

XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E SÓLIDOS DE ESGOTO SANITÁRIO BRUTO EM REATOR EM BATELADAS SEQUENCIAIS AERADO

Danielle Hiromi Nakagawa⁽¹⁾, Camila Zoe Correa⁽²⁾, Luís Fernando Firmino Demetrio⁽³⁾, Bruno de Oliveira Freitas⁽⁴⁾ e Kátia Valéria Marques Cardoso Prates⁽⁵⁾

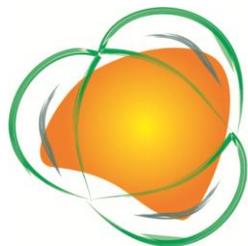
⁽¹⁾ Docente; Instituto Federal do Paraná – Campus Jaguariaíva; Jaguariaíva-PR; danielle.nakagawa@ifpr.edu.br; ⁽²⁾ Docente; Departamento Acadêmico de Ambiental; UTFPR – Campus Londrina; camila.z.correa@gmail.com; ⁽³⁾ Graduado em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Luis_ffd@hotmail.com ⁽⁴⁾ Docente; Departamento Acadêmico de Ambiental; UTFPR – Campus Londrina; brunofreitas@utfpr.edu.br; ⁽⁵⁾ Docente; Departamento Acadêmico de Ambiental; UTFPR – Campus Londrina; kprates@utfpr.edu.br.

Eixo Temático: 7. Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos

RESUMO – O esgoto sanitário contém em sua constituição matéria orgânica e nutrientes, sendo estes compostos que devem ser removidos antes do seu lançamento em mananciais, com vistas a proteger a integridade dos corpos hídricos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a remoção de matéria orgânica e sólidos em um reator em Bateladas Sequências aerado (RBSa) com biomassa aderida e em suspensão, alimentado com esgoto sanitário bruto. O sistema foi composto por um reator de 24 L (volume útil de 10 L), sendo 20% ocupado com lodo e 50% com material suporte (biobobs, com espuma de poliuretano). O reator foi operado por 76 ciclos de 8 horas cada, com aeração contínua e com temperatura de 25°C. Foram realizadas análises para determinação de pH, Oxigênio dissolvido (OD), temperatura, Demanda Química de Oxigênio Total (DQO_T) e Filtrada (DQO_F), sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSV). O reator atingiu eficiência média de remoção de DQO_T de 76±12%, DQO_F de 77±7%, SST e SSV de 85 ±15%. Dos resultados aponta-se que nas condições trabalhadas o reator apresentou eficiência consideravelmente elevada em termos de remoção de matéria orgânica e sólidos, apresentando-se como uma alternativa viável ao tratamento biológico de esgoto sanitário bruto.

Palavras-chave: Material suporte. Biofilme. Espuma de poliuretano. Lodo.

ABSTRACT – The sewage contains in its constitution organic matter and nutrients, which are compounds that must be removed prior to its launch in springs, in order to protect the integrity of water bodies. The objective of this study was to evaluate the removal of organic matter and solids in a reactor in Batch Sequences aerated (RBSa) with biomass attached and suspension, fed with raw sewage. The system was composed of a 24 L reactor (working volume 10 L), 20% occupied with sludge and 50% with material support (biobobs with polyurethane foam). The reactor was operated for 76 cycles of 8 hours each, with continuous aeration and 25°C. Analyzes were performed to



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

determine pH, dissolved oxygen (DO), temperature, Chemical Oxygen Demand Total (DQO_T) and filtered (DQO_F), Total Suspended Solids (SST) and volatile (SSV). The reactor reached an average removal efficiency DQO_T 76±12%, DQO_F 77 ±7% SST and SSV of 85 ± 15%. The results shows that the conditions worked the reactor showed considerably high efficiency of removal of organic matter and solids, presenting itself as a viable alternative to biological treatment of raw sewage.

