

FILTRAÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO TRATADO DESTINADO À FERTIRRIGAÇÃO VIA SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Rafael Oliveira Batista¹; Antônio Alves Soares²; Everardo Chartuni Mantovani³; Antonio Teixeira de Matos⁴; José Antonio Rodrigues de Souza⁵; Raquel Oliveira Batista⁶

RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se analisar a remoção de sólidos suspensos por filtros de membrana (550 mesh) e de discos (120 mesh) de sistemas de irrigação por gotejamento, operando com esgoto sanitário tratado. Amostras da água residuária foram coletadas a montante e a jusante dos filtros, a cada hora, durante um período de 13 h. Em laboratório, quantificaram-se os sólidos suspensos das amostras. Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que o esgoto sanitário tratado apresentou um grande potencial para obstrução de sistemas de filtração, enquanto os filtros de membrana e de discos apresentaram remoções médias dos sólidos suspensos de 30,64 e 28,34%, respectivamente.

Palavras-chave: filtração, água residuária, saneamento.

ABSTRACT

Filtration of Treated Sanitary Wastewater for Fertirrigation via Drip Irrigation Systems

This study was done to analyze the removal of suspended solids by membrane filters (550 meshes) and discs (120 meshes) of drip irrigation systems operating with treated sanitary wastewater. Samples of wastewater were collected at hourly interval for 13 hours from the up and downstream of filters and the suspended solids were quantified in the laboratory. The data showed that the treated sanitary wastewater has high potential for clogging filtration systems and the mean removal rate of suspended solids was 30.64 and 28.34%, respectively by the membrane and discs.

Keywords: Filtration, wastewater, sanitation.

¹ Eng. Agrícola, Doutor em Eng. Agrícola, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. E-mail: rafael@grupointec.com.br

² Prof. Titular, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

³ Prof. Titular, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

⁴ Prof. Associado, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

⁵ Eng. Agrícola, Doutorando em Eng. Agrícola, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

⁶ Eng. Agrônoma, Mestranda em Eng. Agrícola, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

INTRODUÇÃO

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 culturas, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola. Entretanto, para que esta alternativa se torne uma prática viável, é necessário o desenvolvimento de técnicas de tratamento, aplicação e manejo de águas residuárias.

O método de irrigação localizada tem sido usado para aplicação de águas residuárias por causa da elevada eficiência de aplicação e do baixo risco de contaminação do produto agrícola e de operadores no campo. No entanto, os sistemas de filtração apresentam alta suscetibilidade ao entupimento, quando operam com águas residuárias. O entupimento de filtros está associado ao princípio que as aberturas do elemento filtrante são menores do que os diâmetros das partículas (Adin & Alon, 1986).

O entupimento das aberturas dos elementos filtrantes de filtros de areia, de tela e de discos está diretamente relacionado às características, físicas, químicas e biológicas das águas residuárias (Adin 1987; Adin & Sacks 1991). Estudos, realizados com esgoto doméstico tratado, indicaram que os principais responsáveis pelo entupimento das aberturas dos elementos filtrantes foram os zooplânctons dos grupos Cladocera, Copepoda e Rotifera (Ravina et al., 1992; Ravina et al., 1997). De acordo com os resultados obtidos por Yamamoto et al. (2005), as aberturas de 100 a 200 μm dos filtros de tela foram obstruídas por precipitados de ferro e manganês, bem como pelo zooplâncton do grupo Bacillariophyta com comprimento e diâmetro variando de 40 a 350 μm e de 5 a 9 μm , respectivamente.

Na literatura disponível, existem poucos trabalhos sobre o desempenho de sistemas de filtração operando com águas residuárias. Adin & Sacks (1991) utilizaram dois filtros em série, sendo o primeiro filtro de areia com diâmetro efetivo de 0,69 mm e o segundo filtro de discos com aberturas de 130 μm , para filtração de esgoto doméstico

secundário. Constataram aumento nos valores de algumas características do efluente coletado a jusante do sistema de filtração; os sólidos suspensos passaram de 55 para 65 mg L^{-1} , a turbidez de 36 para 39 UTN e a demanda química de oxigênio de 165 para 181 mg L^{-1} .

