

T03

REATOR ANAERÓBIO DE LEITO FIXO PREENCHIDO COM PNEU TRITURADO E SUBMETIDO A DIFERENTES CARGAS ORGÂNICAS APLICADAS

*Rafael Santos Carvalho¹, Damião do Nascimento Barboza², Eduarda Pinheiro Barbosa da Silva³,
Silvia Karlla Lopes Vitor⁴, Antonio Pedro de Oliveira Netto⁵.*

RESUMO: *O presente trabalho buscou avaliar o desempenho de um reator anaeróbico de leito fixo e fluxo ascendente utilizando borracha de pneu triturado operado em regime contínuo em duas etapas, tratando inicialmente esgoto doméstico e posteriormente efluente industrial, com o intuito de analisar também o seu comportamento diante da variação do afluente aplicado. O reator operou com tempo de detenção hidráulica de 13,5 h durante toda a operação e carga orgânica volumétrica aplicada de $1,08 \pm 0,29$ e $1,85 \pm 0,13$ KgDQO.m-3.d-1 na primeira e segunda etapa do experimento, respectivamente. O sistema apresentou aumento na eficiência média de remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão de cerca de 60% na etapa com afluente doméstico para 70% com afluente industrial em termos de demanda química de oxigênio (DQO) bruta e sólidos suspensos totais (SST). Quanto à turbidez, a eficiência de remoção esteve sempre acima de 65% em toda a operação. De modo geral, os resultados mostraram-se interessantes, pois o efluente obtido estava apto para o lançamento em corpo receptor para ambas as fases da operação de acordo com a regulamentação vigente a nível nacional no Brasil.*

PALAVRAS-CHAVE: *Tratamento anaeróbico; taxa de carregamento orgânico; lançamento legal.*

1. INTRODUÇÃO

A identificação da água como fator essencial para a qualidade de vida é de geral conhecimento em todo o planeta (Dodds et al., 2013). Logo, verifica-se o desenvolvimento contínuo de melhores meios de abastecimento de água, como também de coleta e tratamento dos esgotos e efluentes gerados, como indispensável à saúde pública. (Urban et al., 2019).

Estando a universalização do saneamento básico dentro dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (Hutton e Chase, 2016), a dimensão dos impactos oriundos da ausência de saneamento pode ser retratada pelo fato de as doenças de veiculação hídrica terem sua prevenção ligada principalmente ao atendimento de redes coletoras de esgotos, segundo Uhr et al.

¹ Afiliação: Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos
Email: rafaelcarvalho14@usp.br

² Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão
Email: damiao.barboza@delmiro.ufal.br

³ Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão
Email: eduarda.pinheirob@gmail.com

⁴ Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão
Email: silviakarlla1@gmail.com

⁵ Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão
Email: oliveiranetto82@gmail.com

(2016). Ainda segundo estes autores, aumentando em 1% o número de domicílios ligados à rede coletora de esgotos, se reduziria 1,74% da taxa de internações hospitalares por 100.000 habitantes.

As preocupações relacionadas ao saneamento não se limitam aos esgotos domésticos, pois a atenção com os efluentes industriais é também crescente e necessária (Marcelino et al., 2016; Cunha et al., 2019). Assim, diversas instituições têm direcionado estudos voltados ao desenvolvimento de novas tecnologias eficientes no tratamento dos diversos poluentes das mais variadas composições. Entre outras características, estas soluções devem apresentar, segundo Chernicharo (2016), bons níveis de eficiência, confiabilidade, baixos custos e simplicidade de implantação e operação, atingindo sustentabilidade ambiental e econômica.

Neste sentido, a linha do tratamento biológico por via anaeróbia tem se mostrado, de acordo com Oliveira Netto e Zaiat (2012), uma ótima alternativa, atendendo aos requisitos citados, mostrando larga aplicabilidade e adequando-se bem as características ambientais de países de clima tropical, como o Brasil, recebendo destaque o reator de manta de lodo (UASB) e o reator anaeróbio de leito fixo, chamado também de filtro biológico (Torres, 2012). Promovendo a decomposição biológica da matéria orgânica e a redução de resíduos, o processo ocorre na ausência de oxigênio molecular livre, tendo como principais vantagens a redução do volume de lodo produzido e a conversão de energia na forma de biogás (Xu et al., 2014; Batista et al., 2018; Dos Santos et al., 2018).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como proposta avaliar o desempenho de um reator anaeróbio de leito fixo, com borracha de pneu triturado como material suporte para imobilização celular, em fluxo contínuo e escoamento ascendente, no tratamento de diferentes tipos de despejos, trabalhando com esgoto doméstico e efluente industrial. Promoveu-se assim a alteração na carga orgânica volumétrica (COV) aplicada, que permitiu a análise do comportamento do reator quanto a esta variação e a avaliação de sua versatilidade, como também a verificação da possibilidade de enquadramento do efluente quanto ao lançamento em corpos hídricos.