Keywords: Support material. Biofilms. Polyurethane foam. Sludge

Introdução

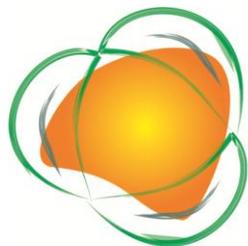
O lançamento de esgoto sanitário sem o devido tratamento pode trazer muitos impactos ambientais negativos ao meio ambiente, visto que este efluente contém em sua constituição muitos compostos, como matéria orgânica, nutrientes e sólidos. Sendo assim é necessário o emprego de tratamento adequado para a remoção destes constituintes.

Uma das técnicas muito utilizadas para o tratamento deste efluente, visando à remoção de matéria orgânica e sólidos, é o tratamento biológico. Este tratamento tem o objetivo de fazer com que o processo de depuração se desenvolva em condições controladas e a taxas mais elevadas. Os principais organismos envolvidos no processo são as bactérias, protozoários, fungos, algas e vermes. Sendo as bactérias os mais importantes na estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 1996). Dentro do tratamento biológico os organismos podem se desenvolver em suspensão ou aderidos.

No crescimento suspenso, a biomassa cresce de forma dispersa no meio líquido, sem nenhuma estrutura de sustentação. Já no crescimento aderido, a biomassa cresce aderida a um meio suporte, formando um biofilme (VON SPERLING, 1996). Visando aumentar a quantidade de biomassa ativa no sistema, vem sendo empregado reatores que unem estes dois sistemas de tratamento, obtendo resultados satisfatórios quanto a remoção de matéria orgânica (NETO; COSTA, 2011).

Estes sistemas agregados dão origem aos processos de cultura mista, ou sistemas híbridos (MÜLLER, 1998) os quais apresentam algumas vantagens, pois permitem instalações mais compactas, menores custos construtivos, maiores eficiências na remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo e maior concentração de biomassa ativa (WOLFF *et al.*, 2005).

Uma das alternativas empregadas no uso de reatores para tratamento de esgoto é o Reator em Bateladas Sequenciais (RBS), que é capaz de proporcionar condições ambientais necessárias para a ocorrência dos processos de tratamento de efluentes. O RBS obedece a um ciclo de operação pré-determinado de acordo com as necessidades do tratamento, tendo como vantagem a flexibilidade de ajuste no tempo para as reações necessárias, e antes de começar um novo ciclo, no reator já está presente a biomassa que permaneceu dos ciclos anteriores (CYBIS; PICKBRENNER,



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

2000) Este tratamento é interessante, pois o RBS permite agrupar em um único tanque os processos e operações que seriam desenvolvidos simultaneamente no sistema em unidades fisicamente separadas (EPA, 1999).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a remoção de matéria orgânica e sólidos em um reator em Bateladas Sequências aerado (RBSa) com biomassa fixa e em suspensão, com alimentação de esgoto sanitário bruto.

Material e Métodos

O esgoto sanitário bruto que alimentou o RBSa foi coletado na ETE Norte do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) da cidade de Ibiporã – PR.

O sistema experimental foi composto por um RBSa circular confeccionado em polipropileno com diâmetro de 24,6 cm e altura de 50 cm, resultando em um volume total de 24 L, sendo o volume útil de 10 L e o volume de tratamento de 6,5 L.

Na base do reator foi instalado um cano que serviu para o descarte do esgoto tratado. Este cano ficou disposto dentro do reator, a 4,2 cm da base, garantindo que a cada descarte 20% do lodo suspenso permaneceria no sistema.

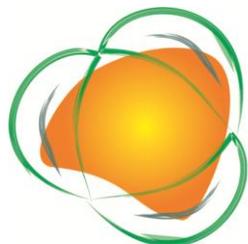
Dois reservatórios plásticos foram utilizados junto ao reator, sendo um para alimentação e outro para o descarte do esgoto tratado. A alimentação e o descarte do esgoto foram realizados por bombas eletro-mecânicas (Modelo:Robertshaw -127 60 Hz 34 w).

