

DESEMPENHO DE FILTROS CONSTITUÍDOS POR PERGAMINHO DE GRÃOS DE CAFÉ (*Coffea sp.*) NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco¹, Antonio Teixeira de Matos², Valdeir Eustáquio Júnior³,
Antover Panazzolo Sarmento⁴, Raphael Magalhães Gomes Moreira⁵

(Recebido: 2 de fevereiro de 2010; aceito 26 de abril de 2011)

RESUMO: Avaliou-se o desempenho de um filtro orgânico utilizando-se pergaminho de grãos de café como material filtrante no tratamento primário de águas residuárias da separação hidráulica e descascamento dos frutos do cafeeiro (ARC). A cada 2000 L filtrados de ARC, foram medidos no afluente e efluente dos filtros orgânicos a condutividade elétrica (CE) e o potencial hidrogeniônico (pH), além de quantificadas as concentrações de sólidos totais (ST), dissolvidos (SDT), suspensos (SST), fixos (SFT) e voláteis (SVT), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), potássio (K) e sódio (Na). Foram realizadas 12 filtrações da ARC bruta, sendo calculada a razão de concentração efluente em relação à concentração afluente. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o filtro constituído por pergaminho de grãos de café não foi eficiente na remoção de CE, ST, SDT, SFT, SVT, N-total, P-total, K-total, tendo, inclusive, contribuído para o aumento nas concentrações efluentes dessas variáveis; entretanto, foi relativamente eficiente na remoção de SST e Na, apresentando remoção média de 60% e 30%, respectivamente.

Palavras-chave: Processamento dos frutos do cafeeiro, filtro orgânico, resíduos agroindustriais.

PERFORMANCE OF FILTERS MADE FROM PARCHMENT OF COFFEE BEANS (*Coffea sp.*) FOR WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT: We evaluated the performance of an organic filter using parchment from coffee beans as a filter material in the primary treatment of wastewater from the hydraulic separation and peeling of the coffee berries (ARC). For every 2000 L of filtered ARC, measurements were taken for both influent and effluent of the organic filters for electrical conductivity (EC) and the potential hydrogen (pH), as well as quantification of concentrations of total solids (TS), total dissolved solids (TDS), total suspended solids (TSS), total fixed solids (TFS) total volatile solids (TVS), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), potassium (K) and sodium (Na). We carried out 12 filtrations of raw ARC to calculate the effluent concentration in relation to the influent concentration. According to the results obtained, it was concluded that the filter consisting of parchment coffee beans was not efficient in the removal of EC, TS, TDS, TSP, TVS, TN, TP, K, and even contributed to the increase in effluent concentrations of these variables, however, it was relatively efficient in removing TSS and Na, with an average removal of 60% and 30% respectively.

Key words: Processing of berries, organic filter, agro-industrial residues.

1 INTRODUÇÃO

A atividade da separação hidráulica e da lavagem e descascamento dos frutos do cafeeiro, necessária para a redução do custo de secagem e melhoria da qualidade de bebida, é geradora de grandes volumes de resíduos sólidos e líquidos, ricos em material orgânico e inorgânico que, se dispostos no meio ambiente sem tratamento, podem causar

grandes problemas ambientais, como degradação ou destruição da flora e da fauna, além de comprometer a qualidade da água e do solo (MATOS et al., 2007; MATOS; MAGALHÃES; FUKUNAGA, 2006; RIGUEIRA et al., 2010).

