



TRATAMENTO DE EFLUENTE DE PROCESSO INDUSTRIAL SUBMETIDO A DIFERENTES TEMPOS DE REAÇÃO EM REATOR ANAERÓBIO EM BATELADA SEQUENCIAL

Rayanne Karlla Santos da Silva¹

Antonio Pedro de Oliveira Netto²

RESUMO

O desenvolvimento do setor industrial tem acarretado impactos negativos para o meio ambiente, dentre eles, a geração de efluentes líquidos contaminados. Deste modo, prover o tratamento adequado antes da destinação final é de fundamental importância para mitigar os efeitos nocivos ao ambiente, buscando relacionar o tempo do tratamento com a eficiência, que é um dos desafios para o processo. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi associar o tratamento biológico anaeróbico ao processo de batelada visando a remoção de poluentes com altas concentrações de matéria orgânica e utilizando baixo tempo de retenção hidráulica (TRH). Para tanto, o efluente industrial de uma fábrica de confecção de sacolas foi tratado em um reator anaeróbico em batelada, sendo realizada a comparação entre dois ciclos distintos, cuja variante foi o tempo de agitação na etapa de reação. O primeiro ciclo (1) teve tempo total de operação igual a 13h40min, com 10h de agitação. O segundo ciclo (2) operou com tempo total de 9h40min e agitação de 6h. Os resultados obtidos constatam eficiência máxima de 75% para remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) no ciclo 1 e 63% para o ciclo 2 que, de acordo com as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), se enquadraram como alternativas conforme capacidade de autodepuração do corpo receptor.

Palavras-chave: Matéria Orgânica; Descarte de Efluentes; Legislação.

ABSTRACT

Treatment of industrial process wastewater submitted to different reaction times in a anaerobic sequential batch reactor. The development of the industrial sector has caused negative impacts to the environment, among them, the generation of contaminated liquid effluents. Thus, providing adequate treatment before the final destination is of fundamental importance to mitigate the harmful effects on the environment, seeking to report treatment time with efficiency. In this context, the objective of the research work was to associate the anaerobic biological treatment with the batch flow regime, aiming at the removal of pollutants with high organic matter concentrations and low hydraulic retention time (HRT). For that, the industrial effluent from a bag manufacturing plant was treated in an anaerobic batch reactor, comparing two distinct cycles, whose variant was the agitation time in the reaction step. The first cycle (1) had a total operating time of 13h40min, with 10h of agitation. The second cycle (2) operated with a total time of 9h40min and agitation of 6h. The results obtained show a maximum efficiency of 75% for Biochemical Oxygen Demand (BOD) removal in cycle 1 and 63% for cycle 2, which, according to

¹ PPG em Engenharia Civil, Depto. de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, RN, Brasil. E-mail para correspondência: rayannekarlla01@gmail.com

² Depto. de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Delmiro Gouveia, AL, Brasil.

the resolutions of the National Council for the Environment (CONAMA), were classified as alternatives through the self-depuration capacity in receptor body.

Keywords: Organic Matter; Effluent Disposal; Environmental Legislation.

INTRODUÇÃO

As correntes mudanças climáticas vêm demonstrando o desequilíbrio na relação entre o meio ambiente e o desenvolvimento das civilizações. Cientistas alertam para o fato de a atividade humana no antropoceno estar provocando a transgressão de vários limites planetários (Martine e Alves, 2019).

A contaminação de rios, poluição do ar, vazamento de produtos químicos nocivos e a perda de milhares de vidas relacionam-se a catástrofes observadas que, a partir da década de 70, adquiriram senso de urgência em não se repetir (Pott e Estrela, 2017).

A ênfase recai sobre os efluentes líquidos advindos de processos industriais que, de acordo com von Sperling (2005), apresentam uma ampla variabilidade das suas características qualitativas. Isso faz com que a necessidade de se prover técnicas para o seu tratamento seja pronunciada.

Aliar a qualidade no tratamento às questões econômicas requer análise cuidadosa das formas de processos adaptáveis a situação, contendo vantagens e desvantagens relacionadas ao tipo de tecnologia utilizada.