A temperatura do esgoto sanitário dentro do reator foi controlada, sendo mantida a 25^oC utilizando um termostato (modelo: HOPAR H-606) e para aeração do sistema foi utilizado um compressor de ar acoplado a 4 pedras porosas (modelo: Big Air A 420) que fornecia ar a uma vazão de 4,5 L/min (informações do fabricante).

O reator foi operado com ciclos de 8 horas (480 minutos), sendo este período dividido em: alimentação do reator (5 minutos), aeração (411 minutos), sedimentação da biomassa (60 minutos), descarte do efluente depurado (2 minutos), tempo de espera para o início do próximo ciclo (2 minutos). As fases de operação do reator foram gerenciadas por um painel de controle e automação.

Como material suporte para aderência dos microrganismos e formação de biofilme, foram utilizados biobobs, que ocuparam cerca de 50% do volume útil do reator. Estes biobobs foram constituídos de matrizes de espuma de poliuretano de 2 cm de largura, 7,5 cm de comprimento e 1 cm de espessura, com densidade de 15 Kg/m³ envolto por anéis de polipropileno perfurados, com 3 cm de diâmetro e 2 cm de altura.

No esgoto sanitário bruto e tratado foram realizadas as seguintes análises físico-químicas a cada três ciclos, seguindo os procedimentos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012): pH, Oxigênio Dissolvido (OD), temperatura (0C), Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/L), Sólidos Suspensos Totais (SST) (mg/L), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) (mg/L).



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

A determinação da quantidade dos sólidos aderidos (Sólidos Totais Aderidos – STA e Sólidos Totais Voláteis Aderidos – STVA) ao material suporte foi realizada no 46º, 61º e 76º ciclo. O material suporte retirado foi repostado ao sistema e devidamente identificado para que não fosse reutilizado em análise posterior.

Resultados e Discussão

Os valores médios de entrada e saída do pH, OD, temperatura, DQO_T, DQO_F, SST e SSV, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Média, desvio padrão e porcentagem de remoção dos parâmetros físico-químicos analisados no esgoto bruto e tratado.

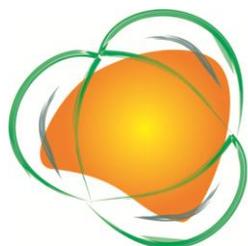
Parâmetros	Bruto	Tratado	% Remoção
pH	7,2±0,4	8,2±0,12	-
OD (mg/L)	-	6,7±0,69	-
Temperatura (°C)	-	24,3±0,8	-
DQO _T (mg/L)	464±87	95±39	76±12%
DQO _F (mg/L)	284±72	68±32	77±7%
SST (mg/L)	418±171	56±63	85±14%
SSV (mg/L)	316±91	45±53	85±14%

O valor médio e o desvio padrão obtidos para DQO_T no esgoto bruto foi 464 ± 87 mg/L, com valor máximo de 576 mg/L e mínimo de 376 mg/L. De acordo com Metcalf & Eddy (2003), o esgoto bruto apresentou características de esgoto médio, sendo apontado o valor de DQO para esse tipo de esgoto de 250 a 500 mg/L. A DQO_F obtida foi em média de 284 ± 72 mg/L, com valor máximo de 347 mg/L e mínimo de 204 mg/L.

O valor médio de DQO_T na saída (Figura 1) do reator foi de 95± 39mg/L e de DQO_F de 68 ± 32 mg/L, atingindo uma eficiência de remoção de matéria orgânica ao longo de todo o período de operação do reator de 76±12% de DQO_T e 77±7% de DQO_F.

Cybis, Santos e Gehling (2004) realizaram um estudo utilizando esgoto com baixa carga orgânica (257 mg/L) e obtiveram a estabilização do reator em batelada sequencial aeróbio após 4 dias de experimento (ciclos de 8 horas), porém o seu sistema já havia sido inoculado com lodo de ETE, o que não aconteceu com o RHBSa operado neste trabalho.