Puig-Bargués et al. (2005) analisaram o entupimento e a qualidade de filtração de três tipos de filtros, operando com efluente da indústria de carne e esgotos domésticos secundário e terciário. No estudo, foram utilizados os seguintes filtros: de discos com aberturas de 115, 130 e 200 μm , de tela com aberturas de 98, 115, 130 e 178 μm e de areia com diâmetro efetivo de 0,65 mm. Os autores notaram que a melhor qualidade de filtração foi obtida para o filtro de areia, operando com efluente da indústria de carne e proporcionando reduções de 62, 44, 33 e 69% em sólidos suspensos, turbidez, demanda química de oxigênio e número de partículas, respectivamente. Concluíram que o nível de entupimento depende da qualidade dos efluentes; para o efluente da indústria de carne, os filtros de discos entupiram mais do que os filtros de tela e de areia; quando os esgotos domésticos secundário e terciário foram usados, os filtros de discos entupiram com menor frequência.

No trabalho apresentado por Capra & Scicolone (2004), verificou-se que os filtros de areia e de discos foram mais efetivos na filtração de águas residuárias do que os filtros de tela. No entanto, Ravina et al. (1997) alertaram sobre sérios problemas de cimentação da areia no interior dos filtros de areia. Esses problemas são ocasionados pela ação das sulfobactérias podendo ocorrer quando a água residuária contém sulfeto de hidrogênio; neste caso, é necessária uma contínua substituição do elemento filtrante. Capra & Scicolone (2006) constataram que os filtros de tela são mais indicados para a filtração de águas residuárias com até 3 mg L^{-1} de sólidos suspensos.

O trabalho teve como objetivo analisar a eficiência de remoção de sólidos suspensos em filtros de membrana e de discos de sistemas de irrigação por gotejamento, operando com esgoto sanitário de lagoa de maturação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação-Piloto de Tratamento de Esgoto (EPTE) do Departamento de Engenharia Agrícola (UFV) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

A EPTE recebia o esgoto sanitário bruto, proveniente de um conjunto residencial, o qual era tratado em três etapas. Inicialmente, o esgoto sanitário bruto passava por um tratamento preliminar, com a finalidade de remover os sólidos de elevada massa específica. Em seguida, esse esgoto era disposto superficialmente em rampas cultivadas com gramínea, com a finalidade de reduzir sua carga orgânica. Por fim o esgoto sanitário secundário era lançado em lagoa de maturação, objetivando à redução dos microrganismos patogênicos.

Parte desse esgoto sanitário tratado era utilizada na fertirrigação de cafeeiros da variedade Catuaí IAC 99, com dois anos de idade. A outra parte era destinada a abastecer uma plataforma de testes, que constava de quatro unidades de irrigação por gotejamento, montada ao lado da lagoa de maturação.

O sistema de irrigação por gotejamento, montado em campo, constava de uma unidade de controle, composta por conjunto motobomba de 3 cv, sistema de filtração automatizado e injetor de fertilizantes, tipo Venturi, com 70 L h^{-1} de capacidade de injeção, bem como de linhas principal e de derivação, ambas em PVC e de linhas laterais com gotejadores do modelo G1. Esse modelo de gotejador apresentava as seguintes características técnicas: não-autocompensante, vazão nominal de $2,3 \text{ L h}^{-1}$, faixa de pressão de serviço de 50 a 400 kPa, espaçamento entre gotejadores de 0,40 m, comprimento do labirinto de 298 mm, largura do labirinto de 2 mm e um único filtro secundário. Nesse sistema, um filtro de 550 mesh tipo membrana, autolimpante, automático e com capacidade de filtração de $5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ foi instalado a jusante do conjunto motobomba de 3 cv. A retrolavagem era acionada por um sistema temporizador, a cada 30 minutos de funcionamento, durante 20 segundos, sendo requerida uma pressão mínima de 304 kPa.

