

II-370 - UTILIZAÇÃO DE REATOR UASB SEGUIDO DE FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

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).

Layza Sabrine Magalhães da Silva

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

Keiciane Alexandre de Sousa

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

Clodoaldo de Sousa

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

José Tavares de Sousa

Engenheiro Químico pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (EESC/USP).

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

RESUMO

A combinação de sistemas anaeróbio-aeróbio apresenta-se como uma alternativa muito promissora para a remoção de material orgânico e nutrientes, e em condições favoráveis, essa combinação oferece grandes vantagens quando comparados aos sistemas de lodos ativados convencionais, pois produzem efluentes de boa qualidade e custos de implantação e de operação consideravelmente reduzidos. Diante disso, a presente pesquisa busca tratar esgotos sanitários através da combinação do reator UASB seguido de filtro biológico percolador, com a finalidade de remover constituintes físicos e químicos poluidores e produzir efluentes com condições adequadas de lançamento e reuso, bem como a minimização de resíduos gerados no tratamento. Os sistemas experimentais foram construídos em escala de bancada, para o reator UASB o volume útil foi de 3,357L, com fluxo ascendente, operando em regime de batelada com TDH de 8 horas, tratando aproximadamente 10L de esgoto por dia. Já o FBP possuiu um volume útil de 6,34L, disposto com 3 camadas distintas, sendo duas de brita e uma de areia lavada, tratando aproximadamente 6L de esgoto por dia. Verificou-se que o tratamento de águas residuárias utilizando reatores UASB seguidos de filtros biológicos percoladores mostrou-se satisfatório, pois de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, o filtro biológico percolador pode promover remoções adicionais de matéria orgânica assim como dos compostos nitrogenados. Desta forma, os sistemas podem ser justificados com uma alternativa muito promissora para o processo de tratamento de águas residuárias, pois atingiram os objetivos propostos no presente estudo além de resultarem em unidades de tratamento compactas e de baixo custo de implantação e de operação.

PALAVRAS-CHAVE: Reator UASB, Filtro Biológico Percolador, Esgotos sanitários, Material orgânico, Águas residuárias.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o Brasil vem sofrendo uma possível regressão em relação ao tratamento dos esgotos sanitários gerados por sua população, o que acaba ocasionando a degradação do meio ambiente, pois seus recursos hídricos estão cada vez mais deteriorados, dificultando o uso para fins recreacionais, ou, o mais grave, para o abastecimento público e irrigação das plantações que servem de alimento para a população. Devido a estes fatores, é de grande repercussão o desafio dos administradores e também dos sanitaristas brasileiros, na busca de tecnologias de baixo custo de implantação e operação para o tratamento desses esgotos (COSTA; FILHO; GIORDANO, 2014).

Segundo Florencio et al. (2006), as tecnologias de tratamento de esgotos são desenvolvidas a partir da grande necessidade de redução de matéria orgânica, sólidos em suspensão e de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio, para que esses esgotos sejam possíveis de serem lançados nos corpos hídricos. Os processos de remoção de matéria orgânica biodegradável através de sistemas de tratamento específicos são as alternativas mais viáveis para a redução dos nutrientes presentes no esgoto sanitário.

Em relação aos sistemas anaeróbios, Grady, Daigger e Lim (1999), destacam que os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), são reatores de altas taxas, com elevado tempo de retenção de sólidos e baixo tempo de detenção hidráulica. Porém, diante de suas vantagens, esses reatores não promovem a eliminação de nutrientes e organismos patogênicos, o que implica na necessidade de um pós-tratamento.

Diante dessa necessidade de pós-tratamento, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas, comprovando que Filtros Biológicos Percoladores (FBPs), são eficientes para o pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, como forma de atender aos padrões de lançamento estipulados pelas resoluções do CONAMA (357/2005 e 430/2011), quanto à remoção de matéria orgânica, sólidos em suspensão e nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Os FBPs são sistemas de tratamento aeróbios de esgotos sanitários que se baseiam no princípio da oxidação bioquímica do substrato orgânico presente nesses esgotos, apresentando assim um ambiente potencialmente favorável para que ocorra o processo de nitrificação com consequente remoção de nitrogênio amoniacal (COSTA, 2013).

