

II-081 - REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM FILTROS ANAERÓBIOS PREENCHIDOS COM CÁPSULAS DE CAFÉ

Matheus de Sá Farias⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas no Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRS/UFLA).

Gabriela Rezende de Souza⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre e doutoranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas no DRS/UFLA.

Luiz Fernando Coutinho de Oliveira⁽³⁾

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre e doutor em Engenharia Agrícola pela UFLA. Professor Titular no DRS/UFLA.

Ronaldo Fia⁽⁴⁾

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Engenharia Agrícola pela UFV. Professor Associado no DRS/UFLA.

Yasmin Fernandes Silva⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas no DRS/UFLA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Sete de Setembro, 55 - Centro - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: (31) 99239-5748 - e-mail: matheusfarias.engambiental@gmail.com

RESUMO

O tratamento adequado de efluentes é fundamental para que seu lançamento em corpos receptores não ocasiona impactos e, por isso, o desenvolvimento de tecnologias alternativas tem sido uma busca constante pelos profissionais do saneamento. Nesse contexto, uma infinidade de materiais têm sido estudados, possibilitando agregação de valor a resíduos, implicando em menores custos de tratamento. Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar a remoção de matéria orgânica em reatores anaeróbios de leito fixo preenchidos com diferentes combinações de cápsulas de café expresso. Foram construídos três reatores anaeróbios de leito fixo (R1, R2 e R3) em escala de bancada, de escoamento ascendente e alimentação contínua, preenchidos com cápsulas de café em diferentes configurações. O esgoto sanitário foi proveniente do tratamento preliminar, composto por gradeamento e caixa de gordura, da estação de tratamento de esgotos da Universidade Federal de Lavras. Cada reator possuía capacidade volumétrica de 4,4 L, o tempo de detenção hidráulica foi configurado entre 8 e 12 h e foram aplicadas cargas orgânicas entre 3,4 e 4,8 kg m⁻³d⁻¹ de DQO. Os resultados obtidos indicaram que a eficiência dos sistemas foram elevadas, com valores mínimo de remoção de ST, SVT, SST, DQO equivalentes a 73%, 85%, 97% e 85%, respectivamente. Embora as eficiências de remoção de carga orgânica tenham sido elevadas, não foi constatada relação entre as diferentes combinações de material suporte utilizadas, como em R1 que possui o dobro da área superficial específica em relação aos demais, e eficiência.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto doméstico, Cápsula de café expresso, Crescimento aderido, Carga orgânica, Eficiência de tratamento.

INTRODUÇÃO

Efluentes de qualquer fonte poluidora devem receber o devido tratamento antes de seu lançamento em corpos receptores. A ausência de tratamento ou quando realizado de forma inadequada tem como consequências impactos ambientais, como poluição hídrica e contaminação do solo, impactos econômicos e sociais, podendo causar efeitos não desejados à saúde pública.

De forma a adequar os efluentes gerados por atividades domésticas ou industriais, diversas tecnologias de tratamento têm sido desenvolvidas. Entre elas se destacam os reatores anaeróbios de leito fixo, por sua capacidade de aumentar a eficiência do sistema por meio da adesão de microrganismos ao material suporte durante o processo de tratamento.

O desenvolvimento de sistemas de tratamento de esgoto, eficientes e adaptáveis às condições econômicas e estruturais de uma região, constitui-se em uma importante medida sanitária. Sabe-se, por exemplo, que os biofilmes podem se desenvolver em diversos ambientes, dessa forma existem várias pesquisas utilizando diferentes opções de materiais suportes, tais como polietileno, cascas de coco verde, escória de alto-forno, espuma de poliuretano, brita e rocha vulcânica (FIA et al., 2010a; LÓPEZ-LÓPEZ et al., 2013; RODRIGUES et al., 2016). Muitas dessas opções são resíduos, podendo dessa forma ser reutilizados de forma sustentável em um projeto tecnicamente viável e ambientalmente adequado.