A utilização de águas residuárias na agricultura é uma alternativa para o controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas, disponibilização de água e fertilizantes para as

¹Engenheira Agrícola, D.S. Profa. do Instituto Federal de Educação do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Rodovia ES 080, km 21, São João de Petrópolis, Santa Teresa, Espírito Santo – 29.660-000 – paolalomonaco2004@yahoo.com.br

²Engenheiro Agrícola, D.S., Professor Associado Departamento de Engenharia Agrícola/DEA da Universidade Federal de Viçosa/UFV – 36570-000, Viçosa, Minas Gerais – atmatos@ufv.br

³Engenheiro Agrícola e Ambiental, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV – 36.570-000, Viçosa, MG – vejuni@ufv.br

⁴Engenheiro Agrícola, M.Sc., Professor do Departamento de Engenharia Civil/DEC da Universidade Federal de Goiás/UFG - 75.704-020, Catalão, Goiás – antoverps@hotmail.com

⁵Engenheiro Agrícola e Ambiental, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV – 36570-000, Viçosa, Minas Gerais – raphatexano@yahoo.com.br

culturas, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola (LO MONACO et al., 2009a), além da redução do volume de água captada em rios ou lagos para fins de irrigação (CARVALHO et al., 2008). Entretanto, para que isso possa se tornar uma prática viável, é preciso que sejam desenvolvidas técnicas adequadas de tratamento, aplicação e manejo de águas residuárias.

Pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de se aplicar águas residuárias como fertirrigação no cultivo do cafeeiro (LO MONACO et al., 2007, 2009a; MEDEIROS et al., 2008), o que demanda o uso de sistemas de aplicação localizada como sendo uma forma técnica e ambientalmente adequada na disposição dessas águas residuárias. Entretanto, quando se aplicam águas residuárias sem tratamento, em especial as do processamento dos frutos do cafeeiro (ARC), os gotejadores ficam passíveis de entupimento frequente, em razão da mucilagem existente nesse tipo de água residuária, formando um biofilme em volta do emissor (BATISTA et al., 2005b, 2007). Além disso, a ARC possui elevada quantidade de sólidos em suspensão e dissolvidos, além de constituintes orgânicos e inorgânicos em solução, o que aumenta ainda mais a possibilidade de obstrução (MATOS et al., 2007). Nesse caso, o entupimento dos gotejadores reduz a vazão e, conseqüentemente, diminui a uniformidade de aplicação de água por gotejamento, tornando-se necessária a execução de um tratamento preliminar e primário, para que sejam diminuídos os riscos de entupimento dos emissores.

Entre as formas de tratamento primário para a remoção de poluentes, está a filtração, que se baseia no princípio de que um meio poroso pode reter impurezas de dimensões até menores que as dos poros da camada filtrante (BRANDÃO et al., 2003).

Por serem as ARC provenientes da separação hidráulica, lavagem e descascamento de frutos do cafeeiro muito ricas em sólidos em suspensão e dissolvidos, o uso de filtros convencionais de areia não é recomendável, dada a sua rápida colmatação superficial, com redução do fluxo de escoamento da água residuária (BRANDÃO et al., 2003).

O uso de material filtrante alternativo, oriundo de atividades agropecuárias, pode ser uma boa alternativa, devido à sua abundância, baixo custo de

aquisição e, ainda, em razão da possibilidade de ser submetido à compostagem após a filtração (MATOS; LO MONACO, 2003), tal como em trabalhos realizados por Febrer et al. (2002) e Magalhães et al. (2006a), e ser utilizado como adubo agrícola. Por essa razão, alguns resíduos utilizados como filtros orgânicos têm sido pesquisados, tais como bagaço de cana-de-açúcar (BRANDÃO et al., 2000, 2003; LO MONACO et al., 2002; MAGALHÃES et al., 2005, 2006b); serragem de madeira (BRANDÃO et al., 2000, 2003; LO MONACO et al., 2002, 2004; MAGALHÃES et al., 2005, 2006b), casca de arroz (BRANDÃO et al., 2000, 2003), sabugo de milho triturado (BRANDÃO et al., 2000, 2003; LO MONACO, 2001), fino de carvão (BRANDÃO et al., 2000, 2003), casca de frutos do cafeeiro (BRANDÃO et al., 2000, 2003; LO MONACO, 2001) e a fibra de coco (LO MONACO et al., 2009b).