Portanto, de acordo com Van Haandel e Marais (1999), a combinação de sistemas anaeróbio-aeróbio apresenta-se como uma alternativa muito promissora na remoção de material orgânico, sólidos e nutrientes, em condições favoráveis. Essa combinação oferece grandes vantagens quando comparados aos sistemas de lodos ativados convencionais, pois produzem efluentes de boa qualidade e custos de implantação e de operação consideravelmente reduzidos.

Diante disso, a presente pesquisa busca tratar esgotos sanitários através da combinação do reator UASB seguido de Filtro Biológico Percolador, com a finalidade de remover constituintes físicos e químicos poluidores e produzir efluentes com condições adequadas de lançamento e reuso, bem como a minimização de resíduos gerados no tratamento.

OBJETIVO

Tratar esgotos domésticos em reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), seguido de Filtro Biológico Percolador – FBP, buscando remover matéria orgânica, sólidos e nutrientes.

METODOLOGIA UTILIZADA

Os sistemas experimentais, construídos em escala de bancada, foram instalados e monitorados no Laboratório de Tratamento de Águas Residuárias (LabTAR), pertencente ao curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, localizado em área próxima à unidade Tapajós, pertencente à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), no município de Santarém – Pará (PA).

A coleta dos afluentes foi realizada semanalmente (ou de acordo com a necessidade dos sistemas), aproximadamente duas vezes por semana, o local de coleta desses afluentes situava-se próximo ao laboratório. Os afluentes coletados eram oriundos de contribuições das residências localizadas ao entorno da área de coleta, e possuíam características de águas cinzas.

O esgoto coletado era armazenado em reservatório de polietileno de 500L, possuindo uma tubulação para o retorno desse afluente, sendo conectado a uma bomba centrífuga, com o objetivo de homogeneizar esse afluente devido a característica de pouca matéria orgânica sanitária encontrada em águas cinzas, essa bomba era controlada por meio de temporizador, que oscilava em períodos intervalares de 15 minutos.

Reator UASB

Em seguida esse afluente era bombeado para o reator UASB, através de uma bomba peristáltica controlada por meio de temporizador digital, com 20 bateladas de 5 minutos cada. Na tabela 2 está compreendido e detalhado a programação utilizada. A vazão de operação medida foi de 100 mL/min.

O reator foi construído em PVC, apresentando medidas com: 8cm de diâmetro, 56cm de altura e volume útil de 3,356L (Figura 1). A forma de alimentação foi conduzida por fluxo ascendente, operando em regime de batelada, com tempo de retenção celular de 240 dias e tempo de detenção hidráulica (TDH) de 8 horas, tratando aproximadamente 10L de esgoto por dia.

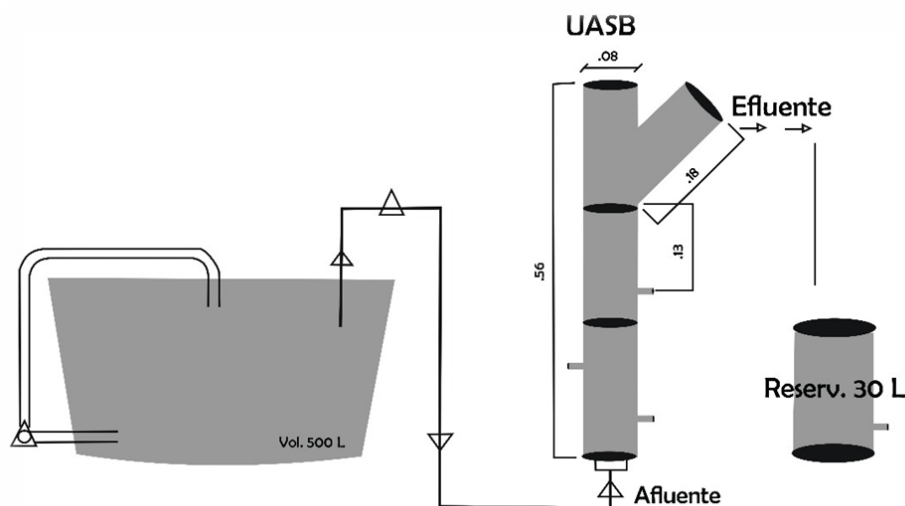


Figura 1 - Esquema de funcionamento do reator UASB.

