS}}{\text{Sól.secos} \times \text{Massa de lodo}} \quad \text{equação (5)}$$

Com base nos cálculos anteriores, é possível determinar a produção per capita do lodo líquido e desidratado de uma estação conforme a equação 06 (VON ESPERLING, ANDREOLI, FERNANDES, 2014).

$$\text{Carga SS per capita} = \text{produção} / \text{n}^\circ \text{ de habitantes} \quad \text{equação (6)}$$

Onde a carga de SS per capita é dada pela unidade kg.SS/hab.d , produção de lodo cuja unidade é dada por kg.SS/d e o n° de habitantes real atendido pela ETE.

Ainda de acordo com Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014) a vazão per capita é dada pela unidade L/hab.d e é calculada pela razão entre a vazão de lodo e o número de habitantes, demonstrado na equação 07.



Vazão per capta = vazão de lodo / n° de habitantes

equação (7)

Assim, seguindo a marcha de cálculo apresentada é possível com dados operacionais da estação de tratamento efetuar uma estimativa da produção do lodo e promover estudos sobre este material.

OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo calcular a produção teórica de lodo em reator UASB de forma a contribuir para a operação sustentável de uma ETE.

METODOLOGIA

A ETE selecionada é gerenciada pela Companhia de Esgoto do Estado, recebe efluentes de um conjunto habitacional, possui aproximadamente 798 m² de área e utiliza reator UASB como forma de tratamento. A ETE iniciou sua operação em 2004 e é composta por dois reatores anaeróbios com volume de 120m³ cada, capacidade média de tratamento de até 8,9L/s (32 m³.h⁻¹) e foi projetada para atender uma população de até 6.145 habitantes (FERREIRA, 2014).

Para o desenvolvimento do cálculo teórico de lodo, foram utilizados os dados fornecidos pela companhia de DQO antes e após o tratamento no período de junho de 2018 a junho de 2019, contemplando o período de um ano. Para a vazão média de esgoto usou-se 12,16 m³.h⁻¹ e população atendida pelo sistema de 2.532 pessoas (FARIAS, 2010; FERREIRA, 2014).

A partir desses valores, fez-se a média de DQO afluente do período monitorado para efetuar o cálculo da carga de DQO na entrada do reator. A partir disso fez-se o cálculo de produção de lodo e em seguida o cálculo do valor per capta das etapas de tratamento na fase líquida e desidratada da estação conforme Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014).

O texto integral do trabalho deve incluir Título, Nomes dos Autores, Resumo, Palavras-chave, Subtítulos, Corpo do Texto, Tabelas e Referências Bibliográficas e não poderá exceder ao tamanho máximo de 3 MB, incluindo figuras, fórmulas e tabelas. O espaçamento entre linhas deverá ser SIMPLES.

RESULTADOS

Após a metodologia aplicada foi obtido os resultados de produção teórica de lodo gerado no reator anaeróbio a partir dos dados analíticos coletados ao longo da pesquisa, a ETE possui DQO média afluente de 990,04 mg. L⁻¹ do período monitorado (2018/2019). A vazão média de esgoto 12,16 m³.h⁻¹ equivalendo a 37,95% do valor de projeto que é 32,04 m³.h⁻¹ (FERREIRA, 2014) e uma população atendida pela ETE estimada em 2.532 habitantes (FARIAS, 2010).

Dessa forma, pode-se estimar por meio do método de Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014) a quantidade de lodo produzido no reator UASB onde a carga de DQO foi de 288,93 kgDQO. d⁻¹, com isso é possível calcular a produção de lodo ou cargas de lodo no reator com resultado de 52,00 kg.SS.d⁻¹ e vazão de 1,274 m³. d⁻¹.