Processos biológicos de estabilização anaeróbia oferecem várias vantagens significativas. Dentre as vantagens, Chernicharro (1997) elucida a tolerância a elevadas cargas orgânicas, baixas produção de sólidos e demanda de área, além do baixo consumo de energia.

Massé et al. (2003), fazendo experimentos pela via anaeróbia, observaram o decaimento na eficiência da remoção de poluentes a medida em que a temperatura diminuiu, concluindo que esse mecanismo é mais eficiente para temperaturas elevadas. Nesse sentido, Lima (2006) indica que países de clima tropical, como o Brasil, têm características ambientais favoráveis para o desenvolvimento de sistemas de tratamento anaeróbio.

Dague et al. (1966), com o intuito de estimular pesquisas relacionadas ao processo anaeróbio, fizeram sua associação ao sistema descontínuo, através de um reator anaeróbio em batelada, sendo o precursor dos sistemas de fluxo intermitente. Por conseguinte, Siman (2003) acrescenta, sobre o experimento de Dague et al. (1966), que o processo foi intitulado como “lodos anaeróbios ativados”, obtendo altos valores TCH (Taxa de Carregamento Hidráulico ou Taxa de Aplicação Hidráulica Superficial) com reduzidos TRH's (Tempos de Retenção Hidráulica), resultando em efluente de boa qualidade.

O Reator Sequencial em Batelada (RSB), de acordo com Pickbrenner (2002), consiste em uma só unidade que engloba processos operacionais característicos a uma sequência temporal. Estando as etapas do processo condicionadas a ciclos estabelecidos com durações definidas. A esses ciclos dá-se o nome de batelada e essa é uma das principais diferenças entre reatores contínuos: o fluxo de esgoto.

Lapa (2003) frisa que a utilização de processos anaeróbios descontínuos deve ser realizada de forma especialmente vantajosa para casos específicos, sendo enquadrados: indústrias que possuem processo produtivo de fluxo intermitente; compostos que apresentam elevada carga orgânica recalcitrante, casos de reuso de águas e para difundir estudos científicos (dado que a operação de processos com fluxo descontínuo é mais simplificada

e possibilita a extração de dados cinéticos importantes para avaliação de ampliação de escala).

Em estudo realizado por Timur e Öztürk (1997), com resíduos líquidos advindos de aterro municipal, a eficiência na remoção de matéria orgânica atingiu valores de até 85%, para temperatura de 35°C em Reator Anaeróbio em Batelada Sequencial (ASBR).

Chang et al. (1994) utilizaram o ASBR para tratamento de lodo municipal advindo da estação de tratamento de efluentes, fazendo experimentos com tempos de ciclo, resultando em eficiências de até 90% para remoção de matéria orgânica.

Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência do Reator Anaeróbio em Batelada Sequencial tratando esgoto industrial a diferentes tempos de ciclo, com ênfase em baixos tempos de retenção hidráulica, considerando sua aptidão para descarte, de acordo com as legislações vigentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Reator Anaeróbio em Batelada

Para a realização do experimento foi desenvolvido um reator anaeróbio de fluxo intermitente, em escala de bancada, com as fases de: enchimento, agitação, sedimentação e retirada do efluente sobrenadante tratado.

O sistema foi composto por um béquer de vidro com volume de 3000mL, altura de 21,9 cm e diâmetro da base de 16,3 cm. Para fins de operação, trabalhou-se com volume total de 2000 mL, dos quais 30% (600 mL) se destinou a biomassa e os 70% restantes (1400 mL) compreenderam o volume útil do reator; agitador eletrônico mecânico com haste de agitação tipo pá; bomba dosadora (necessária para enchimento e esvaziamento); conjunto de mangueiras e uma garrafa plástica de 300mL, a qual possuía a finalidade de receber os impactos promovidos pela bomba, fazendo o líquido escoar ao sistema de forma laminar, evitando areação ao processo, mantendo assim as condições necessárias ao tratamento anaeróbio. A figura 1 ilustra um esquema do sistema.