O uso de filtros orgânicos tem sido recomendado para que se promova redução na concentração de sólidos em suspensão nas águas residuárias da suinocultura (BRANDÃO et al., 2000, 2003; FREITAS, 2006; LO MONACO et al., 2002, 2009b; MAGALHÃES et al., 2005, 2006b) e da separação hidráulica e do descascamento de frutos do cafeeiro (LO MONACO et al., 2002), para que, então, possam ser utilizados sistemas de irrigação para sua aplicação localizada.

Em razão da pouca disponibilidade de informações a respeito do assunto, teve-se como objetivo na realização deste trabalho avaliar o desempenho de filtros constituídos de pergaminho de grãos de café no tratamento primário das ARC.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzido na Área Experimental de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

A água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro (*Coffea* sp.) utilizada nos ensaios foi coletada na unidade beneficiadora da Universidade Federal de Viçosa, onde era produzida uma vazão de $0,53 \text{ L s}^{-1}$. O volume coletado era transportado para a área experimental com um caminhão-pipa.

A água residuária proveniente da unidade beneficiadora era armazenada em uma caixa de

polietileno de 1000 L, posicionada a cerca de 1 m acima do nível do filtro orgânico, para permitir a alimentação do sistema de filtração. O filtro era constituído por um tambor, com área transversal de 0,26 m² e 1,3 m de altura, e uma válvula de gaveta na parte inferior para permitir a saída da água filtrada.

Como material filtrante da ARC, foi utilizado o pergaminho de grãos de café, seco ao ar e passado em peneira, de forma a se obter partículas de diâmetro entre 2 e 3 mm (Figura 1), segundo recomendações de Lo Monaco et al. (2004), por se tratar de uma faixa granulométrica que proporciona maior filtração sem, contudo, aumentar em demasia a perda de carga hidráulica no sistema.



Figura 1 – Detalhe das condições do pergaminho dos frutos do cafeeiro (*Coffea* sp.), após peneirado e selecionado no tamanho 2 a 3 mm.

O material filtrante foi acondicionado no tambor de forma gradual, em camadas de 20 cm de espessura, sob compressão de 12.490 N m⁻², até ser atingida a altura de 1m. Esse valor de pressão foi determinado calculando-se a pressão que poderia ser exercida por uma pessoa de 70 kg.

Para dar início ao processo de filtração, a válvula conectada à caixa suspensa era aberta e, por meio de uma mangueira de 37,5 mm, a água residuária era conduzida, por gravidade, até o referido filtro.

Para a filtração da ARC, um tanque de 1000 L foi utilizado (Figura 2). Inicialmente saturava-se o material orgânico acondicionado com água da rede de abastecimento para, a partir daí, iniciar o processo



Figura 2 – Vista geral da estrutura utilizada para a filtração da água residuária.

que passava a ser contínuo, mantendo-se uma carga hidráulica de 0,20 a 0,25 m de ARC acima da superfície filtrante.

A cada 2000 L de filtração, era feita a troca do material filtrante, perfazendo, no total, 12 trocas (12 repetições). As amostras da ARC bruta e filtrada a cada 2000 L de filtração eram coletadas de forma pontual e encaminhadas ao Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, para serem analisadas, seguindo-se metodologia apresentada no *Standard Methods* (APHA et al. 2005). As variáveis avaliadas e os respectivos métodos estão apresentados na Tabela 1.

Dos 12 dados de cada atributo físico e químico da ARC bruta e filtrada, foram obtidos os valores médios com os seus respectivos erros padrões, além das concentrações relativas (C/C_0), que expressam a razão entre a concentração ou valor do atributo físico ou químico no efluente (C) e no afluente (C_0).

Tabela 1 – Variáveis avaliadas e os respectivos métodos utilizados nas análises.