Nesse panorama, surgem as cápsulas de café, que atualmente tem sido foco de muitas discussões pelo seu difícil reaproveitamento, dada sua variável composição (PINTARELLI, 2017). Dessa forma, considerando a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento de esgoto e a busca por uma destinação alternativa sustentável para esse resíduo, surge o objetivo do desenvolvimento deste trabalho.

OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a remoção de matéria orgânica em reatores anaeróbios de leito fixo preenchidos com diferentes combinações de cápsulas de café expresso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras (ETE-UFLA). Foram construídos três reatores anaeróbios de leito fixo (R1, R2 e R3) em escala de bancada, de escoamento ascendente e alimentação contínua, preenchidos com cápsulas de café em diferentes configurações. O esgoto sanitário foi proveniente do tratamento preliminar, composto por gradeamento e caixa de gordura, da ETE-UFLA.

Os reatores foram construídos em tubos de PVC de DN 150 mm e 30 cm de altura, utilizando-se Caps de PVC no fundo e na parte superior dos tubos. A entrada do esgoto deu-se pela parte inferior, por meio de tubos de PVC de DN 20 mm e uma conexão em Tê de DN 20 mm no interior dos reatores, para melhor distribuição do afluente. O efluente tratado foi coletado na parte superior dos reatores por bombas peristálticas, que realizaram o bombeamento do mesmo a 2,0 cm abaixo do nível de esgoto, por meio de mangueiras de silicone de diâmetro 0,32 mm. O fluxograma do sistema de tratamento experimental é apresentado na Figura 1.

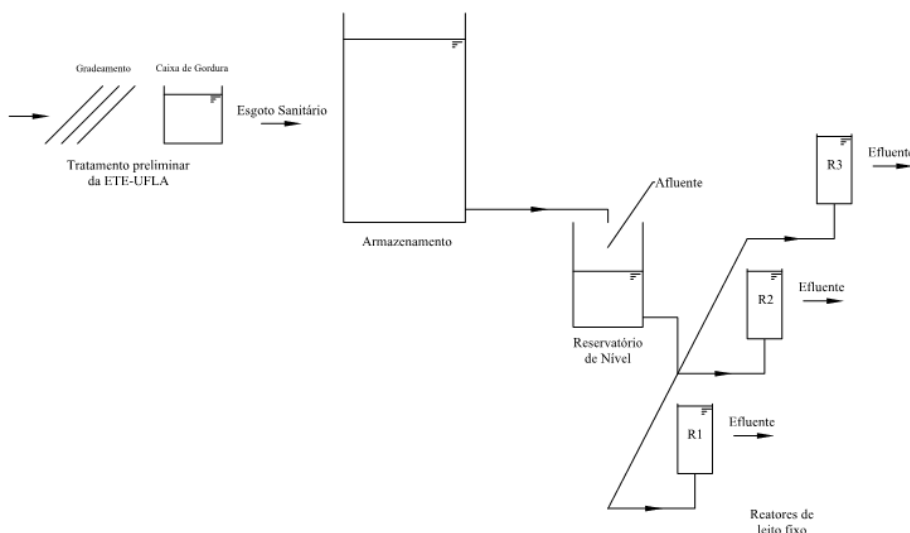


Figura 1: Fluxograma do sistema de tratamento experimental.

O volume total de cada reator foi de 4,4 L e a vazão regulada para se alcançar um tempo de detenção hidráulica (TDH) entre 8 e 12 h, considerando-se as variações causadas por fatores ambientais e de funcionamento no

desempenho das bombas, tubulações e conexões. O TDH foi calculado levando-se em conta o volume de vazios de cada reator em relação ao material suporte utilizado.

Foram utilizadas cápsulas de alumínio e de plástico como material suporte para preenchimento dos reatores. As cápsulas de plástico possuem pequenos discos em seu fundo, tendo sido encontrados discos brancos, os quais possuem menos ranhuras, e discos pretos. As cápsulas e suas partes componentes foram dispostas aleatoriamente no interior dos reatores.

No reator R1 foram utilizadas como material suporte 170 cápsulas de alumínio amassadas manualmente; em R2 foram utilizadas 40 cápsulas de plástico amassadas manualmente, 25 discos pretos e 15 brancos de plástico; e no R3, 40 cápsulas de plástico, 25 discos pretos e 15 brancos de plástico.