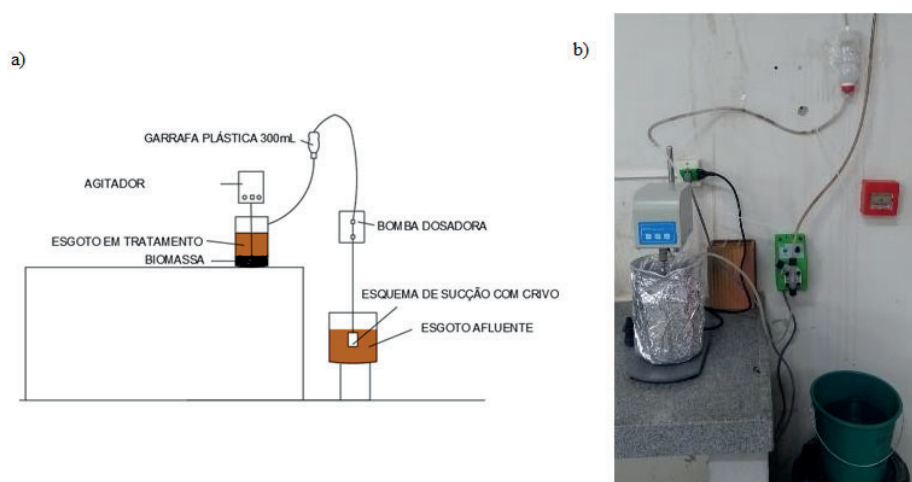


Figura 1. Configuração do reator a nível de bancada.

Efluente

As águas residuárias foram providas de uma fábrica de confecção de sacolas, localizada na cidade de Delmiro Gouveia/AL, nordeste brasileiro. No local de origem, o efluente do processo industrial é condicionado a etapas preliminares e primárias de tratamento.

Inicialmente, o efluente é direcionado a uma canaleta seguida de gradeamento, onde ficam retidos a maioria dos componentes sólidos grosseiros. Em seguida, o efluente passa por uma série de chicanas e é encaminhado para tanques de decantação que ficam dispostos em sequência. A figura 2 contempla as etapas do processo.

Para fins experimentais, o efluente utilizado nesta pesquisa teve como ponto de coleta a entrada do primeiro tanque (após gradeamento do ponto 4), que recebe fluxo intermitente de água residuária.

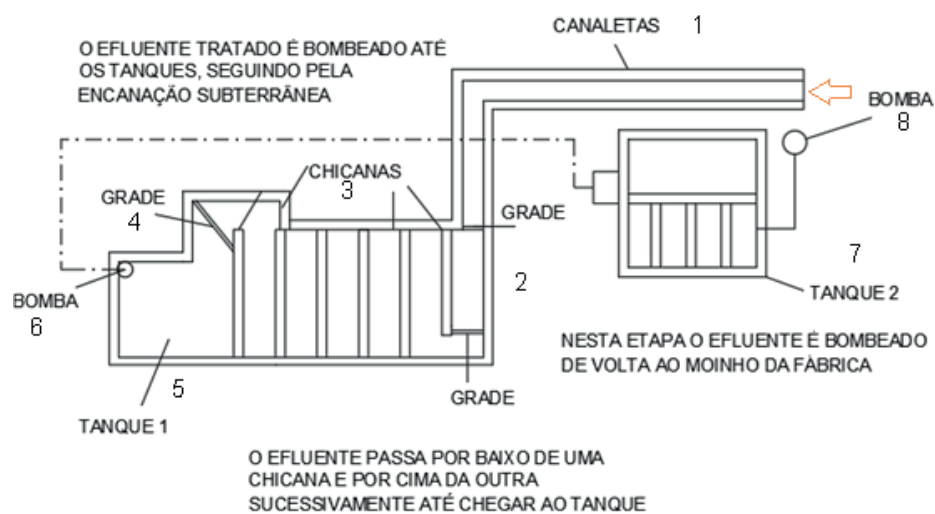


Figura 2. Esquema técnico das águas residuárias na fábrica.