2. METODOLOGIA

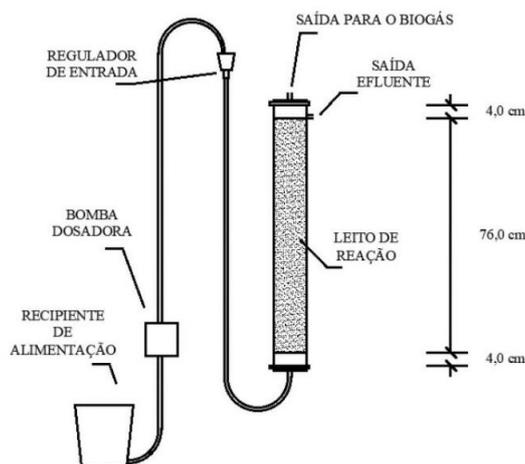
No presente trabalho realizou-se a operação de um sistema composto por um reator anaeróbio trabalhando em duas etapas: na primeira tratando esgoto doméstico e, na segunda, operando com efluente de uma indústria de embalagens localizada no município de Delmiro Gouveia – AL. Esperava-se assim, promover a alteração na carga orgânica volumétrica (COV) aplicada ao sistema sem alterar as suas características hidrodinâmicas, a fim de determinar a sua eficiência para diferentes taxas de carregamento orgânico e a influência da variação desse parâmetro.

A operação utilizou um reator anaeróbio de leito fixo e fluxo ascendente feito de policloreto de vinila (PVC), material escolhido devido a sua disponibilidade, fácil manuseio, custo relativamente baixo e por impedir que a luminosidade incidisse no interior do reator e provocasse o crescimento de microrganismos indesejáveis. O reator possuía uma estrutura com 03 compartimentos, separados por 02 telas metálicas, com altura total de 84 cm e diâmetro de 100 mm, possuindo volume total de aproximadamente 6,6 litros e um volume reacional de 5,95 litros (Figura 1).

Como meio suporte foi utilizada a borracha triturada de pneu de automóvel. Para evitar entupimentos e outros problemas operacionais houve peneiramento (peneira nº 2,40 mm) e lavagem do pneu antes da inoculação e preenchimento do reator.

A operação do reator ocorreu de forma contínua no espaço físico do Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Campus Sertão, configurando um período de sete semanas. A vazão aplicada durante toda a operação foi de $0,123 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1}$, promovendo um tempo de detenção hidráulica (TDH) de aproximadamente 13,5 horas.

Figura 1 – Configuração do reator.



Fonte: Os autores (2023).

Com o intuito de otimizar a adesão da população microbiana no meio suporte, promovendo uma maior velocidade de estabilização do reator, executou-se, antes do início da operação, a inoculação do pneu triturado, de maneira semelhante à descrita por Magassy et al. (2017). Para realização de tal processo, utilizou-se como inóculo a manta de lodo de um tanque séptico em operação.

Na primeira etapa a coleta do esgoto doméstico acontecia na entrada da fossa séptica que trata os resíduos gerados pelo Campus do Sertão da UFAL sendo condicionado em recipiente plástico, com renovação contínua, servindo de recipiente de alimentação do reator da pesquisa. A Tabela 1 contém os parâmetros analisados bem como os métodos utilizados e a frequência de amostragem.

Tabela 1 – Parâmetros analisados

Parâmetro	Método de análise	Frequência de amostragem
DQO bruta	Espectrofotométrico	2 x semana
Turbidez	Nefelométrico	2 x semana
pH	Potenciométrico	2 x semana
SST	Gravimétrico	2 x semana
SSV	Gravimétrico	2 x semana
SSF	Gravimétrico	2 x semana
Vazão	-	Diária

DQO – Demanda química de oxigênio; pH – Potencial hidrogeniônico; SST – Sólidos Suspensos Totais; SSV – Sólidos Suspensos Voláteis; SSF – Sólidos Suspensos Fixos.

Fonte: Os autores (2023).

