

## Remoção de óleo e sólidos totais em biofiltros operando com esgoto doméstico primário

Rafael Oliveira Batista<sup>1</sup>, Adriana de Fátima Mendes Oliveira<sup>1</sup>, Delfran Batista dos Santos<sup>2</sup>,  
Francisco de Oliveira Mesquita<sup>1</sup> & Ketson Bruno da Silva<sup>1</sup>

Protocol 05.2013 - Received: 13/02/2013 - Accepted: 15/03/2013

**Resumo:** O lançamento de esgotos domésticos sem tratamento no ambiente impacta negativamente a qualidade de vida das populações. No presente trabalho objetivou-se analisar a remoção de óleo (O) e de sólidos totais (ST) em biofiltros, operando com esgoto doméstico. Os ensaios experimentais foram realizados na Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, MG. O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas tendo nas parcelas as taxas de aplicação do esgoto doméstico (0,5; 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>), nas subparcelas os tipos de material orgânico (lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira) e nas subsubparcelas os tempos das avaliações (agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2009), no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A montante e a jusante dos 27 biofiltros foram coletadas, mensalmente, amostras do esgoto doméstico para determinação de O e ST, durante cinco meses. Os resultados indicaram que os biofiltros confeccionados com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira mostraram-se promissores na remoção de óleo e graxa provindos do esgoto doméstico; e que as taxas de aplicação de 0,5, 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> de esgoto em todos os biofiltros avaliados não apresentaram diferenças significativas quanto à remoção de ST a partir do segundo mês de observação.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, tratamento de resíduos, minhocas

## Removal of oil and total solids in biofilters operating with primary domestic sewage

**Abstract:** The release of untreated domestic sewage in environment negatively impacts the quality of life of populations. The present study aimed to analyse the removal of oil (O) and total solids (TS) in biofilters operating with primary domestic sewage. Experimental tests were conducted at the Federal University of Viçosa (UFV) in Viçosa - MG, Brazil. The experiment was carried out in a split split plot scheme, in plots the rates of application of domestic sewage (0.5, 1.0, and 1.5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>), subplots consisted of types of organic material (composted waste, sugar cane bagasse and sawdust) and split-splitplots the time of evaluations (August, September, October, November and December 2009), in a completely randomized design with three replications. Upstream and downstream of the biofilter, 27 samples of sewage were collected monthly for determination of O and TS for five months. The results indicated that the biofilter made of composted waste, sugar cane bagasse and sawdust show promising capacity in removing oil and grease stemming from domestic sewage, and that application rates of 0.5, 1.0 and 1.5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> of sewage in all biofilters evaluated showed no significant differences regarding the removal of TS from the second month of observation.

**Key words:** sustainability, waste treatment, earthworms

<sup>1</sup> DCAT/UFERSA, Mossoró, RN. E-mail: rafaelbatista@ufersa.edu.br; oliveira.adrianamendes@gmail.com; mesquitaagro@yahoo.com.br; ketsonbruno@hotmail.com

<sup>2</sup> IF Baiano, Senhor do Bonfim, BA. E-mail: delfran.batista@gmail.com

## Introdução

O acesso aos serviços de saneamento básico é condição fundamental para a sobrevivência e dignidade humana. O déficit em saneamento básico traz consequências graves em termos de saúde pública, meio ambiente e cidadania (Galvão Junior & Paganini, 2009).

O esgoto doméstico é aquele que provém de quaisquer edificações que disponham de banheiros, lavanderias e cozinhas. É constituído por resíduos humanos, fezes e urina, e águas produzidas nas diversas atividades diárias, como asseio corporal, preparo de alimento, lavagem de roupas e utensílios domésticos (von Sperling, 2011).

A falta de tratamento dos esgotos é considerada um dos maiores problemas sanitários da população brasileira. No Brasil, 47,2% da população não possuem rede coletora de esgoto nem mesmo fossa séptica. Isto significa que quase 100 milhões de habitantes não dispõem desses serviços. O problema torna-se mais grave nas comunidades rurais e de baixa renda. Devido à situação socioeconômica brasileira são imprescindíveis os investimentos no desenvolvimento de tecnologias alternativas, de baixo custo e boa eficiência para o tratamento das águas residuárias (Ministério das Cidades, 2009).