Operação

A operação foi executada no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, Delmiro Gouveia/AL, em um reator anaeróbio em batelada com escala de bancada, cujo processo perdurou durante 6 semanas, sendo as três primeiras destinadas ao primeiro ciclo (1) e as três últimas, ao segundo (2).

A configuração do reator no âmbito operacional esteve justificada pelos estudos de Siman (2003), em que foram analisados dois tempos de ciclo distintos, um com período total de 8h e o outro 12h, com tempo de enchimento e retirada do efluente sobrenadante de, aproximadamente, 20min. Para a definição da etapa de sedimentação, tomou-se como base a composição de Duda e Oliveira (2009), para tempo de ciclo total de 12h e agitação de 9h, resultando em um período de 2,6h para a etapa de sedimentação.

O arranjo dos tempos por ciclo é apresentado a seguir: a duração total do ciclo 1 foi de 13h40min, com agitação de 10h, enchimento e descarte 20min cada, 3h para sedimentação e TRH de 13h. Já o segundo ciclo, teve tempo total 9h40min, diferindo do ciclo 1 apenas quanto a agitação, fixada em 6h e TRH de 9h.

Monitoramento do Sistema

Para realização do monitoramento do sistema foram coletadas amostras de afluente e efluente duas vezes por semana. Os parâmetros avaliados foram Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Potencial Hidrogeniônico (pH) e Turbidez.

A DQO foi ensaiada no Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL – Campus A.C. Simões e a DBO foi estimada a partir da razão obtida por análises realizadas por empresa terceirizada e fornecida pela fábrica de sacolas. Os demais parâmetros (pH e Turbidez) foram ensaiados no Laboratório no qual a operação foi executada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ciclo 1

O ciclo 1 foi composto por agitação de 10h, TRH de 13h e tempo total de 13h40min. O que se refere aos resultados gerais de DQO e DBO, são apresentados na Tabela 1. É válido ressaltar que a razão entre os parâmetros foi de 2,14.

Tabela 1. Análise de DQO e DBO ciclo 1.

Data	Designação	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	% de Remoção
04/02	Afluente	1224	572	
05/02	Efluente	414	193	66%
06/02	Afluente	1183	553	
07/02	Efluente	370	173	69%
11/02	Afluente	836	391	
12/02	Efluente	271	127	68%
13/02	Afluente	1300	607	
14/02	Efluente	491	229	62%
18/02	Afluente	1232	576	
19/02	Efluente	361	169	71%
21/02	Afluente	1186	554	
22/02	Efluente	298	139	75%

Em termos médios, a concentração de DBO afluente de $542 \pm 70,1$ mg/L, demonstrando elevados teores de matéria orgânica quando comparado a esgotos domésticos que, de acordo com Von Sperling (2005), possuem DBO da ordem de 300 mg/L.

O percentual máximo da remoção de matéria orgânica foi 75% e o mínimo 62%, sendo congruentes com as análises de Araujo (2014), que obteve 62% de remoção, pela mesma via de tratamento anaeróbio, mas para a condição de esgoto sanitário.

Avaliando a porcentagem de eficiência do reator pelo processo intermitente, pode-se observar os dados de Brito et al. (1997) que, estudando esgotos com DQO elevada (acima de 1000mg/L), obtiveram eficiências variando entre 60 e 70% para o processo denominado P-SBR (uma adaptação do SBR). Sendo

assim, os dados do ciclo 1 se enquadram dentro da faixa de Brito, com eficiência média de 68%.

As Resoluções do CONAMA, que se referem a qualidades das águas e lançamento de efluente em corpos hídricos (357 e 430, respectivamente), indicam a DBO como parâmetro para análise da qualidade do efluente lançado ao corpo receptor. É especificado pelo órgão ambiental que a quantidade máxima de matéria orgânica deve ser 120 mg/L ou o mínimo de 60% de remoção, e este limite só poderá ser lançado ao corpo receptor caso seja feito estudo de autodepuração das águas. Os resultados obtidos enquadram-se nos padrões do CONAMA, já que em termos de valores médios, o reator apresentou eficiência de 68% para remoção de DBO.