Filtro Biológico Percolador – FBP

Para realizar a filtração, foi construído um FBP de bancada feito em vidro, com medidas de largura e o comprimento de 14,3 por 14,3 cm e altura de 45 cm, compreendendo um volume total de 9,2 L (Figura 2A), denominado de Filtro Biológico Percolador (FBP). O FBP ficou disposto com 3 camadas distintas, sendo duas de brita e uma de areia lavada. Como meio de filtração, foram utilizados: duas camadas de brita número 3, inserida na parte inferior e superior, com cerca de 3 cm de lâmina e uma camada extensa de 31 cm de areia lavada e peneirada em malha número 20 (Tyler Mesh), o equivalente a 0,84 mm (Figura 2B). A camada de areia utilizada representou um volume útil aproximado de 6,34 L. A areia utilizada representou um volume de ocupação no sistema de 68%, apresentando desta forma um volume de vazios de 32%. O volume caracterizado compreendeu 2,03 L.

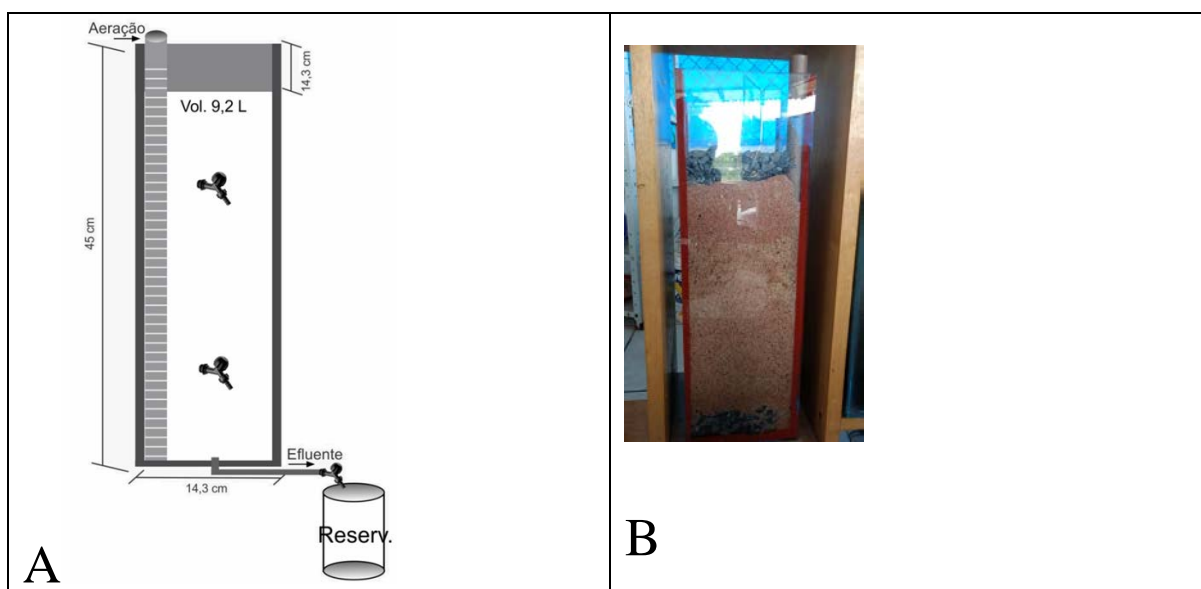


Figura 2 – A) Esquema de funcionamento do FBP; B) Reator de Bancada – Filtro Biológico Percolador

Procedimento Analítico

As avaliações e acompanhamento dos sistemas operados foram monitoradas por meio de análises físicas e químicas. Para as análises físicas e químicas foram coletadas amostras do reservatório de armazenamento do esgoto bruto, do reator UASB e Filtro Biológico Percolador.

As determinações químicas efetuadas durante o período experimental seguiram as recomendações do APHA (2012). No entanto, ácidos graxos voláteis e alcalinidade foram determinados com base no método Kapp descrito por Buchauer (1998) (Ver Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros analisados no acompanhamento do desempenho dos reatores.