Variáveis	Metodologia
Condutividade elétrica (CE)	Condutivímetro de bancada
Potencial hidrogeniônico (pH)	Peagâmetro de bancada
Sólidos totais (ST)	Método gravimétrico
Sólidos suspensos totais (SST)	Método gravimétrico
Sólidos dissolvidos totais (SDT)	Diferença entre os ST e os SST
Nitrogênio total (N_{Total})	Processo semimicro Kjeldahl
Fósforo total (P)	Espectrofotometria de absorção, faixa de luz visível ($\lambda = 735 \text{ nm}$)
Sódio (Na)	Fotometria de emissão chama
Potássio (K)	Fotometria de emissão chama

Utilizou-se análise apenas descritiva, tendo em vista que não existiu mais de um tratamento experimental, possibilitando a realização de uma análise estatística tradicional.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentados, respectivamente, os atributos físicos e químicos da ARC bruta e filtrada com os respectivos erros padrões, bem como as concentrações relativas (C/C_0) ao longo das filtrações. Há de se considerar que valores de C/C_0 maiores que a unidade são indicativos de aumento na concentração e valores menores indicam remoção de contaminantes da água residuária.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, observa-se que à exceção dos sólidos suspensos totais (SST), todos os demais atributos físicos tiveram suas concentrações aumentadas após a passagem pelo filtro, o que ocorreu provavelmente em razão da solubilização de íons e substâncias do pergaminho de grãos de café.

A condutividade elétrica efluente apresentou-se cerca de 2,4 vezes maior que a afluenta, o que pode ser atribuído à contribuição dos solutos liberados pelo próprio material constituinte do filtro, tal como observado por Lo Monaco (2001), que utilizou a palha de café no tratamento da ARC. Resultados diferentes foram encontrados em trabalho realizado por Lo Monaco et al. (2009b), no qual foi verificada uma redução média da CE em torno de 22%, utilizando a fibra de coco como material filtrante de águas

residuárias da suinocultura. A fibra de coco, além de não solubilizar quantidades consideráveis de íons e substâncias, o que concorreria para aumento na CE na ARS afluenta, aparentemente foi capaz de reter íons contidos na referida água residuária.

O efluente do filtro apresentou cerca de 3,4 vezes mais de ST que o afluenta, em virtude do aumento na concentração de SDT. O aumento na concentração de ST de águas residuárias de suinocultura submetidas à filtração por palha de grãos de café também foi observado por Brandão et al. (2000), comprovando que há contribuição de sólidos do próprio material filtrante para o efluente quando se utilizam esses resíduos. Contrariando os resultados obtidos neste trabalho, Lo Monaco et al. (2004) obtiveram remoções de 60 a 70% quando utilizaram serragem de madeira, como material filtrante, no tratamento de ARS; Magalhães et al. (2006b) obtiveram remoção de 43 a 57% de ST em filtro constituído por serragem de madeira e de 50 a 56% no filtro em que utilizaram bagaço de cana-de-açúcar no tratamento da ARS e Lo Monaco et al. (2009b) obtiveram remoção de 40 a 60% de ST utilizando a fibra de coco como material filtrante no tratamento da ARS. Lo Monaco et al. (2002), ao utilizarem a serragem de madeira como material filtrante da ARC, obtiveram remoção de ST de aproximadamente 65%; no entanto, quando os autores utilizaram o bagaço de cana-de-açúcar, mesmo após algum tempo de operação do sistema, verificaram que a remoção não atingiu esse grau de eficiência, indicando que, de maneira semelhante a este trabalho, o bagaço de

Tabela 2 – Atributos Físicos da ARC bruta e filtrada e concentração relativa (C/C_0) no efluente dos filtros.

	CE ^a	ST ^b	SST ^c	SDT ^c	SFT ^b	SVT ^b
	dS m ⁻¹	mg L ⁻¹				
ARC Bruta	1,1 ± 0,1	6.346,4 ± 1.151,8	2.398,4 ± 525,1	3.885,2 ± 1.355,2	1.246,4 ± 420,3	5.100,0 ± 1.144,9
ARC Filtrada	2,4 ± 0,3	11.339,5 ± 2.898,0	792,3 ± 312,3	11.038,5 ± 3.208,1	4.575,3 ± 2.531,6	6.764,2 ± 1.596,3
C/Co	2,4 ± 0,5	3,4 ± 1,4	0,4 ± 0,1	41,6 ± 26,7	15,8 ± 9,3	2,4 ± 1,1

^a 12, ^b 11, ^c 10 repetições.