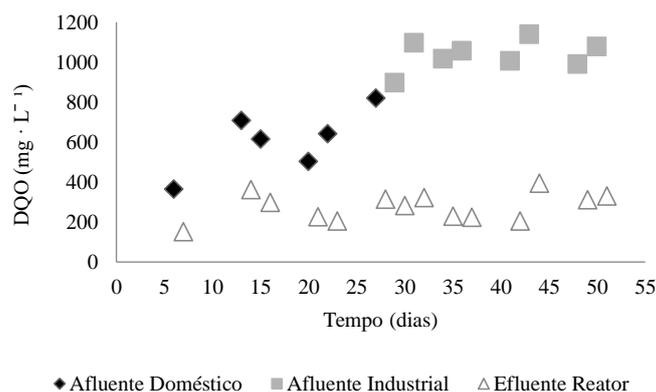
A segunda etapa da operação distingue-se da primeira unicamente pela alteração na origem e composição do substrato aplicado ao reator, tendo por consequência uma variação acentuada da carga orgânica aplicada ao mesmo. O efluente industrial utilizado nessa fase da operação era provindo de uma fábrica de embalagens que apresentava a seguinte configuração de operação: coleta de resíduos sólidos urbanos recicláveis, lavagem do material, derretimento, trituração e, por fim, confecção das embalagens, em geral sacos plásticos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sendo a variação no carregamento orgânico um dos principais focos da discussão do presente trabalho, inicialmente verificou-se se a alteração imposta ao afluente do reator anaeróbio ocasionou tal variação do parâmetro em questão. Encontraram-se valores médios para a COV aplicada de $1,08 \pm 0,29$ e $1,85 \pm 0,13 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ na primeira e segunda etapa da operação, respectivamente. Obteve-se deste modo para o efluente industrial, uma carga orgânica que mesmo não apresentando valores elevados, quase dobrou o carregamento obtido para o esgoto doméstico.

Quanto à DQO afluente ao reator, as médias para a primeira e segunda etapa, respectivamente, foram de $610,20 \pm 159,62$ e $1033,90 \pm 55,61 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, já seus respectivos valores de DQO de saída apresentaram na média valores de $260,20 \pm 78,21$ e $287,80 \pm 70,65 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. A Figura 2 mostra o perfil temporal dos resultados conseguidos para remoção de DQO em ambas as etapas da operação.

Figura 2 – Perfil temporal da remoção de DQO para a operação completa



Fonte: Os Autores (2023).

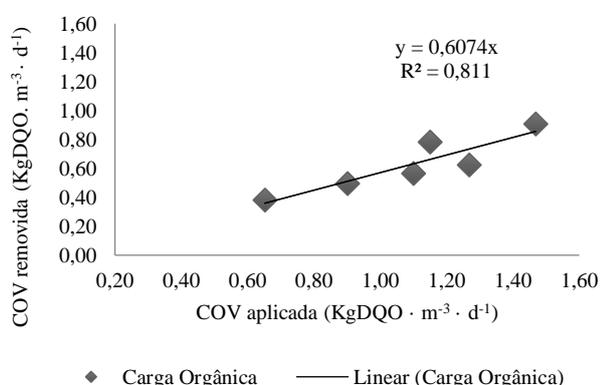
A eficiência média do sistema, quanto à remoção da DQO variou positivamente no comparativo entre a primeira e segunda etapa, sendo alcançada remoção de 57,24% quando aplicado afluente provindo de esgoto doméstico, e 72,22% quando o reator trabalhou com afluente oriundo de despejo industrial. Este aumento na eficiência de remoção da DQO aplicada, quando aumentada a COV imprimida ao reator também foi observado no trabalho desenvolvido por Siqueira (2008), que, dobrando o carregamento orgânico de um reator anaeróbio de leito fluidificado de 3,33 para 6,68 $\text{KgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$, sem alterar o seu TDH, de modo semelhante ao presente trabalho, aumentou os valores de eficiência para remoção de DQO de 53 para 67%. O material suporte utilizado no referido experimento era o poliestireno.

Por sua vez, Baettker et al. (2018) ao promover a elevação da COV por meio da redução do TDH de oito para quatro horas, para reatores anaeróbios de leito fixo com diferentes materiais, verificou eficiências menores em todos eles. Um deles usava também como material suporte a borracha de pneu triturado e apresentou um decréscimo de eficiência superior a 20%, no que se refere à DQO, ao alterar a COV de 1,50 para 2,58 $\text{KgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$. Esta diversidade do impacto na eficiência de reatores anaeróbios também foi vista nos estudos de Khan et al. (2015), Leite et al. (2015) e D'Aquino et al. (2019), onde foram promovidas alterações da COV durante a operação. Logo, é possível afirmar que o aumento da COV pode ser benéfico ou prejudicial aos reatores anaeróbios, a depender da forma como tal variação é proporcionada e da sua configuração.