Variáveis	Métodos Analíticos	Referência
*DQO (mgO ₂ /L)	Titulométrico Refluxação Fechada	5220 C. / APHA, (2012)
pH	Potenciométrico	4500 / APHA, (2012)
Temperatura (°C)	-	2550 / APHA, (2012)
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	Kapp	BUCHAUER (1998)
AGV(mg/L)	Kapp	BUCHAUER (1998)
Nitrato (mgN-NO ₃ ⁻ /L)	Salicilato de Sódio	RODIER (1975)
Nitrito (mgN-NO ₂ ⁻ /L)	Colorimétrico Diazotização	4500-NO ₂ B. / APHA, (2012)
Amônia (mgN-NH ₄ ⁺ /L)	Semi-MicroKjeldahl	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; pH – Potencial Hidrogeniônico; SST – Sólidos Suspensos Totais; SSV – Sólidos Suspensos Voláteis; SSF – Sólidos Suspensos Fixos.

RESULTADOS

Analisando os resultados de pH nos sistemas, os valores obtidos durante o período de monitoramento foram em média de 7,26 para o esgoto bruto, 7,39 para o reator UASB e 7,45 para o filtro biológico percolador. O comportamento dos valores de pH durante a avaliação experimental está representado na figura 3.

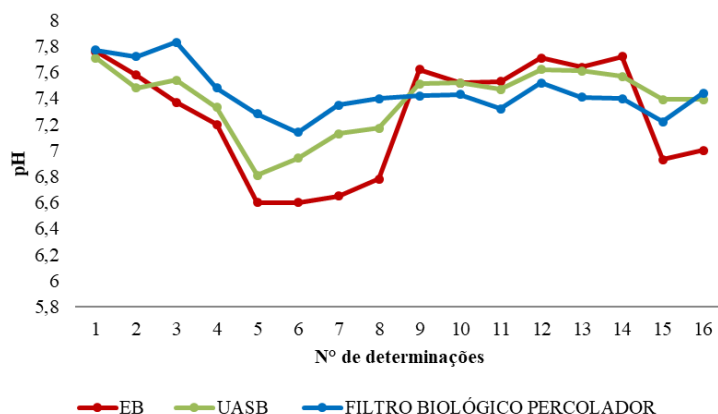


Figura 3 - Comportamento do potencial hidrogeniônico – pH no esgoto bruto-EB, reator UASB e filtro biológico percolador-FBP

Com relação aos resultados obtidos para o parâmetro de alcalinidade total, os valores médios encontrados foram de 201,47 ppmCaCO₃ para o esgoto bruto, 208,58 ppmCaCO₃ para o reator UASB, e 170,11 ppmCaCO₃ para o FBP. O comportamento das concentrações de alcalinidade total durante a avaliação experimental está representado na figura 4.

Com relação à remoção de matéria orgânica, obteve-se valores médios de 278 mgO₂/L no esgoto bruto, 93 mgO₂/L para o reator UASB e 62 mgO₂/L para o FBP. Para os valores obtidos no reator UASB, notou-se uma eficiência de remoção de 66,55%, portanto o reator comprovou o bom funcionamento do processo de digestão anaeróbia, mantendo-se dentro da faixa de eficiência recomendada na literatura para o tratamento anaeróbio de esgotos domésticos, que segundo Van Haandel e Lettinga (1994), está entre 65 a 75%.

Em relação à concentração de íon amônio, os resultados médios obtidos foram de 45,78 mg/L para o esgoto bruto, 47,36 mg/L para o reator UASB e 37,83 mg/L para o filtro biológico percolador.

Em relação ao nitrato, os resultados médios obtidos foram de 0,55 mg/L para o esgoto bruto, 0,51 mg/L para o reator UASB e 34,61 mg/L para o filtro biológico percolador.

Para o parâmetro de fosfato, os resultados médios obtidos foram de 2,84 mg/L para o esgoto bruto, 2,51 mg/L para o reator UASB e 2,37 mg/L para o filtro biológico percolador.