Na Figura 2 e 3 são apresentados os valores de SST e SSV no esgoto bruto e tratado juntamente com suas respectivas eficiências de remoção. Em relação ao SST no esgoto tratado o valor médio foi 56 ± 45 mg/L, obtendo-se desempenho médio de 85 ± 14%. Ao longo do período operacional do sistema o reator chegou a alcançar uma eficiência de 99% de remoção de SST. O Comportamento da remoção da matéria orgânica também foi avaliada por meio dos sólidos SSV, sendo obtido desempenho do



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

reator para este parâmetro de $85 \pm 14\%$, chegando em muitos ciclos a remover cerca de 99% de SSV.

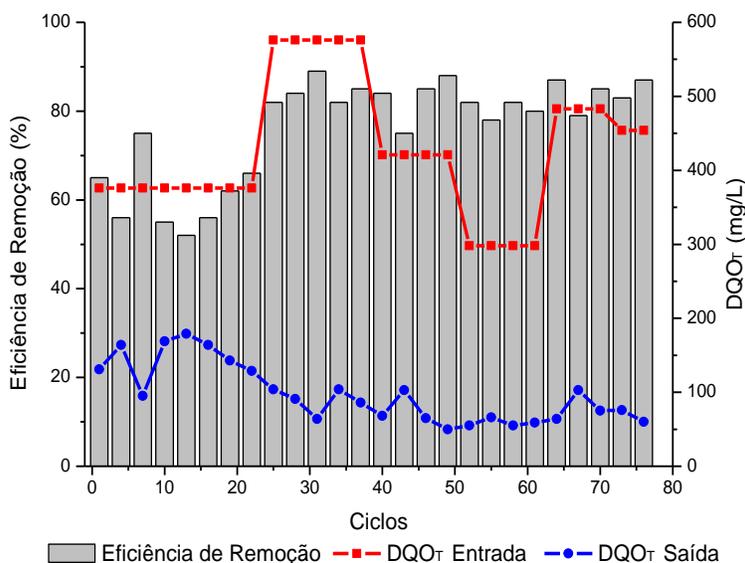


Figura 1. Valores de DQO_T encontrados no esgoto bruto e tratado juntamente como a eficiência de remoção obtida no reator.

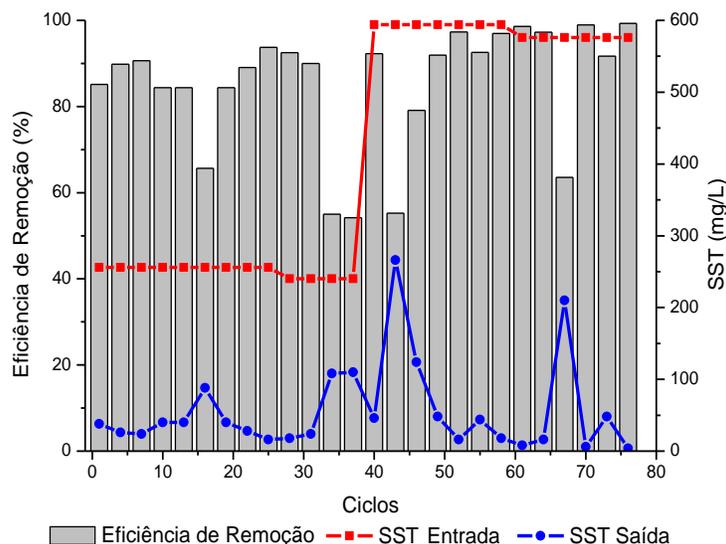
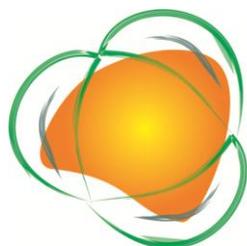


Figura 2. Valores de SST do esgoto bruto e tratado e eficiência de remoção obtida no reator.