De acordo com Chernicharo et al. (2006), as principais tecnologias de tratamento de esgotos domésticos nas companhias de saneamento são as seguintes:

Tratamento preliminar/primário tem por finalidade remover as partículas sólidas grosseiras e reduzir a concentração dos sólidos suspensos presentes nos esgotos domésticos brutos, por meio de processos físicos ou físico-químicos. Grades, caixas de areia e separadora de óleos e graxas, tanques floculadores, flotores, sedimentadores e filtros, pertencem a essa classe.

Tratamento secundário tem por finalidade a redução de sólidos dissolvidos e sólidos suspensos muito pequenos. Os processos biológicos de remoção utilizados se classificam em: aeróbio - utiliza micro-organismos que necessitam continuamente de oxigênio dissolvido no meio líquido, fornecido por aeração mecânica e difusa ou pela circulação dos líquidos (lagoas aeradas) e anaeróbio - utiliza micro-organismos que não carecem de oxigênio dissolvido no meio líquido, sendo utilizado em esgotos domésticos com alta carga orgânica (biodigestores, reatores e lagoas anaeróbias).

Tratamento terciário objetiva a redução do nível populacional de bactérias patogênicas bem como a remoção final da matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e outros elementos que ainda persistem nas etapas anteriores. De modo geral são aplicados quando o esgoto doméstico é lançado em corpos hídricos receptores ou para a reutilização da água. Os filtros biológicos, lagoas de maturação e lagoas de aguapés pertencem a esta classe. Os sistemas alagados construídos, rampas de escoamento superficial infiltração-percolação e reúso de água, também pertencem a esta classe (Loures et al., 2006; Matos et al., 2010a).

As tecnologias utilizadas pelas companhias de saneamento se tornam inviáveis para comunidades rurais de baixa renda, tanto pelo alto custo de implantação e manutenção quanto pela grande dispersão populacional nas zonas rurais. Portanto, existem necessidades em relação ao desenvolvimento de tecnologias de baixo custo e de fácil operação para o tratamento de esgoto doméstico; neste sentido se destacam os filtros orgânicos e biológicos.

Filtros orgânicos são equipamentos constituídos de materiais filtrantes orgânicos capazes de remover solutos e reter sólidos que sejam subprodutos das atividades humanas, agropecuárias e industriais. É uma tecnologia que se destaca pela abundância de meios filtrantes orgânicos, baixo custo de aquisição e possibilidade de compostagem, depois de utilizados (Magalhães et al., 2006; Matos et al., 2010b).

Filtros biológicos são dispositivos compostos de materiais orgânicos e inorgânicos; possuem, geralmente, quatro camadas: a primeira é constituída de material orgânico com elevado nível populacional de micro-organismos e minhocas, para absorção e degradação da matéria orgânica presente nos esgotos domésticos; a segunda camada possui apenas material orgânico proporcionando nova filtração do efluente. A terceira e quarta camadas são constituídas por pedras, tendo por finalidade proporcionar a aeração e a permeabilidade no sistema.

Laws (2003) analisou a qualidade da filtração de biofiltros operando com esgoto doméstico bruto na taxa de  $1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ; os resultados indicaram que no esgoto doméstico tratado houve remoção de 80% dos sólidos suspensos totais.

A utilização de filtros biológicos no tratamento de esgotos domésticos favorece a utilização de radiação solar em etapas subsequentes, devido principalmente à elevada remoção de sólidos, que

potencializa, assim, a inativação dos organismos patogênicos pela radiação ultravioleta (Sanches-Roman et al., 2007).

Soto & Tohá (1998) consideram os filtros biológicos uma alternativa de uso para o tratamento de águas residuárias domésticas e industriais, produzidas em pequena escala e que têm, como principais vantagens, o fato de requerer em espaços reduzidos para sua instalação, a inexistência da emissão de maus odores, o fácil manejo e baixo custo de instalação, quando comparados com os sistemas de tratamento convencionais.

