

II-377 - UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA ADERIDA EM REATORES AERÓBIO-ANÓXICO NO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS

Israel Nunes Henrique⁽¹⁾

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em desenvolvimento e meio ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Timóteo Silva Ferreira

Engenheiro sanitaria e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

Rebecca da Silva Fraia

Engenheira sanitaria e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

Fernando Pires Martins

Engenheiro sanitaria e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

Rita de Cássia Andrade da Silva

Engenheira sanitaria e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Mendonça Furtado, 2946 - Fátima - Santarém - PA - CEP: 68040-470 - Brasil - Tel: (93) 991492137 - e-mail: israel.henrique@ufopa.edu.br

RESUMO

Os sistemas combinados como aeróbio/anóxico, se apresentam como tecnologia alternativa bastante viável para tratamento de efluentes, visto que, podem reunir as vantagens de ambas as tecnologias. Diante disso, o presente estudo objetivou tratar esgotos domésticos em sistema de reatores aeróbio-anóxico, para remoção de matéria orgânica e nutrientes, utilizando biomassa aderida em meio suporte (*Luffa cylindrica*). Foi realizado o monitoramento dos parâmetros físicos e químicos para verificar o desempenho do sistema, a biomassa aderida ao material suporte foi quantificada, e avaliado o uso da (*Luffa cylindrica*) como meio suporte para fixação de biomassa. No tratamento, verificou-se a eficiência de remoção da matéria orgânica na forma de DQO ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$) de 88% em relação ao esgoto bruto. O sistema também removeu material nitrogenado, produzindo no efluente final as concentrações médias, 19,82 $\text{mgN-NH}_4^+/\text{L}$; 0,36 mgNO_2^-/L e 1,23 mgNO_3^-/L , nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, respectivamente no efluente final do sistema. Todos esses valores dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental. Ao analisar as frações de sólidos no tratamento, obteve-se os valores de remoção de Sólidos Suspensos Totais com eficiência de remoção de 93,59% e 93,02% de Sólidos suspensos voláteis. A *Luffa cylindrica* apresentou ótimo desempenho como material suporte proporcionando o melhoramento na eficiência de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Reator aeróbio-anóxico, Material suporte, Matéria orgânica, Nutrientes.

INTRODUÇÃO

Dentre os problemas ambientais que constitui impasse à sustentabilidade ambiental, destaca-se a degradação dos ecossistemas aquáticos, afetando a disponibilidade de água de qualidade, principalmente devido o lançamento indiscriminado de efluentes sem tratamento, contendo grandes quantidades de matéria orgânica, substâncias tóxicas, organismos patogênicos e nutrientes.

O tratamento biológico de águas residuárias apresenta-se como uma alternativa viável e bastante utilizada atualmente, uma vez que agrega vantagens em detrimento a outras formas de tratamento, principalmente em relação ao custo. Em alguns sistemas biológicos específicos, torna-se possível a remoção além da matéria orgânica, a de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Os processos de tratamento biológico de águas residuárias mais comuns são: processos anaeróbios, anóxicos e aeróbios, os quais podem atuar separadamente ou combinados. Quando comparados com processos convencionais, sistemas combinados para tratamento de esgoto como o aeróbio - anóxico, destaca-se o aproveitamento das vantagens de cada processo minimizando seus aspectos negativos, obtendo dessa maneira

maior remoção de matéria orgânica e outros poluentes em sistema mais compactos, refletindo menores custos de implantação e operação (MOTA, 2015).

Aliado a isto, dentre as técnicas empregadas no tratamento de efluentes, há o tratamento biológico com biomassa aderida (biofilme) que vem sendo utilizado com sucesso. Tais sistemas de crescimento mantêm os constituintes necessários para o desenvolvimento de metabolismo bacteriano, como matéria orgânica, oxigênio e nutrientes adsorvidos a superfície do biofilme, aderida por muito tempo, favorecendo a biodegradação do material carbonáceo e nitrogenado. O aglomerado de células que cresce e se desenvolve sobre um suporte, possui uma estrutura que faz com que a biodegradação seja potencializada, pois na sua espessura é criado um ambiente com gradiente de oxigênio possibilitando simultaneamente os metabolismos anaeróbio e aeróbio dos microrganismos, bem como a adsorção do componente a ser degradado tornando-o disponível para a ação bacteriana. No sistema, o oxigênio é consumido à medida que penetra no biofilme, até atingir concentrações que auto regula as condições anóxicas ou anaeróbias (JACOBS et al., 2015; SILVA, 2016).