XIII Congresso Nacional de MEIO AMBIENTE de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

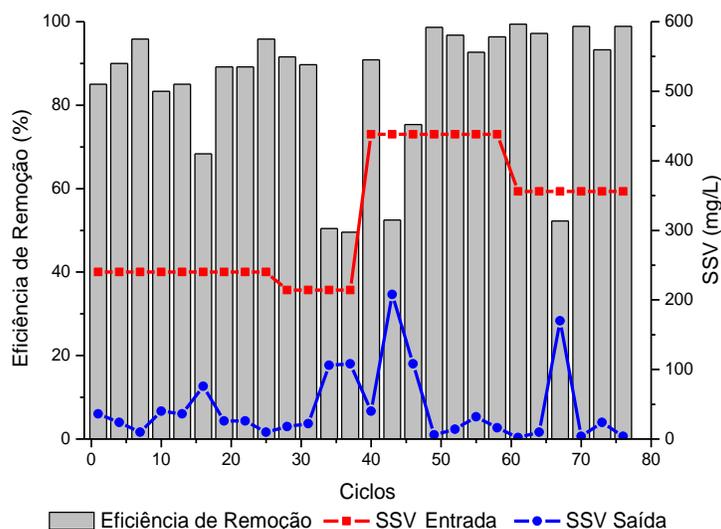
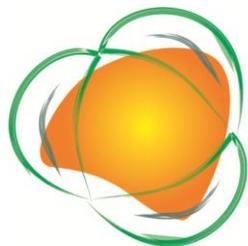


Figura 3. Valores de SSV do esgoto bruto e tratado e eficiência de remoção obtida no reator.

Neto e Costa (2011) avaliaram um reator híbrido em bateladas sequenciais para tratar esgoto bruto, com ciclos de 8 horas, sendo utilizado como material suporte rede de nylon. Estes autores obtiveram em seu trabalho remoção média de DQO de 80% e remoção de SSV entre 78 e 82%, indicando que o sistema foi eficiente para remover DQO e SSV do esgoto bruto.

Fernandes *et al.* (2013) operando um reator em bateladas sequenciais em grande escala, aerado, apenas com biomassa em suspensão para tratar esgoto sanitário bruto, obteve eficiência de remoção de DQO_F de 80% e remoção de SST e SSV de 70% e 80% respectivamente.

Leyva-Díaz *et al.* (2014) trabalhando com três biorreatores de membrana com diferentes configurações: um do modelo convencional (MBR), um híbrido, com biomassa aderida e suspensa (MBBR- MBR) e um de leito fluidizado, que continha apenas biomassa aderida (MBBR- MBR pure), concluíram que o MBBR-MBR híbrido, obteve a melhor eficiência de remoção de DQO e DBO_5 do que os outros sistemas analisados, atingindo eficiência de remoção de $87,39\% \pm 6,01\%$ de DQO e $97,46 \pm 1,52\%$ de DBO_5 no sistema. Em relação à remoção de SST este reator atingiu a segunda melhor eficiência, com valor médio de $95,90 \pm 3,71\%$. A maior eficiência de remoção de matéria orgânica obtida no sistema híbrido, segundo Leyva-Díaz *et al.* (2014), foi atribuída a presença de biomassa suspensa e aderida, enquanto nos outros reatores a mesma estava presente apenas na forma suspensa (MBR) ou aderida (MBBR-MBR pure).



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Na Tabela 2 são apresentados os resultados para a concentração de STA e STVA no material suporte.

Tabela 2. Concentração de sólidos totais (STA) e voláteis aderidos (STVA) ao material suporte.

Ciclos	Tempo de operação dos reatores (horas)	STA (mg/g de espuma)	STVA (mg/g de espuma)
46 ^o	368	342,4	215,2
61 ^o	488	793,2	295,8
76 ^o	608	851,4	300,0

A partir da análise da concentração de STVA ao material suporte, constatou-se tendência de aumento do número de organismos aderidos. Do resultado final de STVA e STA é possível determinar a concentração média de biomassa aderida por L segundo Abreu e Zaiat (2007).