A verificação do pH, realizada para monitorar a estabilidade do processo anaeróbio no reator, pode ser visualizada pela tabela 2.

Tabela 2. Análise de pH para o ciclo 1.

Data	Tipo	pH
04/02	Afluente	7,89
05/02	Efluente	7,94
06/02	Afluente	8,50
07/02	Efluente	7,81
11/02	Afluente	7,96
12/02	Efluente	8,50
13/02	Afluente	8,36
14/02	Efluente	8,11
18/02	Afluente	7,98
19/02	Efluente	7,82
21/02	Afluente	7,89
22/02	Efluente	7,45

Segundo Chernicharro (1997), as bactérias produtoras de metano são mais suscetíveis tanto a variações de pH, quanto a operação em faixas muito ácidas ou muito básicas, tendo uma faixa de tolerância entre 6,0 e 8,3. Como os valores de pH afluente ficaram em torno de $8,1 \pm 0,24$ e os efluentes convergiram para $7,94 \pm 0,32$, pode-se concluir que o reator operou em faixa de tolerância adequada.

Perante a Resolução nº 430/2011 do CONAMA, no que se refere ao pH, é possível realizar lançamento de efluente ao corpo hídrico com índice entre 5 e 9, estando esse parâmetro de acordo com a faixa de operação para bactérias anaeróbias e legislação vigente.

No caso da turbidez, são apresentados na Tabela 3 os dados referentes as medições em NTU (unidade de turbidez nefelométrica).

Tabela 3. Análise de turbidez para o ciclo 1.

Data	Tipo	Turbidez (NTU)
04.02	Afluente	210
05.02	Efluente	194
06.02	Afluente	247
07.02	Efluente	188
11.02	Afluente	215
12.02	Efluente	206
13.02	Afluente	279
14.02	Efluente	155
18.02	Afluente	174
19.02	Efluente	301
21.02	Afluente	184
22.02	Efluente	152

Conforme a tabela 3, há um decréscimo acentuado na eficiência para o décimo quinto dia de experimento, que pode ter sido causado por problemas envolvendo o processo ou pela substituição da bomba, alterando o jato de propulsão tanto no béquer, quanto na retirada do efluente sobrenadante.

A turbidez, descontando o par que diverge das demais amostras, tem valores médios de $227 \pm 32,8$ NTU para afluente e $179 \pm 21,6$ NTU efluente, com eficiência estimada de, aproximadamente, 20%.

A Resolução CONAMA nº 430/2011 não prevê parâmetros em NTU para lançamento de efluentes em corpos hídricos, sendo mencionados, na Resolução nº 357/2005, índices para a qualidade das águas em virtude das classes, estipulando como limite máximo a presença de 100 NTU para águas enquadradas na classe 2, para fins de abastecimento humano (após tratamento), aquicultura, pesca, irrigação de hortaliças, jardins, campos, em que possa haver contato direto com o público, além de recreação primária, natação e demais esportes.

Analisando o valor de turbidez médio obtido após o tratamento, de acordo com a Resolução nº 357/2005, o efluente não estaria apto a ser destinado ao corpo receptor sem estudo prévio da qualidade final da água após seu lançamento.

Ciclo 2

O tempo referente a cada batelada durou 9h40min, com tempo de agitação de 6h e TRH de 9h. Os parâmetros foram monitorados durante três semanas, equivalendo a 18 dias. O que se refere a DQO e DBO, a tabela 4 apresenta resultados gerais.

Tabela 4. Análise de DQO e DBO ciclo 2.

Data	Designação	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	% de Remoção
25/02	Afluente	-	-	-
26/02	Efluente	-	-	-
27/02	Afluente	1228	574	60%
28/02	Efluente	497	232	60%
06/03	Afluente	950	444	56%
07/03	Efluente	414	193	60%
08/03	Afluente	918	429	60%
09/03	Efluente	365	171	60%
11/03	Afluente	1238	579	60%
13/03	Efluente	496	232	60%
13/03	Afluente	1069	500	63%
14/03	Efluente	391	183	63%

Para o ciclo 2 são observadas porcentagens de remoção de matéria orgânica inferiores as obtidos no ciclo 1. Tal fato pode ser justificado devido ao menor TRH, sendo o contato entre a biomassa e o substrato na fase de reação inferior, resultando em um ciclo 4h mais curto que o realizado no primeiro caso.