Com relação à primeira etapa deste estudo, problemas na bomba de alimentação do reator na segunda semana de operação podem ter contribuído para o decréscimo da remoção da DQO nesse intervalo. Tratando também esgoto doméstico, Santos et al. (2018) conseguiram eficiências médias de remoção de DQO de 81,5% trabalhando com um reator anaeróbio de leito fixo com pneu triturado como meio suporte, para concentrações afluentes em torno de $543,19 \pm 153,45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e TDH de 24 horas. Percebe-se que o aumento do TDH proporcionou ao reator melhor desempenho, considerando que no presente trabalho, com condições ambientais do substrato e do reator equivalentes, mas com uma detenção hidráulica reduzida pela metade a eficiência foi menor.

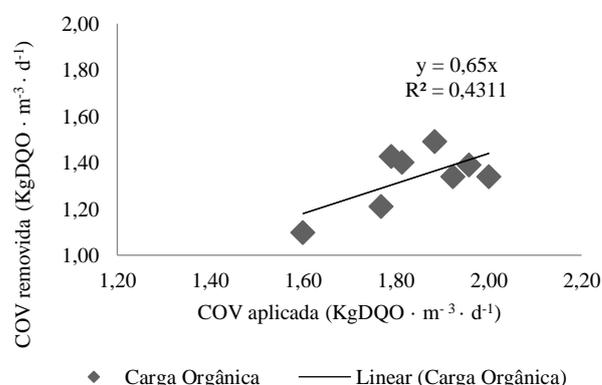
Analisando a segunda fase do tratamento, com efluente industrial, observa-se através do gráfico da Figura 2 que a evolução temporal da remoção de matéria orgânica para DQO mostrou-se crescente em quase toda a etapa. Sabendo-se que o conhecimento da quantificação de matéria orgânica, aliado as informações referentes à operação e ao reator permite a obtenção da TCO, calcularam-se os valores para COV de todas as amostras coletadas, sendo os dados obtidos expressos nos gráficos das Figuras 3 e 4, para a etapa com afluente doméstico e industrial, respectivamente.

Figura 3 – Relação COV aplicada/COV removida para a primeira etapa



Fonte: Os Autores (2023).

Figura 4 – Relação COV aplicada/COV removida para a segunda etapa



Fonte: Os Autores (2023).

Quanto mais próximo o coeficiente linear da linha de tendência for de 1,0, melhores são os resultados obtidos na remoção de matéria orgânica do sistema, pois indica que a carga orgânica removida se aproxima da carga orgânica aplicada. Percebe-se então que é atestada pelos gráficos das Figuras 3 e 4 a maior eficiência durante a fase operada com afluente industrial cuja linha de

tendência apresentou coeficiente linear igual a 0,65, em relação à etapa onde se tratou afluente doméstico onde se obteve o valor de 0,6074 para o coeficiente.

Segundo Chen et al. (2014) e Gueri et al. (2018) o aumento na COV implica num aumento da DQO removida, respeitando-se, porém a capacidade dos microrganismos do reator, pois excessivas cargas podem acarretar na inibição microbiana, provocando assim um desequilíbrio na digestão anaeróbia, problema que pode ocorrer também devido a mudanças repentinas no tipo de substrato. Os resultados obtidos no presente estudo mostram que a capacidade do reator foi respeitada.

Com relação ao parâmetro turbidez, o reator apresentou eficiências médias de 65,22% de remoção na primeira e 67,83% durante a segunda. Os valores médios de turbidez foram de $88,57 \pm 29,79$ e $29,06 \pm 4,85$ NTU para afluente e efluente, respectivamente, durante a etapa inicial, e respectivas médias para entrada e saída de $200,86 \pm 57,80$ e $61,84 \pm 19,12$ NTU no reator na etapa final.

Tratando esgoto bruto com turbidez média de $100 \pm 43,8$ NTU através de reator anaeróbio de leito fixo com suporte de coco verde e TDH variando de 12 horas, Cruz (2009) conseguiu um efluente com média de $52 \pm 22,2$ NTU, atingindo eficiência de remoção em torno de 50%. Destaca-se que para afluente com níveis de turbidez similares e TDH muito próximo ao da primeira etapa do experimento relatado no presente trabalho, obteve-se menor percentual de remoção.