Em cada reator foram utilizadas telas de plástico a altura de 25,0 cm a fim de impedir a flutuação do material suporte. As cápsulas de alumínio e as de plástico possuem área superficial de 0,005 m² e 0,009 m², respectivamente, e os discos de plástico 0,001 m². As características dos reatores anaeróbios preenchidos com cápsulas de café como material suporte (MS) estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características dos reatores preenchidos com materiais suporte.

Características	R1	R2	R3
MS utilizado	170 cápsulas de alumínio amassadas	40 cápsulas de plástico amassadas e 40 discos de plástico	40 cápsulas de plástico e 40 discos de plástico
Volume de MS (L)	0,337	0,219	0,175
Massa de MS (g)	170,00	120,00	120,00
Massa específica aparente (g cm ⁻³)	0,50	0,55	0,69
Área superficial específica (m ² m ⁻³)	183,06	96,01	96,01
Volume de vazios (%)	92,00	95,00	96,00

Para a partida do experimento, os reatores foram inoculados com lodo proveniente de reator UASB da ETE-UFLA. A fim de se avaliar o desempenho do sistema, no tratamento do esgoto sanitário, foram monitoradas as seguintes variáveis de qualidade: Demanda Química de Oxigênio (DQO), pelo método de refluxo fechado titulométrico – NBR 10357 (ABNT, 1988); Sólidos Totais (ST), Sólidos Voláteis Totais (SVT) e Sólidos Suspensos Totais (SST), pelo método gravimétrico - *Standard Methods for the Examination Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2005).

A DQO, ST e SVT foram monitorados duas vezes por semana e, SST, a cada 15 dias, por um período total de 66 dias. As análises foram realizadas no Laboratório de Águas Residuárias do Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Lavras. Para verificação da correlação entre duas variáveis, foi aplicado o teste de *Spearman*, com 5,0% de significância. As análises estatísticas foram realizadas no software *Statistica 10*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações médias e desvio padrão das variáveis DQO, ST, SVT e SST afluente e efluente a cada reator, as COV médias aplicadas e as eficiências de remoção das respectivas variáveis de monitoramento estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão das COV aplicadas e das concentrações afluente e efluente de DQO, ST, SVT, SST e respectivas eficiências de remoção.

Variáveis	Unidade	Reator	Resultados	Eficiências de remoção (%)
COV	kg m ⁻³ d ⁻¹ de DQO	R1	3,7±0,6 ⁽¹⁵⁾	-
		R2	4,8±3,2 ⁽¹⁵⁾	-
		R3	3,4±0,9 ⁽¹⁵⁾	-
		Afluente	1458±229 ⁽¹⁵⁾	
DQO	mg L ⁻¹	R1	205±71 ⁽¹⁵⁾	86±5,0 ⁽¹⁵⁾
		R2	219±92 ⁽¹⁵⁾	85±6,0 ⁽¹⁵⁾
		R3	211±80 ⁽¹⁵⁾	86±6,0 ⁽¹⁵⁾
		Afluente	1322±182 ⁽¹⁵⁾	
ST	mg L ⁻¹	R1	351±44 ⁽¹⁵⁾	73±5,0 ⁽¹⁵⁾
		R2	348±42 ⁽¹⁵⁾	74±5,0 ⁽¹⁵⁾
		R3	353±36 ⁽¹⁵⁾	73±4,0 ⁽¹⁵⁾
		Afluente	704±130 ⁽¹⁵⁾	
SVT	mg L ⁻¹	R1	103±54 ⁽¹⁵⁾	85±7,0 ⁽¹⁵⁾
		R2	107±56 ⁽¹⁵⁾	85±8,0 ⁽¹⁵⁾
		R3	106±52 ⁽¹⁵⁾	85±7,0 ⁽¹⁵⁾
		Afluente	839±167 ⁽⁷⁾	
SST	mg L ⁻¹	R1	26±10 ⁽⁷⁾	97±3,0 ⁽⁷⁾
		R2	27±11 ⁽⁷⁾	97±3,0 ⁽⁷⁾
		R3	26±10 ⁽⁷⁾	97±3,0 ⁽⁷⁾
		Afluente	839±167 ⁽⁷⁾	

(n) em parênteses o número de dados considerado para a média.