O sistema de irrigação, montado ao lado da lagoa de maturação, constava de uma unidade de controle (composta por conjunto motobomba de 3 cv e sistema de filtração comum) de linhas principal

e de derivação, ambas em PVC e de linhas laterais com os seguintes modelos de gotejadores: G2 - não-autocompensante, vazão nominal de $1,7 \text{ L h}^{-1}$, faixa de pressão de serviço de 40 a 250 kPa, espaçamento entre gotejadores de 0,75 m, comprimento do labirinto de 177 mm, largura do labirinto de 1,7 mm e um único filtro secundário; G3 - autocompensante, vazão nominal de $2,1 \text{ L h}^{-1}$, faixa de pressão de serviço de 50 a 400 kPa, espaçamento entre gotejadores de 0,75 m, comprimento do labirinto de 260 mm, largura do labirinto de 2,1 mm e dois filtros secundários; e G4 - não-autocompensante, vazão nominal de $2,0 \text{ L h}^{-1}$, faixa de pressão de serviço de 100 a 400 kPa, espaçamento entre gotejadores de 0,60 m, comprimento do labirinto de 396 mm, largura do labirinto de 2,7 mm e dois filtros secundários. Nesse sistema, um filtro de discos de 120 mesh com capacidade de filtração de $8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ foi instalado a jusante do conjunto motobomba de 3 cv.

A montante e a jusante dos dois filtros, foram instaladas válvulas para o monitoramento da pressão, devido à acumulação de matéria orgânica durante o tempo de operação.

Nos dias 18/11 e 25/11/2003, foram coletadas amostras do esgoto sanitário tratado, a montante e a jusante dos filtros de discos e de membrana, a cada uma hora de operação, durante 13 horas.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Qualidade da Água do DEA/UFV para análise dos sólidos suspensos, os quais foram utilizados para determinação da eficiência de remoção dos sólidos suspensos no esgoto sanitário tratado pela passagem nos dois elementos filtrantes, conforme a Equação 1 recomendada pela ASAE Standards (2001). Juntamente com a coleta das amostras, procedeu-se à medição da pressão, a montante e a jusante dos filtros, para avaliação da redução da pressão ao longo do tempo, pelo acúmulo do material de entupimento.

$$E_r = 100 \left(1 - \frac{S_o}{S_i} \right) \quad (1)$$

em que

E_r - eficiência de remoção dos sólidos suspensos, %;

S_o - concentração dos sólidos suspensos presentes na água residuária coletada a jusante do filtro, mg L^{-1} ; e

S_i - concentração dos sólidos suspensos presentes na água residuária a montante do filtro, mg L^{-1} .

Decorridas 13 horas dos testes, retiraram-se amostras do material causador de entupimento, para identificação nos Laboratórios de Biologia Animal e Vegetal da UFV, por meio da examinação microscópica. Os dados de sólidos suspensos foram interpretados com análises das médias e dos coeficientes de variação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1 e 2, são apresentados os resultados dos testes, realizados com o filtro de membrana no dia 25/11 de 2003. Na Figura 1, observa-se que a perda de carga ultrapassou o limite de 20 kPa, proposto por Pizarro Cabello (1990) como valor máximo aceitável, sendo recomendada a limpeza do elemento filtrante, nos tempos de funcionamento de 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13 horas. As concentrações dos sólidos suspensos no esgoto sanitário tratado,

obtidas a montante e a jusante do filtro, variaram de 4 a 36 mg L⁻¹ e de 6 a 24 mg L⁻¹, respectivamente.

A eficiência da remoção dos sólidos suspensos variou de 0 a 57,14%, conforme apresentado na Figura 2. O valor médio da eficiência de remoção dos sólidos suspensos ao longo do período de ensaio foi de 30,64%, enquanto o valor do coeficiente de variação foi de 79,70%. O melhor desempenho do filtro ocorreu durante as primeiras quatro horas de funcionamento. Após esse período, ocorreu a alternância dos valores da eficiência de remoção dos sólidos suspensos. Essas oscilações justificam-se pelo acúmulo de partículas no elemento filtrante, o que acarretou aumento na concentração dos sólidos suspensos a jusante do filtro. Após funcionamento durante nove horas, a retrolavagem não mais obteve um bom desempenho com relação à limpeza do elemento filtrante.