Tabela 3 – Atributos químicos da ARC bruta e filtrada e concentração relativa (C/C_0) no efluente dos filtros.

	pH ^a	K ^a	Na ^a	N-total ^a	P-total ^c
		mg L ⁻¹			
ARC Bruta	4,5 ± 0,1	353,4 ± 53,7	18,8 ± 5,6	19,0 ± 4,5	18,5 ± 3,6
ARC Filtrada	4,4 ± 0,1	1021,7 ± 209,0	11,7 ± 3,1	22,5 ± 3,9	50,8 ± 10,6
C/Co		4,0 ± 1,4	0,7 ± 0,1	1,6 ± 0,4	3,6 ± 1,2

^a 12, ^b 11, ^c 9 repetições.

cana-de-açúcar contribuiu para o aumento de sólidos totais no efluente do filtro. Comparando-se as características físicas da ARC e ARS, verifica-se que a ARC possui maior proporção de SDT em relação aos ST que a ARS, o que lhe proporciona menor eficiência de filtros orgânicos na remoção de ST (FREITAS, 2006; MATOS, 2006). Além disso, o caráter ácido da ARC (pH 4,5) pode ser fator importante na maior solubilização de sólidos do material filtrante.

O filtro de pergaminho de grãos de café mostrou-se relativamente eficiente na remoção de SST, apresentando remoção média de 60%. Grande parte dos sólidos em suspensão da ARC é formada pela mucilagem (BATISTA et al., 2005a) que, como foi observado durante a operação do filtro, ficou retida já nos primeiros 10 cm do filtro, proporcionando essa elevada remoção. Remoções ainda maiores foram obtidas por Lo Monaco et al. (2009b), que obtiveram remoção média de 75% utilizando a fibra de coco no tratamento de ARS e por Magalhães et al. (2006b), que obtiveram remoção de 90 a 99% de SST, quando utilizaram a serragem de madeira, e de 81 a 96% quando utilizaram o bagaço de cana-de-açúcar como materiais filtrantes no tratamento da mesma água residuária. No entanto, mesmo tendo sido obtida

substancial remoção, o efluente da filtração em pergaminho de grãos de café apresentou características inadequadas para a utilização de sistemas de irrigação localizada para sua aplicação em áreas agrícolas. De acordo com Leon e Cavallini (1999), a concentração máxima de SST na água de irrigação, para que não haja entupimento dos emissores, deve ser de 50 mg L⁻¹. Dessa forma, acredita-se que, além do filtro orgânico, torna-se necessária a inserção de outras formas de tratamento, visando a minimizar os riscos de entupimento dos emissores. Ainda assim, a remoção obtida pode ser considerada muito importante, tendo em vista que torna possível a utilização de diversos sistemas de aplicação, mesmo os localizados, desse efluente no solo. Há de se considerar, também, que os valores de SST citados na literatura como limitantes para não haver risco de entupimento de gotejadores foram obtidos quando o sistema de aplicação operou continuamente por mais de 100 horas, o que, definitivamente, não será o caso da aplicação de águas residuárias do processamento dos frutos do cafeeiro, tendo em vista que, com menos de 10 h, já teria sido aplicada toda a água residuária determinada com base na dose de adubação potássica para a cultura (BATISTA et al., 2005b).