Observa-se conforme apresentado na Tabela 2, embora a COV aplicada tenha variado entre 3,4 e 4,8 kg m⁻³ d⁻¹ de DQO, as eficiências médias dos três reatores foram similares, 85% para R2 e 86% para R1 e R3. Da mesma forma ocorreu para ST, SVT e SST, em que as eficiências médias dos sistemas foram cerca de 73%, 85% e 97%, respectivamente.

Rodrigues et al. (2016), tratando água residuária de abatedouro de frangos em um sistema combinando UASB e filtro anaeróbio preenchido com brita n° 4, verificaram eficiências médias de remoção de DQO de 60,8% no filtro anaeróbio, operando-se a uma COV média de 0,23 kg m⁻³ d⁻¹ de DQO e TDH de 3,05 horas. Garcia et al. (2008) verificaram eficiência de apenas 33,0% de remoção de DQO, utilizando polietileno de baixa densidade (PE) como material suporte em um reator anaeróbio em batelada no tratamento de esgoto doméstico, a um TDH de 8 h e DQO média afluente de 337,0±82,0 mg L⁻¹. No presente trabalho, mesmo operando a COVs mais elevadas, os reatores apresentaram eficiências de remoção de DQO superiores, o que pode ser devido ao maior TDH de R1, R2 e R3, cujas médias foram de 9,4±1,6; 8,9±1,8 e 10,4±1,9 h, respectivamente.

As eficiências médias de remoção de DQO em R1, R2 e R3 se assemelham aos valores relatados por Mockaitis et al. (2014) e Fia et al. (2010a), que avaliaram a eficiência de reatores anaeróbios tendo espuma de poliuretano como material suporte para imobilização da biomassa, e verificaram eficiências médias de remoção de matéria orgânica de 78,0 e 80,0%, respectivamente. Fia et al. (2012) trabalharam com água residuária de despolpamento de café, operando-se um filtro anaeróbio a uma COV de 4,41 kg m⁻³ d⁻¹ de DQO, valor próximo às COVs aplicadas aos reatores na fase de operação, os quais apresentaram eficiências médias de remoção de DQO de 86% em R1 e R3, e 85% em R2, com desvio padrão de 5,0; 6,0 e 6,0%, respectivamente.

López-López et al. (2013) utilizaram uma rocha vulcânica, denominada de Tezontle, para imobilização da biomassa em um filtro anaeróbio de escoamento ascendente com porosidade do meio de 65,0%. Os autores verificaram que a influência da temperatura foi o fator mais importante no aumento da remoção de matéria orgânica, uma vez que a eficiência de remoção de DQO aumentou de 57,0%, a 20,0 °C, para 85,7%, a 35,0 °C, em um TDH de 24 h. No presente trabalho, os reatores eram submetidos à temperatura ambiente, o que influenciou diretamente no desempenho dos mesmos. Porém, mesmo operando a temperaturas próximas a 20,0 °C, apresentaram eficiências médias de remoção de DQO superiores a verificadas por López-López et al. (2013), como sendo de 59,9%, a temperatura de 20,0 °C, TDH de 12 h e DQO afluente de 475,2 mg L⁻¹.

Fia et al. (2010a), operando filtros anaeróbios no tratamento de água residuária de café preenchidos com escória de alto-forno, espuma de poliuretano e brita, verificaram que para os valores de COV de 1,57; 2,40 e 1,67 kg m⁻³ d⁻¹ de DQO, as eficiências de remoção de SVT foram de 49%, 57% e 46%, para cada material suporte utilizado, respectivamente. Na operação as médias de remoção de SVT foram de 85,0±7,0% em R1, 85,0±8,0% em R2 e 85,0±7,0 em R3, e a COV média aplicada a cada reator foi de 3,7±0,6, 4,8±3,2 e 3,4±0,9 kg DQO m⁻³ d⁻¹, valores superiores aos relatados por Fia et al. (2010b), em que para uma COV de 4,41 kg m⁻³ d⁻¹ de DQO aplicada ao reator preenchido com espuma de poliuretano obteve-se remoção de 60,0% de SV, sendo a maior apresentada entre os materiais suporte estudados.