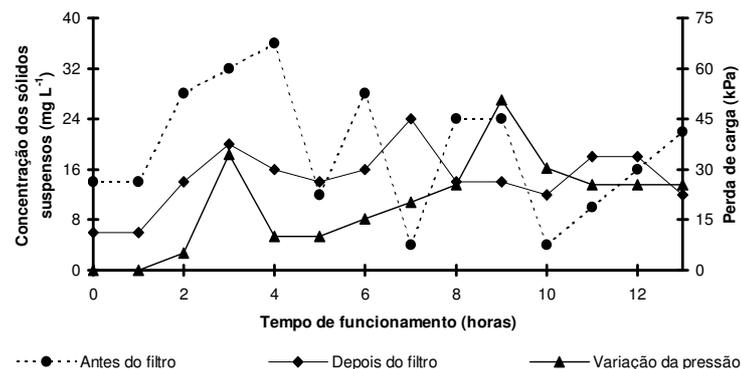


Figura 1. Variações das concentrações dos sólidos suspensos no esgoto sanitário tratado, a montante e a jusante do filtro de membrana e da perda de carga, ocorridas ao longo do dia 25/11 de 2003.

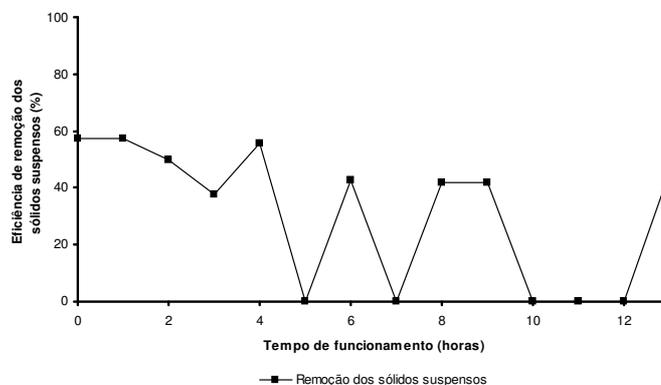


Figura 2. Variações da eficiência de remoção dos sólidos suspensos no esgoto sanitário tratado, pela passagem no elemento filtrante, ocorridas ao longo do dia 25/11 de 2003.

A variação na concentração dos sólidos suspensos e a eficiência de remoção dos sólidos suspensos pelo filtro de disco de 120 mesh, instalado na plataforma de testes, são apresentadas nas figuras 3 e 4, respectivamente. Observou-se que os valores da perda de carga no filtro foram sempre inferiores ao limite de 20 kPa, proposto por Pizarro Cabello (1990), conforme apresentado na Figura 3. As concentrações de sólidos suspensos obtidas no esgoto sanitário tratado, a montante e a jusante do elemento filtrante, apresentaram variações de 10 a 118 mg L⁻¹ e de 8 a 42 mg L⁻¹, respectivamente. Nos tempos de funcionamento de 7, 12 e 13 horas, a

concentração dos sólidos suspensos a jusante do filtro foi superior à obtida a montante dele, devido ao acúmulo de partículas nas ranhuras dos anéis do elemento filtrante.

Com relação à eficiência de remoção dos sólidos suspensos, verificou-se que esta variou de 0 a 80,95%, conforme se observa na Figura 4. O valor médio da eficiência de remoção dos sólidos suspensos ao longo do período de ensaio foi de 28,34% e o valor do coeficiente de variação, de 94,70%. Apesar do baixo valor da perda de carga, verificaram-se, após cinco horas de funcionamento, oscilações nos valores da eficiência de remoção dos sólidos suspensos.

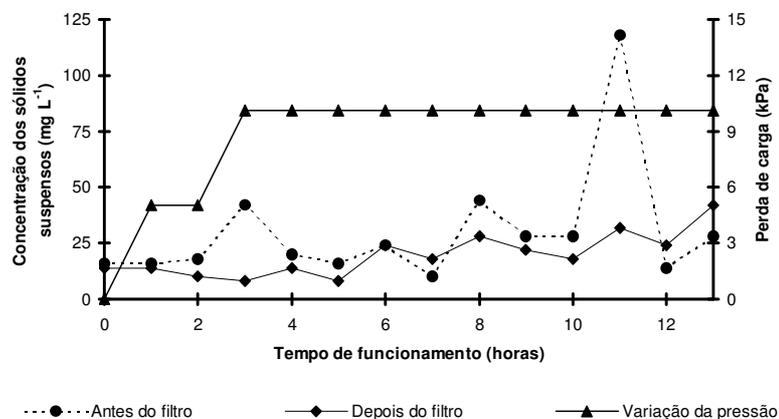


Figura 3. Variações das concentrações de sólidos suspensos no esgoto sanitário tratado, a montante e a jusante do filtro de disco e da perda de carga, ocorridas ao longo do dia 18/11 de 2003.