A DBO afluente ficou em torno de $504,95 \pm 62,7$ mg/L e efluente $202,15 \pm 25,43$ mg/L. É possível observar a predominância da eficiência de remoção em 60%, oscilando entre 56% e máximo de 63%.

Como estipulado pela Resolução nº 430/2011 do CONAMA, o valor mínimo esperado na remoção de matéria orgânica é de 60%, sendo assim, o tratamento é eficiente perante o disposto na legislação brasileira.

Os dados do pH podem ser observados pela tabela 5, contendo os resultantes aferidos nas amostras afluente e efluente a cada batelada. Tais dados são pertinentes para o monitoramento do processo de digestão anaeróbia.

Tabela 5. Análise do pH para o ciclo 2.

Data	Tipo	pH
25/02	Afluente	7,47
26/02	Efluente	7,30
27/02	Afluente	7,44
28/02	Efluente	7,82
06/03	Afluente	7,73
07/03	Efluente	7,95
08/03	Afluente	7,90
09/03	Efluente	7,29
11/03	Afluente	7,48
13/03	Efluente	7,03
13/03	Afluente	6,91
14/03	Efluente	7,63

O pH das águas residuárias variou entre $7,48 \pm 0,31$ e $7,50 \pm 0,32$, respectivamente para afluente e efluente, estando na faixa de operação adequada estudada por Chernicharro (1997), que contempla 6,0 a 8,3. Assim como se enquadra no disposto pelo CONAMA na Resolução nº 430/2011, estando na faixa adequada de operação (5,0 a 9,0).

Ao se analisar a turbidez, confeccionou-se a tabela 6 com os resultados obtidos nas amostras afluente e efluente ao longo do período estudado.

Tabela 6. Análise de turbidez para o ciclo 2.

Data	Tipo	Turbidez (NTU)
13/02	Afluente	274
14/02	Efluente	128
18/02	Afluente	273
19/02	Efluente	145
21/02	Afluente	257
22/02	Efluente	152
04/02	Afluente	153
05/02	Efluente	57,8
06/02	Afluente	163
07/02	Efluente	60,8
11/02	Afluente	162
12/02	Efluente	101

Em níveis globais, a turbidez afluente teve como média $213,67 \pm 54,7$ NTU e $107,43 \pm 37,64$ NTU para efluente com eficiência de, aproximadamente, 51%.

Os valores de turbidez do ciclo 2, são menores quando comparados ao ciclo 1. Tal característica pode ser relacionada ao menor tempo de agitação das partículas (4h a menos que no ciclo 1) e mesmo período de sedimentação (3h), sendo essa equivalente a 31,03% do tempo total do ciclo 2, em detrimento de 21,9% para o ciclo 1.

O que se refere a legislação brasileira, a turbidez efluente está bem próxima da determinada no CONAMA, Resolução nº 357/2005, a qual como indicada na discussão envolvendo a turbidez do ciclo 1, determina nível máximo de 100 NTU para qualidade das águas pertencentes a classe 2.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- baixos valores de TRH são eficientes no que tange à porcentagem de remoção de matéria orgânica em nível de DBO e DQO, devendo-se atentar para a proporcionalidade das operações em cada etapa do tratamento;