Na Resolução CONAMA n.º 430/2011 estão apresentados os padrões para lançamento de esgotos domésticos tratados em corpos hídricos receptores. Para óleos minerais a concentração máxima permitida em efluentes doméstico tratados é de 20 mg L<sup>-1</sup>, enquanto para óleos vegetais e gorduras animais este limite passa para 50 mg L<sup>-1</sup> (Brasil, 2011).

O presente trabalho objetivou analisar a remoção de óleo (O) e de sólidos totais (ST) em biofiltros preenchidos com serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar e lixo compostado domiciliar operando nas taxas de aplicação 0,5; 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>2</sup> d<sup>-1</sup> de esgoto doméstico.

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Unidade Piloto de Tratamento de Água Residuária e Agricultura Irrigada (UTAR), uma das áreas experimentais do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), situada em Viçosa, Minas Gerais, tendo como coordenadas geográficas: latitude 20°45'14" S, longitude 42°52'53" W e a altitude média de 650m.

A UTAR é abastecida com vazão de 2 L s<sup>-1</sup> de esgoto doméstico bruto proveniente de uma comunidade de 600 pessoas que habitam o condomínio residencial Bosque Acamari, em Viçosa, MG.

Para avaliar a eficiência do tratamento de esgoto doméstico bruto com os biofiltros o afluente passou por um sistema preliminar constituído de um desarenador, um medidor de vazão e uma caixa de homogeneização, e por um tratamento primário com tanque séptico dotado de tempo de retenção hidráulica de 14 h; em seguida, o efluente foi aplicado pela superfície dos biofiltros.

Os biofiltros foram avaliados em bancada experimental constituída de 27 módulos em alvenaria, nas dimensões de 1,0 m de largura por 2,0 m de comprimento por 1,2 m de altura.

Nesses módulos foram ensaiados três tipos de materiais orgânicos filtrantes (bagaço de cana-de-açúcar com granulometria de 8 mm, serragem de madeira com granulometria de 2,0 a 5,0 mm e lixo orgânico domiciliar compostado com granulometria de 2,0 a 5,0 mm) e três taxas de aplicação de esgoto doméstico bruto (0,5; 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>).

Os 27 biofiltros destinados ao tratamento de esgoto doméstico foram preenchidos com quatro meios filtrantes, sendo duas camadas de materiais orgânicos e duas de materiais inorgânicos.

A primeira camada tem 0,20 m de espessura, sendo constituída de material orgânico ao qual foram adicionadas minhocas da espécie *Eisenia phoetida*; a segunda camada de 0,40 m de espessura foi preenchida somente com material orgânico. Enquanto, as terceira e quarta camadas foram compostas por britas 0 e 1 perfazendo espessura de 0,40 m, visando favorecer a drenagem no biofiltro e garantir a aeração contínua no sistema.

No fundo de cada módulo foi instalado um sistema de drenagem, composto por tubos de PVC com diâmetro nominal de 32 mm, para a coleta do efluente tratado. Na montagem dos biofiltros os materiais orgânicos foram acondicionados nas bancadas, de forma gradual, em camadas de 0,2 m de espessura, sob compressão de 0,167 kgf cm<sup>-2</sup> (16,35 kN m<sup>-2</sup>), pressão exercida por um homem, de 50 kgf de peso, até ser atingida a altura de 0,60 m. Abaixo das camadas orgânicas foram colocadas as duas camadas de brita para drenagem dos efluentes.

Os módulos foram circundados por sombrite para evitar a ação de predadores naturais das minhocas. Os módulos foram abastecidos com esgoto doméstico proveniente do tanque séptico com tempo de detenção de 14 h, utilizando-se três motobombas de 3 cv, três reservatórios 2,5 m<sup>3</sup> e tubos de PVC de 25 mm perfurados ao longo do seu comprimento, formando pequenos tubos janelados enquanto o módulo controle foi preenchido com solo contendo material humificado, até a altura de 0,70 m.

Para determinação da taxa de aplicação mediu-se e se ajustou a vazão de entrada em cada um dos biofiltros, de modo que ficasse uniforme em todos. Em função desta vazão calculou-se o tempo de funcionamento das bombas para a aplicação das taxas diárias; obteve-se, então, um tempo de aplicação de 2 h para a taxa de 0,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, 4 h para a taxa de 1,0 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e 6 h para a taxa de 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

A vazão de cada módulo foi determinada coletando-se o volume aplicado durante um minuto.