Atentando-se para a sensibilidade dos microrganismos do reator às variações no pH do meio, fez-se o monitoramento deste parâmetro durante toda a operação. Na fase com esgoto doméstico os valores médios para o pH afluente e efluente foram respectivamente $8,05 \pm 0,14$ e $7,75 \pm 0,24$, e na fase trabalhada com efluente industrial obteve-se pH médio de entrada ao reator de $7,87 \pm 0,20$ e média $7,84 \pm 0,12$ de saída do mesmo. Sendo a faixa de tolerância adequada para o pH de sistemas como o deste trabalho colocada por Chernicharo (2016) entre 6,0 e 8,3, foi observado que o meio onde ocorreu a operação enquadrava-se neste intervalo em todo o período estudado.

No que se refere à análise de sólidos suspensos, viu-se um forte incremento nos níveis de tal parâmetro devido à alteração do afluente, apresentando o despejo industrial aplicado na segunda etapa da operação uma elevada concentração de sólidos, se comparado ao esgoto doméstico.

Ao impor o aumento da COV e consequentemente da taxa de sólidos aplicada ao reator, o valor de SST médio para o efluente que era de $42,86 \pm 16,77$ mg · L⁻¹ na primeira etapa, passou para $151,33 \pm 33,98$ mg · L⁻¹ após tal incremento. O aumento nas concentrações médias de SSV no efluente entre as duas etapas foi semelhante ao visto para os SST, passando de $27,4 \pm 12,09$ mg · L⁻¹ na primeira, para $133,3 \pm 46,69$ mg · L⁻¹ na segunda etapa, indicando um comportamento parecido do reator para ambos.

Em termos de remoção, o percentual de eficiência do reator para SST elevou-se de 62,55% na etapa com esgoto doméstico para 70,23% quando operado com efluente industrial. Para os SSV estes percentuais também se mostraram muito parecidos, obtendo 62,79% e 70,29% de remoção na primeira e segunda etapa, respectivamente.

Verificou-se que na alteração do afluente aplicado houve para os dois parâmetros uma leve queda momentânea na eficiência de remoção, sendo logo retomada a curva ascendente para a mesma. Esta queda pode ser atribuída à súbita elevação na quantidade de sólidos inserida, percebida no intervalo

entre a primeira e segunda amostra do afluente industrial. Tal elevação permite notar também, que apesar da remoção ser mais eficiente nesta etapa, os efluentes apresentaram concentrações médias superiores as da fase anterior.

Numa análise entre materiais suportes para filtros anaeróbios de leito fixo, se pode comparar os valores de eficiência de remoção de sólidos suspensos obtidos com os encontrados por Araújo Jr (2006) tratando efluente industrial utilizando espuma de poliuretano e argila expandida, cujas remoções médias de SST e SSV foram de 75,2 e 77,5%, respectivamente. Estas eficiências levemente maiores que as obtidas para o pneu triturado, foram conseguidas com um TDH de 17 horas, e, como visto no trabalho de Santos et al. (2018), o aumento do TDH para o reator com pneu triturado eleva a eficiência, sugerindo assim que o desempenho destes materiais seria equivalente.

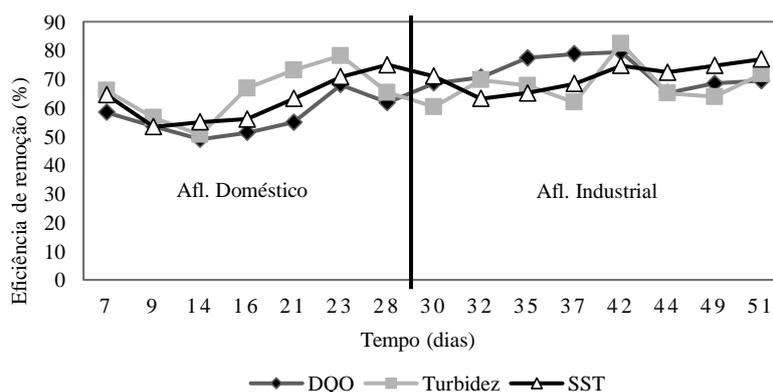
A Tabela 2 apresenta um resumo dos valores médios obtidos para os parâmetros estudados nas duas etapas trabalhadas, enquanto o gráfico da Figura 6 mostra o perfil temporal da eficiência de remoção para DQO, Turbidez e SST durante toda a operação. De maneira geral, percebe-se que para ambos os despejos tratados e respectivas cargas orgânicas aplicadas o reator mostrou boa eficiência, sendo comparado com estudos citados. Notou-se também que a alteração do afluente do filtro biológico resultou em valores melhores de eficiência para as análises dos parâmetros descritos, sendo benéfica a elevação da COV, para o caso específico.