O filtro constituído por pergaminho de grãos de café não foi eficiente na remoção de sólidos dissolvidos totais (SDT) da ARC, já que a concentração média no efluente esteve muito acima da concentração afluente, indicando que, tal como os demais atributos físicos, o próprio material filtrante contribuiu com o aumento de SDT no efluente do filtro. Resultados semelhantes foram encontrados por Lo Monaco et al. (2009b), utilizando a fibra de coco no tratamento da ARS.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, observa-se que tanto os SFT como os SVT tiveram sua concentração aumentada no efluente dos filtros. Já Lo Monaco et al. (2009b), ao trabalharem com a fibra de coco como material filtrante no tratamento da ARS, observaram que o material se mostrou-se eficiente na remoção dos SVT, obtendo-se uma remoção média de 51% e, para sólidos fixos, os autores obtiveram uma eficiência média de remoção em torno de 35%.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, pouca alteração foi observada nos valores de pH afluente e efluente da ARC, diferentemente de Lo Monaco et al. (2009b), que observaram decréscimo no pH nos primeiros 100 litros de ARC filtrados. O pequeno decréscimo no valor de pH do efluente pode estar relacionado à solubilização de substâncias de caráter ácido do próprio material filtrante para a ARC.

Não houve remoção de potássio da ARC nos filtros constituídos por pergaminho de grãos de café, tendo a concentração efluente aumentado em cerca de 4 vezes. Esse aumento, embora menor, também foi encontrado por Lo Monaco (2001), quando utilizaram serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar e sabugo de milho no tratamento da ARS; Lo Monaco et al. (2002), utilizando serragem de madeira e bagaço de cana-de-açúcar no tratamento da ARC; Lo Monaco et al. (2004), utilizando a serragem de madeira no tratamento da ARS e Lo Monaco et al. (2009b), utilizando a fibra de coco no tratamento da ARS. De maneira semelhante ao que foi observado em relação à CE e aos ST, SDT, SFT e SVT, o pergaminho de grãos de café, sabidamente rico em potássio, ao invés de reter, solubilizou esse elemento na água em percolação, proporcionando a obtenção de um efluente rico nesse elemento químico. Além disso, é possível que, por ser um material filtrante menos eletronegativo, considerando-se a baixa

disponibilidade de cargas negativas superficiais na palha de café (pergaminho + casca), conforme avaliado por Brandão et al. (2003), não houve a possibilidade de significativa adsorção desse cátion na fração sólida constituinte do filtro.

O sódio, ao contrário dos macronutrientes, foi parcialmente removido no filtro constituído por pergaminho de grãos de café, em cerca de 30% ($C/C_0 = 0,7$). De maneira contrária, em diversos trabalhos utilizando materiais orgânicos variados (LO MONACO, 2001; LO MONACO et al., 2002, 2004, 2009b), não foi obtida qualquer remoção de sódio e nem de potássio de águas residuárias. Esses autores atribuíram ao fato de o sódio e o potássio não estarem associados ao material orgânico (KIEHL, 1985), que, por sua vez, é retido com eficiência nos filtros. Em consequência, como o nitrogênio e o fósforo estão associados à matéria orgânica, esses elementos podem ser retidos com eficiência pelos materiais filtrantes. Lo Monaco (2001) obteve eficiências de remoção de N-total em torno de 60, 50 e 40% utilizando a serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar e sabugo de milho, respectivamente, e de 60% na remoção de fósforo em todos os materiais. Lo Monaco et al. (2002) obtiveram 83 e 78% de remoção de nitrogênio e 70 e 45% de remoção de fósforo, utilizando a serragem de madeira e bagaço de cana-de-açúcar, respectivamente. Lo Monaco et al. (2004) obtiveram remoções de 50 e 65% de nitrogênio e fósforo, respectivamente, utilizando a serragem de madeira. Lo Monaco et al. (2009b) alcançaram eficiências de remoção de 30 e 70% de nitrogênio e fósforo, respectivamente, utilizando a fibra de coco como material filtrante.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que o filtro de pergaminho de grãos de café, além de não apresentar eficiência na remoção do fósforo e do nitrogênio, contribuiu para o aumento nessas concentrações no efluente; resultados semelhantes aos obtidos por Brandão et al. (2000) que, ao trabalharem com diversos materiais orgânicos filtrantes no tratamento da ARS, observaram aumento nas concentrações de P-total efluente quando os materiais orgânicos empregados como filtro foram a casca de arroz, a casca de café e o sabugo de milho. Embora o aumento na concentração efluente desses nutrientes possa ser fator

complicador quando se opta pela continuidade do tratamento ou o lançamento em corpos hídricos, ele pode ser interessante caso o efluente dos filtros venha a ser aproveitado na fertirrigação de culturas agrícolas.