Portanto, diante do exposto, existem vantagens teoricamente aliando-se diferentes processos biológicos como o aeróbio- anóxico, com a utilização de biomassa aderida (biofilme) para tratamento de efluentes, otimizando a remoção de matéria orgânica e nutrientes e produzindo efluente de acordo com os padrões de lançamento definidos na legislação ambiental. Nesse aspecto, a presente proposta buscou tratar esgoto doméstico em sistema de reatores aeróbio-anóxico utilizando biomassa aderida em material suporte.

OBJETIVO

Tratar esgotos domésticos em sistema aeróbio-anóxico utilizando processos com biomassa aderida em meio suporte, com a finalidade de verificar a eficiência de remoção do sistema experimental com relação aos parâmetros físicos e químicos analisados.

METODOLOGIA UTILIZADA

A pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Tratamento de Águas Residuárias – LabTAR, pertencente ao curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, localizado em área pertencente à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) Unidade Tapajós, no município de Santarém – PA.

Foi construído e monitorado durante o período de estudo um sistema experimental composto por dois reatores biológicos, sendo um aeróbio e um anóxico, (denominado de RAe/Ax), interligados e operados em bateladas sequenciais, com vazão intermitente, para o tratamento de esgoto doméstico. A caracterização geral de funcionamento está representada na Figura 1.

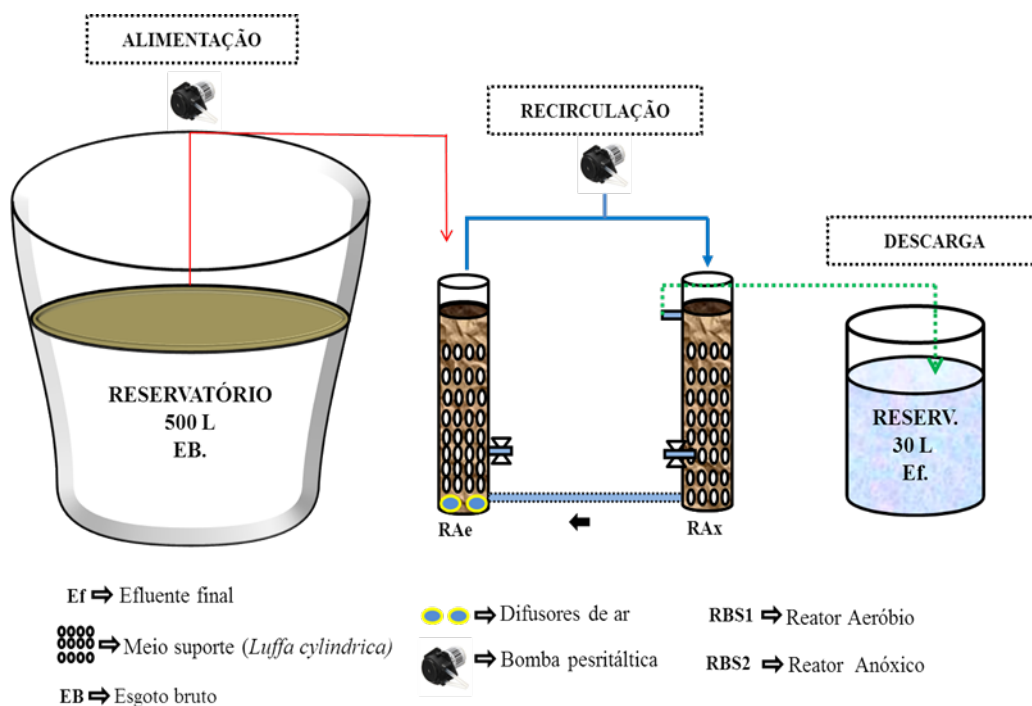


Figura 1. Descrição geral do funcionamento do sistema de tratamento

O esgoto afluyente ao sistema era proveniente das redes públicas disponíveis na cidade de Santarém. A coleta era realizada de forma manual em recipientes plásticos de 50L e encaminhado a um reservatório de 500L, o qual possuía um sistema de homogeneização da massa líquida. Através de uma bomba peristáltica controlada por equipamento programado por circuito eletrônico (temporizador) o sistema era alimentado. A vazão afluyente (alimentação) e de recirculação do líquido entre os sistemas foi de 100 ml/min e 110 ml/min, respectivamente, conforme características específicas das bombas peristálticas utilizadas.

SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

O sistema foi projetado e construído em material de acrílico em forma cilíndrica, com 49,5 cm de altura e diâmetro de 10 cm, e um volume útil de 3,53 L em cada reator, portanto, 7,06 L no sistema, trabalhando com Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) de 14,12h e Tempo de retenção celular de 10 dias (TRC). Na parte inferior foi instalada uma conexão para favorecer a recirculação do líquido entre os dois reatores, na qual a taxa foi de 79,2 L/dia. Na base do RAe foi instalado difusores de ar para uniformizar a aeração.

O sistema experimental foi programado para funcionar com vazão intermitente. Portanto, todos os processos como alimentação/descarga, recirculação e fase aeróbia, foram controlados por temporizadores analógicos.

MEIO SUPORTE *LUFFA CYLINDRICA* PARA FORMAÇÃO DE BIOFILME

Buscando avaliar o uso de meio suporte natural para agregação de biofilme, os RAe e RAx funcionaram com biomassa aderida, utilizando como meio suporte bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) (Figura 2), a qual preencheu o volume útil de 100% dos reatores. O volume de vazio para esse meio suporte foi de 92%. A bucha vegetal foi cortada em fragmentos de 4 a 6 cm de diâmetro e 3 cm de altura. Foi ocupado no sistema (RAe/Ax) 44 unidades de material suporte, sendo 22 em cada reator.



Figura 2. Meio suporte - *Luffa cylindrica*

ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICO DOS EFLUENTES

As determinações químicas efetuadas para monitorar os sistemas e verificar o desempenho durante o período experimental seguiram as recomendações do APHA (2012). No entanto, ácidos voláteis e alcalinidade foram determinados com base no método Kapp descrito por Buchauer (1998).

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos avaliados durante o experimento.

Variáveis	Métodos Analíticos	Referência
*DQO (mgO ₂ /L)	Titulométrico Refluxação Fechada	5220 C. / APHA, (2012)
pH	Potenciométrico	4500 / APHA, (2012)
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	Kapp	BUCHAUER (1998)
Alcalinidade AGV (mg/L)	Kapp	BUCHAUER (1998)
Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Salicilato de Sódio	RODIER (1975)
Nitrito (mg N-NO ₂ /L)	Colorimétrico Diazotização	4500-NO ₂ B. / APHA (2012)
Amônia (mg N-NH ₄ /L)	Semi-Micro Kjeldahl	4500-NH ₃ / APHA, (2012)
Fósforo e Frações (mg/L)	Ácido Ascórbico	4500-P E. / APHA, (2012)
*SST (mg/L)	Gravimétrico	2540 D. / APHA, (2012)
*SSV (mg/L)	Gravimétrico	2540 E. / APHA, (2012)

*DQO – Demanda Química de Oxigênio; N-NH₄⁺ – Nitrogênio Amoniacal; NTK– Nitrogênio Total Kjeldahl; pH – Potencial Hidrogeniônico; SST – Sólidos Suspensos Totais; SSV – Sólidos Suspensos Voláteis; SSF – Sólidos Suspensos Fixos.

RESULTADOS

Os resultados para pH, Alcalinidade Total e Ácidos Graxos Voláteis tiveram 19 amostras avaliadas, distribuídas no período de 3 meses de monitoramento. DQO total, Nitrito, Nitrato e Nitrogênio amoniacal e Sólidos com 4 amostras semanais dentro do último mês de monitoramento.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados de pH e Alcalinidade Total durante o monitoramento do sistema experimental (RAe/Ax).