Para avaliação da qualidade do efluente foram obtidas amostras compostas a montante e a jusante dos biofiltros, a partir de amostras simples coletadas em quatro horários (às 8, 11, 14 e 17 horas). No Laboratório de Qualidade da Água (DEA/UFV) foram realizadas, mensalmente, durante cinco meses, as análises de óleo (O) e sólidos totais (ST). As coletas e análises dos efluentes foram realizadas sempre na última semana de cada mês iniciando-se em agosto de 2009 e finalizando em dezembro do mesmo ano.

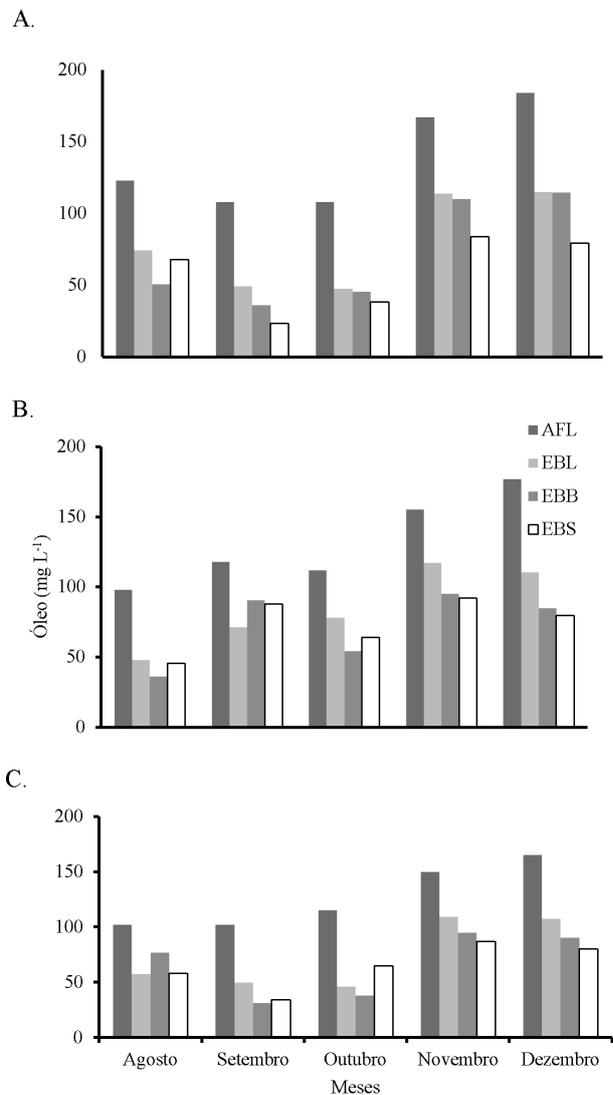
O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, cujas parcelas foram as taxas de aplicação do esgoto doméstico (0,5; 1,0; e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>), nas subparcelas os tipos de material orgânico (lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira) e nas subsubparcelas os tempos das avaliações (agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2009), no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de média. Na análise de variância foi utilizado o teste F em nível de até 0,05 de probabilidade; as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; nas análises estatísticas foi utilizado o programa computacional SAEG 9.1 (Ribeiro Júnior & Melo, 2008).

## Resultados e Discussão

Estão apresentadas na Figura 1 as concentrações de óleo (O) de amostras de esgoto doméstico coletadas a montante e a jusante dos biofiltros com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira, submetidos às taxas de aplicação de 0,5, 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

Observa-se, na Figura 1 que a passagem do esgoto doméstico primário nos biofiltros com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira, ocasionou redução da concentração de O para todas as taxas de aplicação, no período de agosto a dezembro de 2009. Nos biofiltros com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira, ocorreu remoção de O de até 70, 74 e 90%, respectivamente. Tais remoções foram superiores ao valor médio de 11% obtido por Batista et al. (2008) com filtração de água residuária de suinocultura em peneira com abertura de 47 µm.