Utilizando uma concentração média de 270,33mgSTVA/g de material suporte e o volume total do reator, obteve-se uma concentração de 4,05 gSTVA/L de biomassa, valor este superior ao encontrado por Abreu e Zaiat (2007), de 3,35 gSTVA/L e Vela (2007) que encontrou cerca de 3,48 gSTVA/L. Segundo Vela (2007) este baixo valor de sólidos encontrado esteve ligado a perda de biomassa aderida durante a operação do sistema.

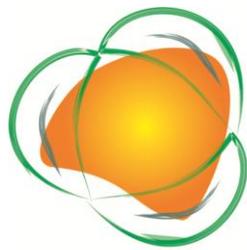
Leyva-Díaz *et al.* (2013) encontrou cerca de 1,00±0,304 g/L de STA em material suporte, em seu sistema de reator de leito móvel combinado com membrana, em uma zona aeróbia de amostragem, valor inferior ao obtido nas análises no material suporte neste RHBSa, sendo este de 12,77 gSTA/L ao final do processo de tratamento.

Conclusões

A partir do 25^o ciclo, o sistema alcançou sua estabilidade em termos de remoção de matéria orgânica, com eficiência média de 83±4% para DQOT e 80±4% para DQOF. Em relação à remoção de sólidos, obteve-se 86±16% para SST e 89±16% de SSV. A partir dos resultados concluiu-se que o RBSa foi eficiente no tratamento do esgoto bruto.

Referências Bibliográficas

ABREU, S. B.; ZAIAT, M.. (2008) DESEMPENHO DE REATOR ANAERÓBIO-AERÓBIO DE LEITO FIXO NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO. Eng. Sanit. Ambient., v.13, n. 2, p. 181-188, abr/jun 2008.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

CYBIS, L. F.; PICKBRENNER, K. Uso de Reator Sequencial em Batelada para pós-tratamento de efluentes de tratamento anaeróbio. In: XVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000. Porto Alegre-RS. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

CYBIS, L. F. A.; SANTOS, A. V.; GEHLING, G. R. Eficiência do reator sequencial em batelada (RSB) na remoção de nitrogênio no tratamento de esgoto doméstico com DQO baixa. Eng. sanit. ambient. v. 9. n. 3. p. 260-264. Jul/set, 2004.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Wastewater Technology Fact Sheet Sequencing Batch Reactors. EPA 832-F-99-073. 1999

FERNANDES, H.; JUNGELS, M. K.; HOFFMANN, H.; ANTONIO, R., V.; COSTA, R. H. R.; Full-scale sequencing batch reactor (SBR) for domestic wastewater: Performance and diversity of microbial communities. Bioresource Technology v.132, p. 262-268, 2013.

LEYVA-DÍAZ J.C.; CALDERÓN, K.; RODRÍGUEZ, F. A.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, J.; HONTORIA, E.; POYATOS, J. M. Comparative kinetic study between moving bed biofilm reactor-membrane bioreactor and membrane bioreactor systems and their influence on organic matter and nutrients removal. Biochemical Engineering Journal, v. 77, p. 28-40, 2013.

LEYVA-DÍAZ J.C.; MARTÍN-PASCUAL, J.; MUÑO, M. M.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, J.; HONTORIA, E.; POYATOS, J. M. Comparative kinetics of hybrid and pure moving bed reactor-membrane bioreactors. Ecological Engineering, v. 70, p. 227-234, 2014.

METCALF & EDDY. Wastewater Engineer: Treatment, Disposal and Reuse. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

NETO, L. G. L.; COSTA, R. H. R. Tratamento de esgoto sanitário em reator híbrido em bateladas sequenciais: eficiência e estabilidade na remoção de matéria orgânica e nutrientes (N, P). Eng. sanit. ambient. v. 16. n. 4. p. 411-420. Out/dez, 2011.

NUVOLARI, A. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. v. 2. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WOLFF, D. B.; OCHOA, J. C.; PAUL, E.; COSTA, R. H. R. Nitrification in hybrid reactor with a recycled plastic support material. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 48, p. 234-248, 2005.