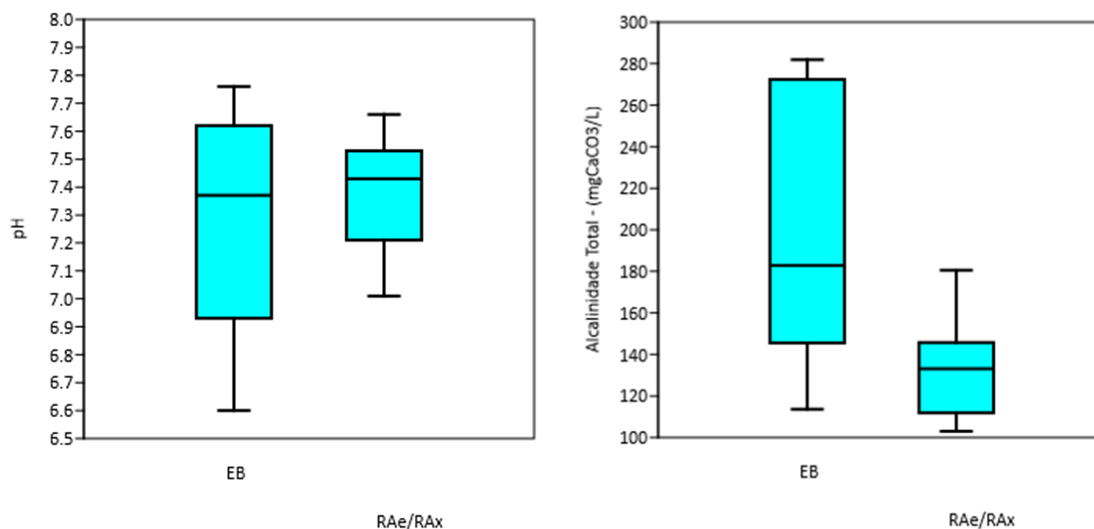


Figura 3. Comportamento do pH e Alcalinidade Total verificado no esgoto bruto e efluente do RAe/RAx.

Observa-se que os valores do afluente variaram dentro da faixa de 6,5 a 8 unidades de pH, a qual é considerada satisfatória para que ocorra os processos biológicos de remoção de nitrogênio como nitrificação e desnitrificação (VON SPERLING, 2005).

As concentrações médias do afluente (EB) e do efluente do reator Aeróbio-anóxico (RAe/Ax) foram de 7,27 e 7,38 unidades de pH, respectivamente. Os valores dos quartis (Q1 e Q3) referentes ao afluente foram, nesta mesma ordem, 6,93 e 7,62 unidades de pH, enquanto que o efluente do sistema apresentou os valores de 7,21 e 7,53. Isto indica que 75 % (Q3) dos dados obtidos estão abaixo de 7,62 no afluente e de 7,53 (Q3) no efluente, respectivamente. Da mesma forma, 25% (Q1) dos dados estão abaixo dos valores 6,93 e 7,21, no afluente (EB) e efluente final do sistema, respectivamente. A amplitude interquartil foi de 0,69 encontrada para o EB e menor valor, de 0,32 para o RAe/Ax, indicando maior precisão de dados e evidenciando boa estabilidade do sistema.

O desempenho na remoção de nitrogênio amoniacal pôde ser verificado por meio dos valores de alcalinidade total produzida/consumida (Figura 3). Nota-se consumo de alcalinidade total, confirmando o processo de nitrificação.

A alcalinidade total encontrada no afluente apresentou concentração média de 201,36 mgCaCO₃/L e no efluente essa concentração foi de 133,19 mgCaCO₃/L. Os valores dos quartis (Q1 e Q3) foram nesta ordem, no afluente 145,55 e 272,36 mgCaCO₃/L, respectivamente, e no efluente 111,83 e 145,68 mgCaCO₃/L, respectivamente. A amplitude interquartil no efluente foi de (d = 33,85 mgCaCO₃/L).

A Figura 4 representa os resultados de Ácidos Graxos Totais (AGV), obtidos durante o monitoramento do sistema.

Foi observado um elevado consumo de ácidos graxos voláteis (AGV) no sistema RAe/Ax, com concentração média de 0,22 mgHAc/L e afluente com concentração média de 36,66 mgHAc/L.

Souto (2014), estudando um sistema híbrido para remoção de nitrogênio de esgoto sanitário obteve 102 mgHAc/L no afluente, contudo aplicando uma fase de avaliação da biodegradabilidade de lodo biológico anaeróbio e aeróbio lisado por ação induzida, constatou maior consumo de AGV, obtendo concentração média de 2,0 mgHAc/L no efluente final. Destacou que a presença de AGV em ambiente anóxico é importante para a remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo no processo de recirculação.