A degradação da matéria orgânica em filtros anaeróbios está diretamente relacionada a remoção de sólidos suspensos, uma vez que, nestes reatores, o tratamento dos esgotos se dá principalmente por processos físicos de remoção de poluentes. Desse modo, as elevadas eficiências de remoção de SST contribuíram para eficiência dos reatores na remoção de DQO, assim como verificado por Tonon et al. (2015). Os autores trabalharam com filtros anaeróbios preenchidos com cascas de coco no tratamento de efluente doméstico com DQO média de 982,0±424,0 mg L⁻¹, e alcançaram uma média de 65,0±15,0% de remoção de DQO, com concentração efluente de SST de 62,0±24,0 mg L⁻¹.

Os reatores mantiveram satisfatórias eficiências de remoção de matéria orgânica, sendo a sedimentação o principal processo de tratamento, uma vez que se verificou elevadas eficiências de remoção de sólidos nos reatores. Com relação às diferentes configurações de preenchimento dos reatores utilizados, não foi observado variação em termos de desempenho pelo uso de materiais suporte com maior área superficial específica, como em R1 o MS possui aproximadamente o dobro da área dos demais reatores.

CONCLUSÕES

O uso de cápsulas de café expresso, de alumínio e de plástico, como material suporte em reatores anaeróbios de leito fixo se mostrou eficiente na remoção de matéria orgânica, não havendo relação entre as diferentes combinações de material suporte utilizadas e eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA/WEF. EATON, A. D. et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^a ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p, 2005.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10357. ÁGUAS - Determinação da demanda química de oxigênio (DQO) - Método de refluxo aberto, refluxo fechado - Titulométrico e refluxo fechado - Colorimétrico - Método de ensaio. Jul. 1988.
3. FIA, F. R. L. et al. Remoção de compostos fenólicos em Reatores Anaeróbios de Leito Fixo com diferentes materiais suporte. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.10, p. 1079-1086, 2010a.
4. FIA, R. et al. Tratamento das águas do processamento dos frutos do cafeeiro em Filtro Anaeróbio seguido por Sistema Alagado Construído: I - Remoção de matéria orgânica. Engenharia Agrícola, v.30, n.6, p. 1191-1202, 2010b.
5. GARCIA, M. L. et al. Effects of Bed Materials on the Performance of an Anaerobic Sequencing Batch Biofilm Reactor Treating Domestic Sewage. Journal of Environmental Management [online], v.88, p. 1471-1477, 2008.
6. LÓPEZ-LÓPEZ, A. et al. An assessment of an anaerobic filter packed with a low-cost material for treating domestic wastewater. Environmental Technology, v.34, n.9, p. 1151-1159. Guadalajara-MEX, 2013.
7. MOCKAITIS, G. et al. Continuous anaerobic bioreactor with a fixed-structure bed (ABFSB) for wastewater treatment with low solids and low applied organic loading content. Bioprocess Biosystem Engineer, v.37, p. 1361-1368, 2014.
8. PINTARELLI, C. Imposto de importação e Tutela ao Meio Ambiente: Uma análise do café em cápsula. Revista da AGU, Brasília-DF, v.16, n.03, p. 129-154, 2017.
9. RODRIGUES, L.S. et al. Tratamento de efluentes de abatedouro de frangos por meio de reator UASB seguido de filtro anaeróbio. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.68, n.1, p. 97-103, 2016.
10. TONON, D. et al. Wastewater treatment by anaerobic filter and sand filter: Hydraulic loading rates for removing organic matter, phosphorus, pathogens and nitrogen in tropical countries. Ecological Engineering, v.82, p. 583-589, 2015.