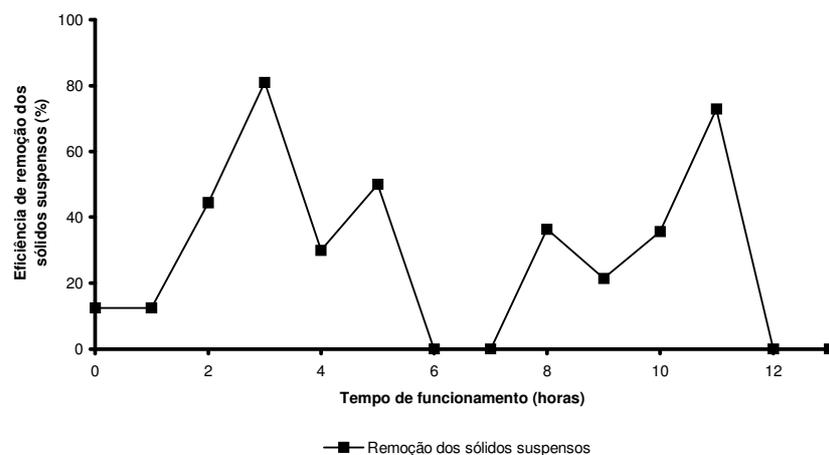


Figura 4. Variações da eficiência de remoção dos sólidos suspensos no esgoto sanitário tratado, pela passagem no elemento filtrante, ocorridas ao longo do dia 18/11 de 2003.

Decorrido o período de 13 horas dos testes, os filtros foram abertos e o material retido nos elementos filtrantes foram analisados. Observou-se que os principais causadores de entupimento tanto no filtro de membrana quanto no filtro de disco foram os seguintes: larvas de insetos (larvas de dípteros e principalmente larvas de quironomídeos), pequenos caramujos, zooplâncton (*Moina micrura* com tamanho entre 500 e 1.000 μm) e fitoplâncton (*Chlorophyta*).

CONCLUSÕES

Diante dos resultados, conclui-se que:

- O esgoto sanitário tratado apresentou um grande potencial para obstrução de sistemas de filtração.
- Partículas orgânicas, representadas por zooplâncton, fitoplâncton e larvas de insetos foram os principais fatores causadores de entupimento nos sistemas de filtração.
- Os filtros de membrana e de discos removeram, em média, 30,64 e 28,34% dos sólidos suspensos contidos no esgoto sanitário tratado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADIN, A.; SACKS, M. Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 117, n. 6, p. 813-826, 1991.

ADIN, A. Clogging in irrigation systems reusing pond effluents and its prevention. **Water Science Technology**, London, v. 19, n. 12, p. 323-328, 1987.

ADIN, A.; ALON, G. Mechanisms and process parameters of filter screens. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 112, n. 4, p. 293-304, 1986.

ASAE S 539. Media filters for irrigation - Testing and performance. **ASAE Standards**, St. Joseph, p. 990-996, 2001.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, 2006. (doi:10.1013/j.jclepro.2006.07.032).

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 68, n. 2, p.135-149, 2004.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 2 ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1990. 471p.

PUIG-BARGUÉS, J.; BARRAGÁN, J.; RAMÍREZ DE CARTAGENA, F. Filtration of effluents for microirrigation systems. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 48, n. 3, p. 969-978, 2005.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G.; YECHIALY, Z.; LEV, Y. Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. **Agricultural Water Management**, v. 33, n. 2-3, p. 127-137, 1997.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SHISHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimer wastewater. **Irrigation Science**, New York, v. 13, n. 3, p. 129-139, 1992.

YAMAMOTO, T.; AHMED, B. A. O.; KOIWASAKI, M.; DEHGHANISANIJ, H.; FUJIYAMA, MIYAMOTO, K. Preventing biochemical clogging of filters and emitters in microirrigation systems. **ASAE Annual International Meeting**, St. Joseph, 2005. (Paper n. 052241).