A Resolução CONAMA n.º 430/2011 estabelece que efluentes tratados devem apresentar concentração de O no valor máximo de 50 mg L<sup>-1</sup>, quando do lançamento em corpos hídricos (Brasil, 2011). Constata-se, nas taxas de



AFL - esgoto doméstico sem tratamento, EBL - esgoto doméstico coletado a jusante do filtro biológico com lixo compostado, EBB - esgoto doméstico coletado a jusante do filtro biológico com bagaço de cana-de-açúcar e EBS - esgoto doméstico coletado a jusante do filtro biológico com serragem de madeira

**Figura 1.** Concentrações de óleo (O) de amostras de esgoto doméstico coletadas a montante e a jusante dos biofiltros submetidos às taxas de aplicação de 0,5 (A), 1,0 (B) e 1,5 (C) m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>

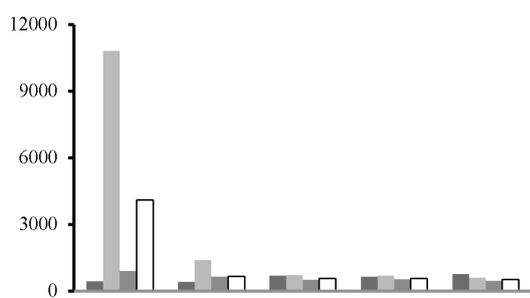
aplicação de 0,5 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, que os valores de O dos efluentes coletados a jusante dos biofiltros com lixo compostado e bagaço de cana-de-açúcar foram inferiores ao limite de 50 mg L<sup>-1</sup> estabelecido pelo CONAMA n.º 430/2011, nos meses de setembro e outubro de 2009. Enquanto na taxa de aplicação de 1,0 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> os valores de O dos efluentes coletados a jusante dos protótipos de filtro biológico com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira foram menores que o limite de 50 mg L<sup>-1</sup> (Brasil, 2011), no mês de agosto de 2009. Os valores médios de O nos efluentes coletados a jusante dos protótipos de filtro biológico com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira submetidos às taxas de aplicação de 0,5, 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, variaram de 23,33 a 117,00 mg L<sup>-1</sup>.

Na Figura 2 estão apresentadas as concentrações de sólidos totais (ST) de amostras de esgoto doméstico coletadas a montante e a jusante dos biofiltros com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira, submetidos às taxas de aplicação de 0,5, 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

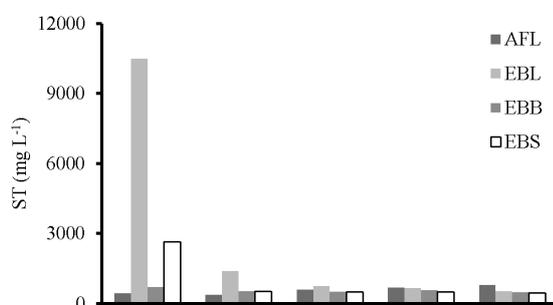
Observa-se, nesta figura, que nos meses de agosto e setembro de 2009 os valores de ST dos efluentes coletados a jusante dos protótipos de filtro biológico com lixo compostado submetido às taxas de aplicação de 0,5, 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, foram superiores aos valores de ST do esgoto doméstico sem tratamento devido ao arraste de partículas pelo esgoto doméstico quando de sua infiltração no meio filtrante, conforme relatado por Puig-Bargués et al. (2005) e Batista et al. (2008).

Nos biofiltros com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira,

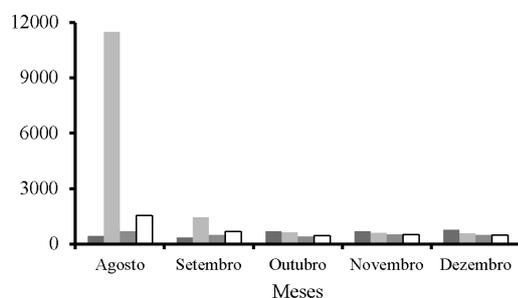
A.



B.



C.