Tabela 2 – Resultados médios obtidos durante a operação do reator

Parâmetro	Resultados médios obtidos na operação do reator anaeróbio					
	Afluente Doméstico		Eficiência de remoção (%)	Afluente Industrial		Eficiência de remoção (%)
	Afluente	Efluente		Afluente	Efluente	
COV (KgDQO · m ⁻³ · d ⁻¹)	1,08 ± 0,29	0,46 ± 0,14	-	1,85 ± 0,13	0,51 ± 0,14	-
DQO (mg · L ⁻¹)	610,2±159,62	260,2±78,21	57,24±7,02	1033,9±55,61	287,8±70,65	72,22±5,78
Turbidez (NTU)	88,57±29,79	29,06±4,85	65,22±9,33	200,86±57,80	61,84±19,12	67,83±7,04
pH	8,05±0,14	7,75±0,24	-	7,87±0,20	7,84±0,12	-
SST (mg · L ⁻¹)	112,6±26,7	42,8±16,7	62,55±8,29	507,3±85	151,3±34	70,23±4,98
SSV (mg · L ⁻¹)	72,57±22,32	27,4±12,09	62,79±11,41	428,7±104,6	133,3±46,69	70,29±6,77
SSF (mg · L ⁻¹)	40±27,23	15,43±10,9	59,72±9,52	78,7±33,53	20±19,27	76,52±14,53

Fonte: Os Autores (2023).

Figura 5 – Eficiência da remoção de DQO, Turbidez e SST para a operação completa



Fonte: Os Autores (2023).

Antes de discutir de fato o enquadramento dos efluentes doméstico e industrial, é importante notar que a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é mais citada que a DQO nas resoluções referentes a padrões de lançamento. Mesmo não sendo, por questões logísticas, analisada a DBO nesta operação, é possível estima-la de acordo com relações DQO/DBO encontradas para trabalhos anteriores, fornecendo assim valores aceitáveis para tal parâmetro.

Nesse contexto, Von Sperling (2018) coloca para o esgoto doméstico o valor da relação DQO/DBO numa faixa entre 1,7 e 2,4, sendo que este valor tende a aumentar, podendo chegar a 3,0 para efluentes de tratamento biológico, enquanto para efluentes industriais essa relação varia de acordo com a composição de cada despejo. Analisando também essa informação para efluentes de indústrias que trabalham com a reciclagem de plástico, Rodrigues et al. (2012) obteve o valor de 3,8 para esta divisão. Logo, sendo o afluente industrial trabalhado na segunda etapa do presente estudo oriundo de uma fábrica de embalagens plásticas, será considerado para esta análise o valor da relação DQO/DBO igual a 3,5. Para o efluente doméstico, se adotará o valor 2,2.

Realizando a análise de viabilidade de lançamento em corpos hídricos, a comparação com os valores colocados pela Resolução nº 430 de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) apresentou boas perspectivas. Para o pH, a faixa disposta compreende valores entre 5,0 e 9,0, logo os efluentes se adequam ao padrão exigido.

Com relação à concentração de matéria orgânica, o parâmetro citado na resolução é a DBO, que considerando os valores usados para a relação DQO/DBO, apresentou concentrações médias estimadas de $118,3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ para a primeira etapa e $82,23 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ para a segunda. Sendo a concentração de DBO limite para lançamento em corpos hídricos de efluentes de esgotos sanitários de $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, o valor obtido para a primeira etapa se enquadra no padrão imposto. Para demais efluentes, e também para o esgoto sanitário, é exigida a remoção de 60% da DBO afluente ao tratamento para que este seja considerado apto para ser lançado, percentual de eficiência que foi alcançado na etapa onde se trabalhou efluente industrial, apontando que para este parâmetro o efluente ao reator mostrou-se adequado para lançamento em corpo hídrico em toda a operação.

A turbidez é discutida na Resolução CONAMA nº 357 de 2005, onde para a Classe 2 de água doce impõe-se o limite de 100 NTU, englobando os corpos hídricos cuja captação da água tenha finalidade de abastecimento humano, aquicultura, pesca, irrigação, em que possa haver contato direto com o público, além de recreação primária, natação e demais esportes. Desta forma, os valores dos efluentes de toda operação se encontraram abaixo do limite colocado pela legislação.