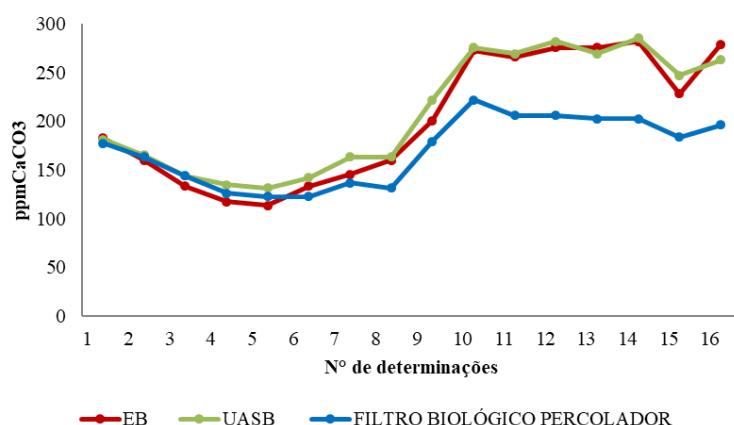


Figura 4 - Comportamento da alcalinidade total no esgoto bruto-EB, reator UASB e filtro biológico percolador-FBP

Com relação à remoção de matéria orgânica, obteve-se valores médios de 278 mgO₂/L no esgoto bruto, 93 mgO₂/L para o reator UASB e 62 mgO₂/L para o FBP. O comportamento das concentrações de DQO durante a avaliação experimental está representado na figura 5.

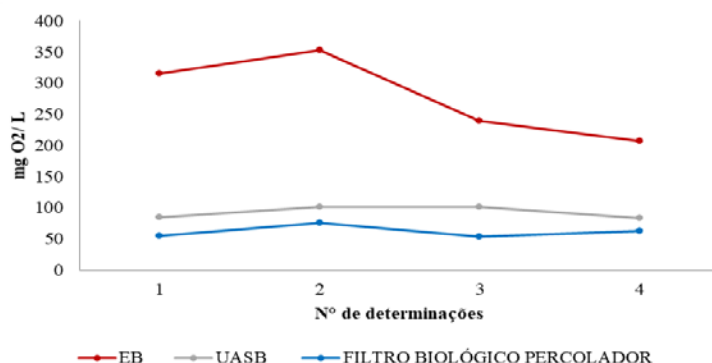


Figura 5 - Comportamento de DQO no EB, Reator UASB e FBP.

Para os valores obtidos no reator UASB, notou-se uma eficiência de remoção de 66,55%, portanto o reator comprovou o bom funcionamento do processo de digestão anaeróbia, mantendo-se dentro da faixa de eficiência recomendada na literatura para o tratamento anaeróbio de esgotos domésticos, que segundo Van Haandel e Lettinga (1994), está entre 65 a 75%.

Para o parâmetro de íons nitrito, os resultados médios obtidos foram de 0,03 mg/L para o esgoto bruto, 0,02 mg/L para o reator UASB e 0,92 mg/L para o filtro biológico percolador. O comportamento das concentrações de nitrito durante a avaliação experimental está representado na figura 6.

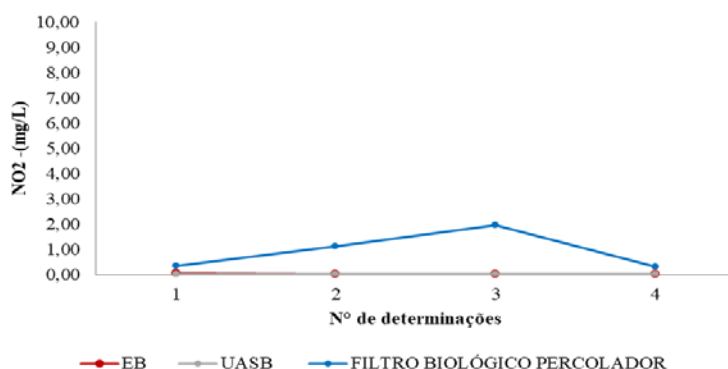


Figura 6 - Comportamento de nitrito no EB, reator UASB e FBP.

No reator UASB, observou-se uma concentração quase nula de nitrito no processo, isso se dá pelo fato de ser um sistema anaeróbio, onde as bactérias presentes não realizam a oxidação, portanto, não há oxidação do nitrogênio amoniacal a nitrito, essa etapa só ocorre em ambientes aeróbios, que ocorre na etapa de nitrificação.

Em relação ao FBP, observou-se que em relação aos demais valores obtidos, houve um aumento considerável desse parâmetro, o que pode ser justificado pelo processo de nitrificação, mais especificamente pela primeira etapa desse processo, denominada de nitrificação, onde de acordo com Bitton (2005), a oxidação de amônia a nitrito se dá por atuação das bactérias autotróficas do gênero Nitrosomonas, (que corresponde a maioria das bactérias que atuam nessa etapa).