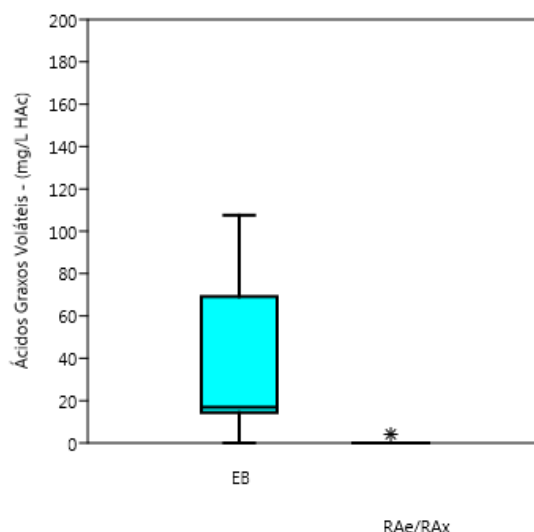


Figura 4. Comportamento de Ácidos Graxos Voláteis verificado no esgoto bruto e efluente do RAe/RAx.

Na Figura 5 estão representados os resultados referentes a remoção da matéria orgânica na forma de DQO Total.

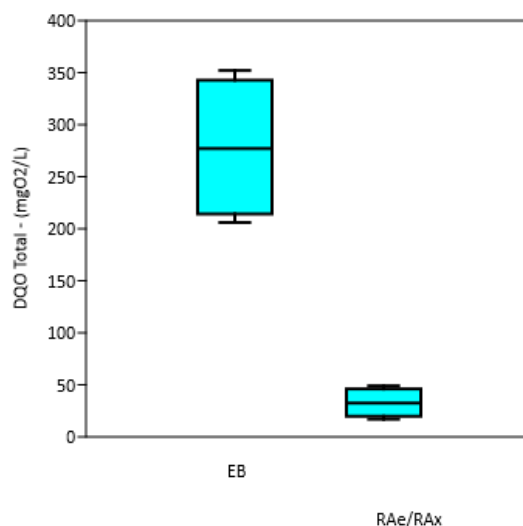


Figura 5. Comportamento da DQO Total verificada no esgoto bruto e efluente do RAe/RAx.

Pode-se perceber que a matéria orgânica foi removida satisfatoriamente, uma vez que o EB apresentou concentração média de DQO Total de 278 mgO₂/L e no efluente essa concentração foi de 32,75 mgO₂/L. Representando uma remoção média de material orgânico na forma de DQO de aproximadamente 88%.

Estudos realizados por Moraes (2015), objetivando remoção de matéria orgânica e nitrogênio em reatores compartimentados anaeróbio/anóxico e aeróbio tratando esgoto doméstico, obtiveram remoção média de 80% da DQO bruta. Percentual de remoção abaixo do encontrado neste estudo.

A Figura 6 representa os resultados de Nitrogênio amoniacal, obtidos durante o monitoramento do sistema.

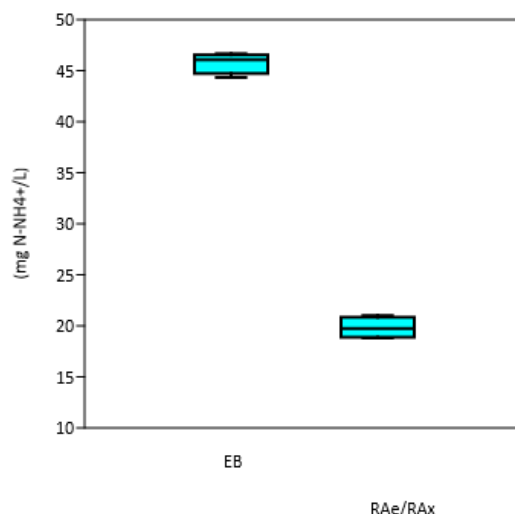


Figura 6. Comportamento do Nitrogênio Amoniacal verificado no esgoto bruto e efluente do RAe/RAx.

Pode-se observar que houve remoção das concentrações de nitrogênio amoniacal no sistema (Figura 6). O afluente apresentou concentração média de 45,78 mg N-NH₄⁺/L, enquanto que, no efluente do RAe/Ax a concentração média foi de 19,82 mgN-NH₄⁺/L. O tratamento portanto, produziu efluente com concentração de nitrogênio amoniacal abaixo do valor preconizado para padrão de lançamento, estabelecido na Resolução CONAMA 430/2011, o qual estabelece um valor limite para nitrogênio amoniacal total de 20 mgN/L. Os resultados evidenciam remoção de nitrogênio por meio do processo de nitrificação seguido da desnitrificação. Os valores interquartis encontrados foram: no afluente (d = 1,83 mgN-NH₄⁺/L) e efluente (d = 1,96 mgN-NH₄⁺/L).