Quanto aos sólidos, à especificação encontrada na Resolução CONAMA nº 430 de 2011 é para emissários submarinos, sendo a eficiência percentual de remoção exigida durante o tratamento para os SST de 20%, valor ultrapassado em ambas as etapas do estudo, o que caracteriza o reator mecanismo apto de tratamento para lançamento do seu efluente em corpo hídrico. É importante salientar que valores para efluentes fora dos limites aqui apresentados exigem a realização de estudo de autodepuração no corpo que irá receber o despejo para tornar legal o lançamento.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na operação nas diferentes etapas do processo mostraram que a mudança do afluente foi benéfica para a sua eficiência com relação à maioria dos parâmetros analisados, sendo a

elevação da COV aplicada coincidente com a melhoria das características na saída do filtro biológico em questão.

Quanto aos níveis de remoção de matéria orgânica, sólidos suspensos e turbidez foram obtidas eficiências em torno de 70% para todos estes parâmetros na segunda etapa da operação, enquanto na primeira estes percentuais estiveram próximos de 60%. Os valores mais expressivos de tratamento ao operar com o efluente industrial, que apresenta pior qualidade e consequentemente maiores níveis de poluição, conferem ao reator maior capacidade e versatilidade, já que para o esgoto doméstico a eficiência encontrada também foi razoável.

Com relação à adequação aos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos definidos pelo CONAMA, os resultados para os fatores analisados foram satisfatórios enquadrando-se nos limites impostos para matéria orgânica, sólidos, turbidez e pH, sendo as respectivas remoções apresentadas suficientes para tornar o efluente passível de despejo em corpos hídricos para ambos os afluentes aplicados ao reator. Além disso, o reator atende ao viés sustentável e econômico buscado para novas tecnologias, configurando de forma geral como positiva a sua aplicação para a finalidade em discussão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO JR, M. M. de. **Reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo, para a remoção de matéria orgânica e nitrogênio de água residuária de indústria produtora de lisina.** Tese (Doutorado em Hidráulica) Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006, 160 p.

BAETTKER, E. C.; CARVALHO, K. Q.; FREIRE, B. F.; PASSIG, F. H.; MORAES, J. L.; Materiais alternativos como meio suporte de filtro anaeróbio para o tratamento de esgoto sanitário sintético. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 23, n. 6, 2018, p 1091 – 1102. DOI: 10.1590/s1413-41522018170758

BATISTA, E. A.; AMORIM, N. C. S.; VALOURA, R. L.; MACÊDO, W. V.; AMORIM, E. L. C. Produção de bio-hidrogênio e metano por meio de codigestão de manipueira e dejetos suínos. **Revista DAE**, v. 66, n. 213, p.48-58, 2018. DOI: 10.4322/dae.2018.031

CHEN, Z.; WANG, Y.; LI, K.; ZHOU, H. Effects of increasing organic loading rate on performance and microbial community shift of an up-flow anaerobic sludge blanket reactor treating diluted pharmaceutical wastewater. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 118, n. 3, p.284–288, 2014. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2014.02.027

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios. 2 ed.** Belo Horizonte. Ed. UFMG, 2016, 379 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução N° 357, de 17 de março de 2005.** Diário Oficial da União. Brasília, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011.** Diário Oficial da União. Brasília, 2011.

CRUZ, L. M. de O. **Tratamento de esgoto sanitário em reator anaeróbio preenchido por casca de coco verde combinado com filtro de areia.** Dissertação (Mestrado em Saneamento e ambiente) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2009, 160 p.

CUNHA, A. L. X.; NETO, L. M. P.; DE ARRUDA, V. C. M.; SILVA, V. P.; FILHO, M. C.; TAVARES, R. G. Tratamento físico-químicos de efluente têxtil utilizando sulfato de alumínio, carvão ativado e Moringa Oleifera (Moringa moringa (L)). **Revista GEAMA**, v. 5, n. 3, p.47–55, 2019.

D'AQUINO, C. A.; MELLO, T. C.; JÚNIOR, L. C. Efeito da variação da carga orgânica volumétrica natural na produção de biogás a partir de dejetos suíno em diferentes tempos de detenção hidráulica. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 24, n. 3, p.613–617, 2019. DOI: 10.1590/s1413-41522019124926

DOS SANTOS, L. A.; SANTOS, A. F. M.; VALENÇA, R. B.; JUCÁ, J. F. T.; OLIVEIRA, C. R. M. Produção de biogás a partir de bagaço de laranja. **Revista GEAMA**, v. 4, n. 3, p.22–27, 2018.