Em relação ao nitrato, os resultados médios obtidos foram de 0,55 mg/L para o esgoto bruto, 0,51 mg/L para o reator UASB e 34,61 mg/L para o filtro biológico percolador. O comportamento das concentrações de nitrato durante a avaliação experimental está representado na figura 7.

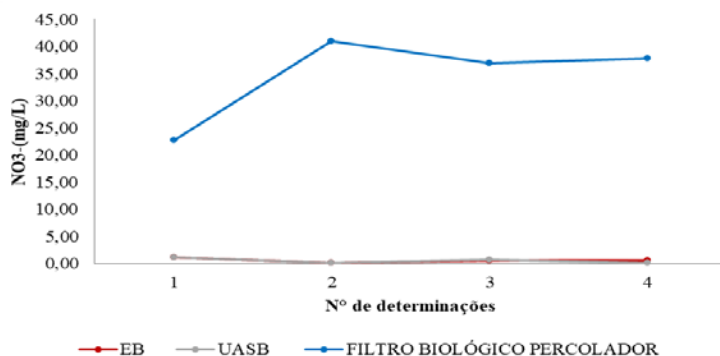


Figura 7 - Comportamento de nitrato no EB, reator UASB e FBP.

Em relação o reator UASB, como explicado no item anterior, percebeu-se um valor quase nulo de nitrato no processo, isso se dá pelo fato de ser um sistema anaeróbio, onde não há atuação de bactérias nitrificantes.

Para o FBP, observou-se um aumento significativo em relação ao reator UASB, esse aumento é justificado, devido a presença do processo de nitrificação (nitrificação + nitrificação). Segundo Bitton (2005), a nitrificação ocorre com a oxidação do nitrito a nitrato pela ação das bactérias do gênero *Nitrobacter* (que corresponde a maioria das bactérias presentes nessa etapa). Vale ressaltar que o FBP obteve concentração média de nitrato acima do recomendado pela resolução CONAMA 357/2005, que estabelece um limite de 10 mg/L de NO_3^- . Como o FBP tem a função principal de nitrificação e oxidação da matéria orgânica, é de se esperar efluentes adequados para reuso agrícola, pois neste processo não há possibilidade de desnitrificação.

CONCLUSÕES

O tratamento de águas residuárias utilizando reator UASB seguido de filtro biológico percolador, de acordo com o presente estudo, mostrou-se satisfatório, pois de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, o reator UASB removeu matéria orgânica e sólidos em suspensão conforme os padrões de tratamento consolidados. O filtro biológico percolador removeu matéria orgânica e nitrogênio amoniacal. Contudo, o efluente final carece de melhorias para otimizar a remoção de sólidos.

O filtro biológico percolador obteve um bom desempenho no processo de nitrificação, produzindo efluentes com qualidade de reuso relacionado ao parâmetro nitrato. Com relação ao parâmetro nitrito, o efluente final mostrou-se dentro do valor limite recomendados nos padrões de lançamento (CONAMA 357/2005).

A taxa de aplicação superficial aplicada proporcionou produzir maior quantidade de efluentes com nitrificação elevada, visto que, o sistema operou com aplicação de carga superficial volumétrica acima do recomendado na norma ABNT 13.969 de 1997 (quase 300%).

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. COSTA, E. D. S; FILHO, O. B; GIORDANO, G. Reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB): Uma abordagem concisa. Coletânea em Saneamento Ambiental. Série temática tecnologias ambientais. Volume 5, 1 ed. Rio de Janeiro – RJ, 2014.

4. FLORENCIO, L.; AISSE, M.; BASTOS, R.; PIVELI, R. Utilização de esgotos sanitários – marcos conceituais e regulatórios. In: Tratamento e utilização de esgotos sanitários. FLORENCIO, L.; BASTOS, R.; AISSE, M. Recife: ABES, 2006. 427 p.
5. GRADY, L.; DAIGGER, G. T.; LIM, H. C. Biological wastewater treatment: theory and applications. Marcel Dekker, New York, 1999.
6. RODIER, J. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. Volume 1, 5. ed. Dunod (Ed.) Paris. 1975. p 692.
7. VAN HAANDEL, A. C. & LETTINGA, G., (1994). Tratamento Anaeróbio de Esgotos. Um manual para regiões de clima quente.