- o ciclo 1 é mais eficaz para a remoção de matéria orgânica, com 68% de eficiência média, entretanto é menos eficiente no que tange à presença de sólidos em suspensão, relacionados à turbidez em NTU;
- o ciclo 2 é menos eficiente para remoção de matéria orgânica, com 60% de eficiência média, embora se enquadre como o perfil mínimo de remoção permitido pela legislação brasileira; no que tange à turbidez, este processo é mais eficaz que o ciclo 1 e apresenta níveis próximos ao recomendado para classe de águas tipo 2, de acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA;
- é possível associar o tempo de agitação à eficiência na remoção de matéria orgânica; quanto maior esse período, maior a eficiência;
- pela experiência obtida, nota-se que a turbidez está implicitamente ligada à porcentagem que a sedimentação ocupa no processo total, pois quanto maior essa porcentagem, menor os valores aferidos em NTU;
- ambas as operações se mostraram bem-sucedidas quanto aos parâmetros explícitos na Resolução nº 430/2011 do CONAMA, dando destaque ao ciclo 2, que além de se enquadrar nos parâmetros de matéria orgânica e pH, e apresentar turbidez próximo ao recomendado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA para classe de águas tipo 2, pode ser considerado um ciclo mais econômico, já que requer menos tempo de agitação para se obter resultados eficientes;

Salienta-se que, de acordo com a legislação brasileira, antes de se efetuar o descarte, deve ser feito o estudo de autodepuração do corpo receptor. É válido ressaltar, ainda, que os itens delineados acima indicam a importância de se realizar pesquisas para a disseminação de tecnologias referentes ao saneamento. Isso porque a qualidade das águas lançadas nos corpos receptores influi na potabilidade do meio aquático, fator esse que se relaciona não só a biota fluvial mas ao desenvolvimento das atividades antropocêntricas já que as águas dos corpos receptores são também utilizadas para o abastecimento humano.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, T. L. S. 2014. **Desempenho de reator anaeróbio híbrido (leito fixo e manta de lodo) tratando esgoto sanitário em escala piloto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, 101p.
- BRASIL. 2005. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.
- _____. 2011. Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.
- BRITO, A. G.; RODRIGUES, A. C.; MELO, L. F. 1997. Feasibility of a pulsed sequencing batch reactor with anaerobic aggregated biomass for the treatment of low strength wastewaters. **Wat. Sci. Tech**, 35(1):193-198.

- CHERNICHARRO, C. A. L. 1997. **Reatores anaeróbios**: princípios de tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 380p.
- DAGUE, R. R.; MCKINNEY, R. E.; PFEFFER, J. T. 1966. Anaerobic activated sludge. **Water Pollution Control Federation**, **38**(2):220-226.
- DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. 2009. Reatores anaeróbios operados em batelada sequencial, seguidos de lagoas de polimento, para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. Parte I: produção de metano e remoção de DQO e de sólidos suspensos. **Eng. Agríc.**, **29**(1):122-134.
- JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. 2001. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ADES, 994p.
- LAPA, K. R. 2003. **Avaliação do desempenho de reator anaeróbio em batelada sequencial contendo biomassa imobilizada em pedra pome para tratamento de esgoto sanitário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 106p.
- LIMA, A. B. B. V. 2006. **Pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio em sistema sequencial constituído de ozonização em processo biológico aeróbio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 99p.
- MARTINE, G.; ALVES, J. E. D. 2019. Disarray in global governance and climate change chaos. **Rev. bras. estud. popul**, **36**:01-30.
- MASSÉ, I.; MASSÉ, L.; CROTEAU, F. 2003. The effect of temperature fluctuations on psychrophilic anaerobic sequencing batch reactors treating swine manure. **Bioresource Technology**, **38**(1):57-62.
- PICKBRENNER, K. 2002. **Uso de reator sequencial e batelada (SBR) para pós tratamento de efluente de reator anaeróbio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 208p.
- POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. 2017. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estud. Av.**, **31**(89):271-283.
- SIMAN, R. R. 2003 **Reator anaeróbio em batelada sequencial contendo biomassa imobilizada submetido a aumento de carga orgânica tratando água residuária sintética**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade Federal de São Paulo, 170p.
- TIMUR, H.; ÖZTURK, I. 1997. Anaerobic treatment of leachate using sequencing batch reactor and hybrid bed filter. **Wat. Sci. Tech**, **36**(6-7):501-508.
- VON SPERLING, M. 2005. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 452p.