Wagner e Costa (2015), tratando esgoto doméstico em reator de bateladas sequencias com grânulos aeróbios, e estudando a formação de grânulos e do efeito da duração do ciclo na remoção de carbono, nitrogênio e fósforo, obtiveram melhor resultado na remoção de NH₄⁺ no valor médio de 69%. O melhor desempenho na remoção de NH₄⁺ está relacionado com a idade de lodo, o que permitiu o enriquecimento de bactérias de crescimento lento, como os organismos nitrificantes.

A Figura 7 está representado os resultados do comportamento do Nitrato, obtidos durante o monitoramento do sistema

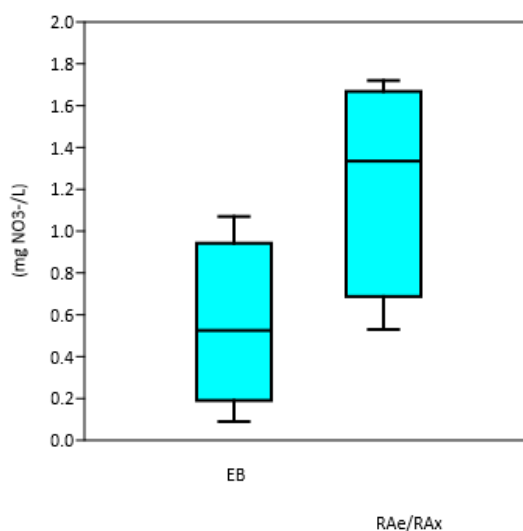


Figura 7. Comportamento do Nitrato no esgoto bruto e efluente do RAe/RAx.

Verificando o comportamento do nitrato no sistema (Figura 14). Nota-se que a concentração média no EB foi de 0,55 mgNO₃-/L e 1,23 mgNO₃-/L no efluente final. Os valores interquartis encontrados foram de (d = 0,75 mgNO₃-/L) no esgoto bruto, e (d = 0,98 mgNO₃-/L) no efluente final. O aumento na concentração de nitrato no sistema, indica a presença do processo de nitrificação, o qual ainda produziu efluente final dentro dos padrões exigidos pela legislação ambiental, conforme resolução do CONAMA nº 357/2005, que define limite máximo de 10 mgNO₃-/L.

CONCLUSÕES

Os parâmetros físicos e químicos analisados durante o monitoramento do sistema experimental, indicaram bom desempenho do sistema, produzindo efluente dentro dos padrões de lançamento definidos na legislação ambiental, principalmente no que se refere a remoção de matéria orgânica e nitrogenada.

A *Luffa cylindrica*, conforme os resultados apresentados, mostrou-se favorável ao processo de formação de biofilme para tratamento de esgoto, evidenciando seu potencial uso como meio suporte para agregação de biomassa e otimização do tratamento na remoção de nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22th. Washington: Public Health Association, 2012.
2. BUCHAUER, K. A. A comparison of two simple titration procedures to determine volatile fatty acids in effluents to waste – water and sludge treatment processes. Water S. A. v. 1, n. 24, 1998, p. 49 – 56.
3. JACOBS, A. C. P.; CORREA, C. Z.; PRATES, K. V. M. C.. Formação de biofilme em diferentes materiais suporte no tratamento biológico de esgoto sanitário. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 8, 2015, p. 95-109.
4. MOTA, A.M.C. Avaliação de um sistema Híbrido integrado de lodo ativado e biofilme em leito móvel para tratamento de esgotos domésticos, utilizando PVA-Gel como meio suporte. 2015. 199p. Dissertação - (Mestrado), Publicação PTARH.DM-173/2015, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2015.
5. RODIER, J. L'analyse de l'eau: eauxnaturelles, euaxrésiduales, eaux de mer. Volume 1, 5. ed. Dunod (Ed.) Paris. 1975. p 692.
6. SILVA, G. H.; MARTINS, C. L. Avaliação do processo de remoção biológica de fósforo de reator em bateladas sequencias (RBS), com diferentes condições operacionais, utilizando ensaios respirométricos e de biodesfosfatação em bancada. 2016.