AFL - esgoto doméstico sem tratamento, EBL - esgoto doméstico coletado a jusante do filtro biológico com lixo compostado, EBB - esgoto doméstico coletado a jusante do filtro biológico com bagaço de cana-de-açúcar e EBS - esgoto doméstico coletado a jusante do filtro biológico com serragem de madeira

**Figura 2.** Concentrações de sólidos totais (ST) de amostras de esgoto doméstico coletadas a montante e a jusante dos biofiltros submetidos às taxas de aplicação de 0,5 (a), 1,0 (b) e 1,5 (c) m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>

submetidos às taxas de aplicação de 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, ocorreu remoção de até 32,45 e 49% no período de agosto a dezembro de 2009, respectivamente. Os valores médios de ST nos efluentes coletados a jusante dos protótipos de filtro biológico com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira submetidos às taxas de aplicação de 0,5, 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> apresentaram variação de 403 a 11.501 mg L<sup>-1</sup>.

Na Tabela 1 está apresentado o resumo da análise de variância dos valores de remoção de OG e ST dos biofiltros com distintos materiais de preenchimento sob diferentes taxas de aplicação de esgoto doméstico ao longo do período experimental, no esquema de parcelas subsubdivididas.

**Tabela 1.** Resumo das análises de variância obtidas das variáveis de remoção de óleo (O) e sólidos totais (ST), no esquema de parcelas subsubdivididas

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio	
		O	ST
Taxa de aplicação (TA)	2	979**	1,40x10 <sup>4</sup> **
Resíduo (a)	6	51,5	1146
Tipos de materiais orgânicos (TM)	2	1058**	3,50x10 <sup>6</sup> **
TA x TM	4	141 <sup>ns</sup>	2,64x10 <sup>4</sup> **
Resíduo (b)	12	39,6	3245
Tempo de avaliação (T)	4	1240**	5,38x10 <sup>6</sup> **
T x TA	8	1115**	1,26x10 <sup>4</sup> **
T x TM	8	177**	2,60x10 <sup>6</sup> **
T x TA x TM	16	254**	2,56x10 <sup>4</sup> **
Resíduo (c)	72	40,3	4011

\*\* F significativos a 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> não-significativo a 0,05 de probabilidade

Verifica-se, para as variáveis de remoção de O e ST, que a interação tripla T x TA x TM foi significativa a 0,01 de probabilidade (Tabela 1). Em vista dos resultados das análises de variância procedeu-se ao desdobramento da interação T x TA x TM para as variáveis de remoção de OG e ST.

Estão apresentados na Tabela 2 os valores médios da variável de remoção de óleo (O) e graxa para o fator tipo de material orgânico dentro de cada nível de tempo de aplicação e cada nível de taxa de aplicação.

Estabelecendo comparação entre as médias da variável de remoção de O (Tabela 1) constatou-se que: no mês de agosto de 2009 a remoção de O nos biofiltros com bagaço de cana-de-açúcar submetidos às taxas de aplicação de 0,5 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> diferiu da obtida nos biofiltros com os demais tipos de materiais orgânicos; no mês de setembro de 2009 a remoção de O nos biofiltros com lixo compostado submetidos às taxas de aplicação de 1,0 e 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> diferiu da obtida nos biofiltros com os demais tipos de materiais orgânicos enquanto a remoção de O

**Tabela 2.** Valores médios da variável de remoção de óleo - O (%) para o fator tipo de material orgânico dentro de cada nível de tempo de aplicação e cada nível de taxa de aplicação

Tempo de aplicação	Tipos de materiais orgânicos	Taxa de aplicação ( $\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )		
		0,5	1,0	1,5
Agosto	Lixo	39,57Ab	51,02Aa	43,79Aa
	Bagaço	58,81Aa	63,27Aa	24,84Bb
	Serragem	44,72Ab	53,40Aa	43,14Aa
Setembro	Lixo	54,32Ab	39,55Ba	51,31ABb
	Bagaço	66,67Aab	23,16Bb	69,28Aa
	Serragem	78,40Aa	25,42Bb	66,34Aa
Outubro	Lixo	55,86Aa	30,36Bb	60,00Aa
	Bagaço	58,02Aa	51,49Ba	66,96Aa
	Serragem	64,51Aa	42,86Ba	43,48Bb
Novembro	Lixo	31,94Ab	24,52Ab	27,11Ab
	Bagaço	34,13Ab	38,71Aa	36,67Aab
	Serragem	49,90Aa	40,65Aa	42,00Aa
Dezembro	Lixo	37,50Ab	37,66Ab	34,95Ab
	Bagaço	37,68Bb	52,17Aa	45,25ABab
	Serragem	56,88Aa	54,99Aa	51,31Aa

\* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tempo de aplicação e minúscula nas linhas para cada taxa de aplicação, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey

nos biofiltros com lixo compostado submetidos à taxa de  $0,5 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  diferiu da obtida nos biofiltros com serragem de madeira; no mês de outubro de 2009 a remoção de O nos biofiltros com lixo compostado submetidos à taxa de  $1,0 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  diferiu da obtida nos biofiltros com os demais tipos de materiais orgânicos enquanto a remoção de O nos biofiltros com serragem de madeira submetidos à taxa de aplicação de  $1,5 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  diferiu da obtida nos biofiltros com os demais tipos de materiais orgânicos; no mês de novembro a remoção de O dos biofiltros com serragem de madeira submetidos às taxas de  $0,5$  e  $1,5 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  diferiu da obtida nos biofiltros com lixo compostado enquanto a remoção de O nos biofiltros com lixo compostado submetidos a taxa de aplicação de  $1,0 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  diferiu da obtida nos biofiltros com os demais tipos de materiais orgânicos e no mês de dezembro de 2009 a remoção de O nos biofiltros com lixo compostado submetidos às taxas de aplicação de  $0,5$ ,  $1,0$  e  $1,5 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  diferiu da obtida nos biofiltros com serragem de madeira.

Constam, na Tabela 3, os valores médios da variável de remoção de ST para o fator tipo de material orgânico dentro de cada nível de tempo de aplicação e cada nível de taxa de aplicação. Observa-se nesta tabela que não houve efeito das taxas de aplicação sobre a remoção de ST para cada tipo de material orgânico, no período de setembro a dezembro de 2009.

Analisando as médias da variável de remoção de ST (Tabela 3), constatou-se que: a remoção de ST nos biofiltros com lixo compostado

**Tabela 3.** Valores médios da variável de remoção de sólidos totais - ST (%) para o fator tipo de material orgânico dentro de cada nível de tempo de aplicação e cada nível de taxa de aplicação

Tempo de aplicação	Tipos de materiais orgânicos	Taxa de aplicação ( $\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )		
		0,5	1,0	1,5
Agosto	Lixo	-2357,42 Ac	-2285,15 Ac	-2574,65 Bc
	Bagaço	-105,76 Aa	-59,39 Aa	-60,00 Aa
	Serragem	-830,53 Ab	-498,41 Bb	-262,11 Cb
Setembro	Lixo	-243,01 Ab	-265,01 Ab	-296,45 Ab
	Bagaço	-57,97 Aa	-41,01 Aa	-35,88 Aa
	Serragem	-59,84 Aa	-35,51 Aa	-87,98 Aa
Outubro	Lixo	-3,11 Aa	-25,33 Aa	8,31 Aa
	Bagaço	26,16 Aa	16,33 Aa	40,91 Aa
	Serragem	19,03 Aa	18,78 Aa	35,00 Aa
Novembro	Lixo	-8,29 Aa	2,96 Aa	11,52 Aa
	Bagaço	17,73 Aa	14,99 Aa	23,57 Aa
	Serragem	11,92 Aa	26,38 Aa	26,46 Aa
Dezembro	Lixo	22,19 Aa	33,59 Aa	25,48 Aa
	Bagaço	38,60 Aa	39,90 Aa	35,12 Aa
	Serragem	31,06 Aa	42,17 Aa	37,39 Aa

\* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tempo de aplicação e minúscula nas linhas para cada taxa de aplicação não diferem entre si a 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey

submetidos à taxa de aplicação de  $1,5 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  diferiu das demais taxas de aplicação enquanto a remoção de ST nos biofiltros com serragem de madeira submetidos às taxas de aplicação de  $0,5$ ,  $1,0$  e  $1,5 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  difere entre si, no mês de agosto de 2009.