4 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- o filtro de pergaminho de grãos de café (*Coffea* sp.), além de não ter sido eficiente na remoção da CE, ST, SST, SDT, SFT, SVT, N-total, P-total e K-total, contribuiu para o aumento nas concentrações efluentes dessas variáveis;
- o filtro de pergaminho de grãos de café (*Coffea* sp.) apresentou eficiência mediana na remoção de SST e sódio, com valores de remoção média de 60% e 30%, respectivamente. A remoção de SST pode ser considerada satisfatória para a utilização de gotejadores para aplicação dessa água residuária no solo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF - WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005. 1268p.

BATISTA, R. O. et al. Alteração na vazão de gotejadores tipo fita utilizados na aplicação de água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 69-73, abr./jun. 2005a.

_____. Formação de biofilme em gotejadores aplicando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Acta Science Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 367-371, 2007.

_____. Obstrução de gotejadores utilizados para a aplicação de água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 288-294, ago./out. 2005b.

BRANDÃO, V. S. et al. Tratamento de águas residuárias de suinocultura utilizando-se filtros orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 327-333, 2000.

BRANDÃO, V. S. et al. Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da

suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 329-334, 2003.

CARVALHO, J. A. et al. Desempenho de bomba centrífuga operando com água residuária do processamento do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 86-94, jan./fev. 2008.

FEBRER, M. C. A. et al. Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 10, n. 1/4, p. 18-30, jan./dez. 2002.

FREITAS, W. S. Desempenho de sistemas alagados construídos, cultivados com diferentes espécies vegetais, no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **2006. 159 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.**

KIEHL, J. E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

LEON, S. G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: UFPB, 1999. 110 p.

LO MONACO, P. A. **Influência da granulometria do material orgânico filtrante na eficiência de tratamento de águas residuárias**. 2001. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

LO MONACO, P. et al. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro após a fertirrigação com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 4, p. 392-399, 2007.

_____. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 348-364, jul./set. 2009a.

_____. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 6, p. 473-480, nov./dez. 2009b.

Coffee Science, Lavras, v. 6, n. 2, p. 120-127, maio/ago. 2011

- _____. Eficiência de materiais filtrantes no tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 10, n. 1/4, p. 40-47, jan./dez. 2002.
- _____. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 116-119, 2004.
- MAGALHÃES, M. A. et al. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 466-471, 2006a.
- _____. Influência da compressão no desempenho de filtros orgânicos para tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 26-32, jan./mar. 2005.
- _____. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 472-478, 2006b.
- MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, MG: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, 2006. 140 p. (Série caderno didático, 38).
- MATOS, A. T. et al. Tratamento da água para reuso no descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 173-178, abr./jun. 2007.
- MATOS, A. T.; LO MONACO, P. A. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro**. Viçosa, MG: UFRV, 2003. 68 p. (Engenharia na agricultura. Boletim técnico, 7).
- MATOS, A. T.; MAGALHÃES, M.; FUKUNAGA, F. Remoção de sólidos em suspensão na água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro em filtros constituídos por pergaminho de grãos de café submetido a compressões. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 610-616, maio/ago. 2006.
- MEDEIROS, S. S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 109-115, 2008.
- RIGUEIRA, R. J. A. et al. Alteração nas características físicas, químicas e bioquímicas da água no processo de lavagem, despolpa e desmucilagem de frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 131-139, mar./abr. 2010.