Ademais, para se chegar um valor total produzido foi feito a estimativa de lodo desidratado onde a carga de Sólidos Secos (SS) do efluente obteve o valor diário de 49,40 Kg.SS.d⁻¹ e mensal de 1482 kg.SS.mês⁻¹ equivalendo a 1,48 t (toneladas) de lodo com vazão de 0,116m³. d⁻¹. Em seguida, fez-se o cálculo per capta do lodo líquido na estação onde a produção no reator per capta de SS obteve 20,5 g.SS/hab.dia e a vazão per capta foi de 0,5 L/hab. d⁻¹ A produção per capta da etapa do tratamento de desidratação foi 19,50 g.SS/hab. d⁻¹ e de vazão 0,04 L/hab. d⁻¹.

Com isso, pode-se notar que os valores de produção per capta mássica do lodo líquido removido do reator como para o lodo desidratado, os valores calculados não estão dentro das faixas adotadas e que o cálculo das vazões per capta de lodo líquido e desidratado estão dentro das faixas de volume de lodo em conformidade com Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014, p.29 e p.39). Os resultados per capta da primeira etapa no reator UASB com faixas adotadas de teor de Sólidos Secos (SS) caracteriza o lodo com consistência fluida, a qual é disposto aos leitos de secagem, e logo após a sua faixa de teor de SS após a desidratação se caracteriza como sólido duro. Assim, pode-se comparar os subprodutos do lodo



oriundo do reator UASB já calculados com o quantitativo real e proveniente da desidratação na ETE, tipo de manuseio e disposição final.

Em vista disto, a partir da quantidade gerada pode ser avaliada o aproveitamento do subproduto (lodo) na agricultura como uma resposta ecologicamente viável (MAKISHA e SEMENOVA, 2018), ao invés de destiná-los apenas para aterros sanitários.

CONCLUSÃO

Portanto, pode-se concluir que a produção teórica de lodo foi $1482 \text{ kg.SS.mês}^{-1}$ e que os valores per capita da etapa de produção mássica no reator UASB e de volume de lodo desidratado nos leitos de secagem não estão dentro das faixas e que os valores obtidos de vazão de cada etapa encontrados estão dentro das faixas adotadas por Andreoli, Von Esperling e Fernandes (2014).

Para trabalhos futuros pretende-se avaliar a quantidade de lodo real produzida pela estação, efetuar a comparação com os valores teóricos e avaliar sua utilização como biosólido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C.V.; VON ESPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de Esgotos: Tratamento e disposição final**, 2. Ed., Belo Horizonte: UFMG, 2014.
2. FERREIRA, S.; **Avaliação da produção de Biogás dos reatores UASBs da estação de tratamento de esgoto Aracapé III**. Fortaleza, 2014.
3. MAKISHA, N.; SEMENOVA, D. **Production of biogas at wastewater treatment plant and its further application**. MATEC Web of conferences, 2018
4. AMARAL, K. G. C; AISSE, M. M.; POSSETTI, G. R. C. **Sustainability assessment of sludge and biogas management in wastewater treatment plants using the LCA technique**. Revista Ambiente e Água (on line), vol. 14, n.5, Taubaté, out/2019
5. FARIAS, G.É.P. **Produção e aproveitamento do biogás da ETE Aracapé III**. 2010. 48 f. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
6. BRASIL, **Resolução CONAMA nº 375**, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgotos gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.
7. SILVA, M.E.R.; AQUINO, M.D.; SANTOS, A.B. **Pós-tratamento de efluentes proveniente de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais**. Revista tecnologia, v. 28, n. 2, p. 178-190, 2007.
8. CORNELLI, R.; AMARAL, F.G.; DANILEVICZ, A.G.F.; GUIMARÃES, L.B.M. **Métodos de tratamento de esgoto doméstico: uma revisão sistemática**. REA – Revista de estudos ambientais (online), v.11, n.2, p. 20-36, jul./Dez. 2014.
9. NETO, C.O.A.; CAMPOS, J.R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlado no solo**. Cap. 1. PROSAB. Rio de Janeiro, 1999.
10. KISELEV, A. V.; MAGARIL, E. R.; RADA, E. C. **Energy and sustainability assessment of municipal wastewater treatment under circular economy paradigm**. Energy and Sustainability VIII – WIT Transactions on Ecology and the Environment, vol. 237, p. 109-120, 2019.