DODDS, W.K., PERKIN, J.S., GERKEN, J.E. Human impact on freshwater ecosystem services: a global perspective. **Environ. Sci. Technol.**, v. 47, p.9061–9068, 2013. DOI: 10.1021/es4021052

GUERI, M. V. D.; SOUZA, S. N. M.; KUCZMAN, O. Parâmetros operacionais do processo de digestão anaeróbia de resíduos alimentares: Uma revisão. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p.17-25, 2018. DOI: 10.5380/biofix.v3i1.55837

HUTTON, G.; CHASE, C. The Knowledge Base for Achieving the Sustainable Development Goal Targets on Water Supply, Sanitation and Hygiene. **Int. Journal Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 6, 2016. DOI: 10.3390/ijerph13060536

KHAN, A. A.; MEHROTRA, I.; KAZMI, A. A. Sludge profiling at varied organic loadings and performance evaluation of UASB reactor treating sewage. **Biosystems Engineering**, v. 131, p.32–40, 2015. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2014.12.011

LEITE, W.; MAFAZZIOLI, E.; GUIMARÃES, L.; MAGO, A. D.; FILHO, P. B. Análise comparativa dos efeitos da carga orgânica e do tempo de detenção hidráulica na digestão anaeróbia mesofílica de lodo adensado de estação de tratamento de esgoto. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 20, n. 4, p.581–588, 2015. DOI: 10.1590/S1413-41522015020040105625

MAGASSY, T. B.; FAGUNDES, J. V. C.; ARAÚJO, A. S.; OLIVEIRA NETTO, A. P. Utilização da bucha vegetal de curcubitácea como material suporte em reator anaeróbio de leito fixo. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11, n. 2, p.142-153, 2017.

MARCELINO, R. B. P.; FRADE, P. R.; AMORIM, C. C. DE; LEÃO, M. M. D. Tendências e desafios na aplicação de tecnologias avançadas para o tratamento de efluentes industriais não biodegradáveis. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v.20, n.2, p.358-383, 2016.

OLIVEIRA NETTO, A. P.; ZAIAT, M. Treatment of Domestic Sewage in an Anaerobic–Aerobic Fixed-bed Reactor with Recirculation of the Liquid Phase. **Clean Soil Air Water**, v. 40, n. 9, p.965-971, 2012. DOI: 10.1002/clen.201100672

RODRIGUES, E. G. S.; LIMA, H. H. S.; RODRIGUES, I. A.; LIMA, L. R.; DE SENA, R. F.; Caracterização e tratabilidade do efluente de lavagem de uma recicladora de plásticos. In: Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia. **Anais**. /UEPB, 2012, 8 p.

SANTOS, J. V. T. S.; DAMASCENO, L. M.; SILVA, R. A. da; SANTANA, R. S. P.; CARVALHO, R. S.; OLIVEIRA NETTO, A. P. de; Tratamento biológico de águas residuárias em

filtro biológico de fluxo descendente utilizando pneu triturado como material suporte. In: 70ª Reunião anual da SBPC. **Anais**. Maceió, 2018.

SIQUEIRA, L. M. **Influência da taxa de carregamento orgânico na degradação anaeróbia da vinhaça em reator de leito fluidizado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008, 151 p.

TORRES, P. Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo. **Escuela de Ingeniería de Antioquia. Medellín**, v. 9, n. 18, p.115–129, 2012. DOI: 10.24050/reia.v9i18.264

UHR, J. G. Z.; SCHMECHEL, M.; UHR, D. D. A. P. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, v.7, n.2. p.1-16, 2016. DOI: 10.13059/racef.v7i2.104

URBAN, R. C.; ISAAC, R. L.; MORITA, D. M. Uso benéfico de lodo de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto: estado da arte. **Revista DAE**, v. 67, n. 219, p.128-158, 2019. DOI: 10.4322/dae.2019.050

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte. Ed. UFMG, 2018, 472 p.

XU, J.; YUAN, H.; LIN, J.; YUAN, W. Evaluation of thermal, thermal -alkaline, alkaline and electrochemical pretreatments on sludge to enhance anaerobic biogas production. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 45, n. 5, p. 2531–2536, 2014. DOI: 10.1016/j.jtice.2014.05.029