Estabelecendo comparação entre as médias da variável de remoção de ST (Tabela 3), constatou-se que: no mês de agosto de 2009 a remoção de ST nos biofiltros com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira submetidos às taxas de aplicação de  $0,5$ ,  $1,0$  e  $1,5 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  difere entre si e no mês de setembro de 2009 os biofiltros com lixo compostado submetidos às taxas de aplicação de  $0,5$ ,  $1,0$  e  $1,5 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  apresentaram remoção de ST que diferiu da obtida nos biofiltros com os demais tipos de materiais orgânicos.

## Conclusões

1. Os biofiltros confeccionados com lixo compostado, bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira mostraram-se promissores na remoção de óleo provindos do esgoto doméstico.

2. As taxas de aplicação de  $0,5$ ,  $1,0$  e  $1,5 \text{ m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$  de esgoto em todos os biofiltros avaliados a partir do segundo mês de observação não apresentaram diferenças significativas, quanto à remoção de sólidos totais.

3. O uso de biofiltros para o tratamento de esgoto doméstico é uma tecnologia viável para pequena escala.

## Literatura Citada

- Batista, R. O.; Oliveira, R. A.; Cecon, P. R.; Souza, J. A. R.; Batista, R. O. Filtração de água residuária de suinocultura em peneiras estacionárias inclinadas. *Engenharia na Agricultura*, v.16, p. 465-470, 2008.
- Brasil. Resolução 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. Brasília, 2011. <[http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo\\_legislacao.asp?cd=95](http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95)>. 03 jan. 2012.
- Chernicharo, C. A. L.; Florencio, L.; Bastos, R. K. X.; Piveli, R. P.; von Sperling, M.; Monteggia, L. O. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: Florencio, L.; Bastos, R. K. X.; Aisse, M. M. (coord.). *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: ABEAS, 2006, cap.3, p.63-110. Projeto PROSAB
- Galvão Junior, A. C.; Paganini, W. S. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.14, p.79-88, 2009.
- Laws, J. E. A. Evaluación ambiental del sistema Tohá em la remoción de Salmonella en aguas servidas domésticas. Santiago: Universidad de Chile, 2003. 92p. Tesis Magister
- Loures, A. P. S.; Soares, A. A.; Matos, A. T.; Cecon, P. R.; Pereira, O. G. Remoção de fósforo em sistema de tratamento de esgoto doméstico, por escoamento superficial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.706-714, 2006.
- Magalhães, M. A.; Matos, A. T.; Deniculi, W.; Tinoco, I. F. F. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.472-478, 2006.
- Matos, A. T.; Freitas, W. S.; Lo Monaco, P. A. V. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de água residuárias da suinocultura. *Revista Ambiente & Água*, v.5, p.119-132, 2010a.
- Matos, A. T.; Magalhaes, M. A.; Sarmiento, A. P. Perda de carga em filtros orgânicos utilizados no tratamento de água residuária de suinoculturas. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.527-537, 2010b.
- Ministério das Cidades. *Transversal: Saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações tradicionais: Guia do profissional em treinamento*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: Ministério das Cidades, 2009. 88p.
- Puig-Bargués, J.; Barragán, J.; Ramírez de Cartagena, F. Filtration of effluents for microirrigation systems. *Transaction of the ASAE*, v.48, p.969-978, 2005.
- Ribeiro Júnior, J. I.; Melo, A. L. P. Guia prático para utilização do SAEG. Viçosa: UFV, 2008. 288p.
- Sanches-Roman, R.; Soares, A. A.; Matos, A. T.; Sediyaama, G. C.; Souza, O.; Mounteer, H. A. Domestic wastewater disinfection using solar radiation for agricultural reuse. *Transactions of the ASABE*, v.50, p.65-71, 2007.
- Soto, M. A.; Tohá, J. Ecological wastewater treatment. In: *Internacional Congress: Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse*, 2, 1998, Milan. *Proceedings...* Milan: AWT98, 1998. p.1091-1094.
- von Sperling, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: UFMG, 2011. 452p. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*, 1

