

FILTRAÇÃO LENTA PARA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA EM IRRIGAÇÃO

Luciana de Resende Londe
José Euclides Stipp Paterniani

*Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. CEP 13083
970. E-mail: pater@agr.unicamp.br*

1 RESUMO

O tratamento de esgotos domésticos por leitos cultivados tem se mostrado eficiente, principalmente na diminuição de sólidos, cor e turbidez. Esta tecnologia, porém, mantém ainda uma quantidade alta de coliformes totais e fecais e não elimina a necessidade de tratamentos complementares quando pretende-se reutilizar seu efluente. A proposta deste trabalho é a utilização da filtração lenta como tratamento posterior ao de leitos cultivados, possibilitando a reutilização de águas residuárias em atividades rurais, como a irrigação localizada. Os dois sistemas de tratamento possibilitam simplicidade de instalação e operação e custos reduzidos. Portanto, são adequados em pequenas comunidades ou áreas rurais. Para os ensaios realizados com taxa de filtração igual a $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, o Filtro Lento reduziu, em média, em 64% a turbidez, 38% a cor, 62% os sólidos suspensos totais, em 92,57% os *E. coli* e em 85,61% os coliformes totais. Nos ensaios com taxa de filtração igual a $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, a redução em média foi de 72% para turbidez, 44% para cor, 67% para sólidos suspensos totais, 83,87% para *E. coli* e 82,90% para coliformes totais.

UNITERMOS: Leitos Cultivados, qualidade da água, saneamento rural

**LONDE, L. de R.; PATERNIANI, J. E. S. SLOW SAND FILTRATION FOR IRRIGATION
WATER RE-USING**

2 ABSTRACT

Sewage treatment by constructed wetlands has been very efficient to color, turbidity and solid reduction. However, it still remains a high amount of total and faecal coliforms which requires other treatments before water re-using. This study has evaluated the efficiency of slow sand filtration to treat constructed wetlands effluents and intended to make it possible water re-using at rural works, for example at drip irrigation. Both treatment systems, constructed wetlands and slow sand filtration, require simple installation at low costs. They are advisable for small communities or rural area. Results from tests using $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ filtration rate have shown reductions of 64% turbidity, 38% apparent color, 62% total solids, 92,57% *E. coli* and 85,61% total coliforms. Tests at $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ filtration rate led to 72%, 44%, 67%, 83,87% and 82,90% reduction for turbidity, apparent color, total solids, *E. coli* and total coliforms, respectively.

KEY-WORDS: constructed wetlands, water quality, rural sanitation.

3 INTRODUÇÃO

Atualmente há uma preocupação crescente com relação ao destino final de águas residuárias, bem como com a política de uso racional dos recursos hídricos.

O uso de leitos cultivados tem sido proposto como um método de tratamento de esgotos de baixo custo e eficiente para pequenas propriedades rurais (Newman et al., 2000), por sua grande capacidade em reduzir a carga de resíduos sólidos e substâncias tóxicas (Gopal, 1999).

O sistema filtração lenta, por sua vez, atua na redução de cor, turbidez, sólidos suspensos, coliformes totais e *E. coli*, além de oferecer custos reduzidos, simplicidade de instalação e operação.

Tendo em vista que os sistemas possibilitam a melhoria das características químicas, físicas e bacteriológicas do efluente (Gearheart, 1999) e apresentam custos geralmente acessíveis ao produtor rural, a operação das duas tecnologias em conjunto poderá viabilizar o uso da água que seria descartada, podendo esta ser reaproveitada para vários trabalhos na zona rural, como a irrigação localizada (uma vez que pode prevenir a obstrução de gotejadores e emissores).

No Brasil, vários cursos d'água estão poluídos e sem perspectivas de recuperação a curto prazo, devido à falta de recursos financeiros, desinformação, entre outros. Neste contexto, torna-se importante o estudo de sistemas de tratamento que minimizem este problema.

Considerando-se a falta de trabalhos científicos abordando o uso em conjunto de leitos cultivados e filtros lentos, o presente trabalho teve como objetivo contribuir para um melhor conhecimento destes processos através da utilização um sistema de filtração lenta para complementar o tratamento por leitos cultivados já existente para o esgoto da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), onde estão instalados um sistema de tratamento de esgoto doméstico por leitos cultivados e um sistema de filtração lenta.

O sistema de tratamento anterior à filtração lenta é constituído por um tanque séptico de três compartimentos em série modificado (reatores anaeróbios compartimentados) e por leitos cultivados com macrófitas (sistema aquático natural), descritos por Valentim (1999).

O esgoto da Faculdade é composto por água proveniente dos laboratórios e oficina mecânica e também por uma mistura de dejetos domésticos e sanitários. Após o tratamento por leitos cultivados, a água residuária é conduzida ao sistema de filtração lenta, que é o objeto de estudo do presente trabalho.

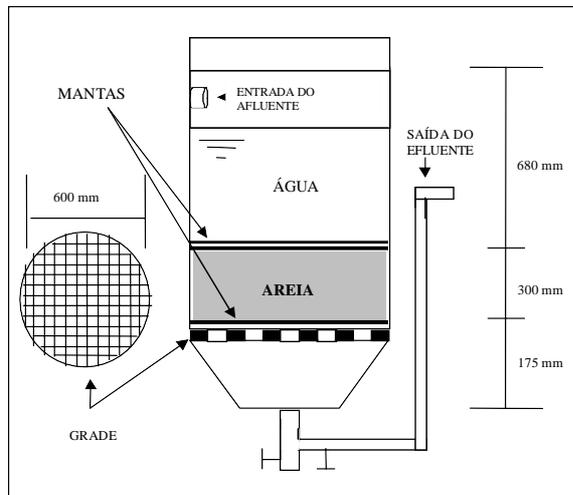
O filtro lento é constituído por um tanque cilíndrico de plástico com altura útil de 1200 mm, diâmetro igual a 600 mm e fundo cônico contendo uma grade metálica. O desenho esquemático do sistema é mostrado na Figura 1. Como meio filtrante foram utilizados areia grossa de construção passada por peneira de 1 mm, cujas características estão na Tabela 1 e mantas sintéticas não tecidas da marca AMOCO-Propex do Brasil, modelo 4510, cujas características encontram-se na Tabela 2. Em virtude da alta e rápida proliferação de algas, visto que o meio é propício ao seu desenvolvimento, todo o sistema, incluindo mangueiras foi tampado ou envolvido com plástico preto.

Tabela 1. Características da areia utilizada no Filtro Lento

Características da areia utilizada	
Espessura da camada	300 mm
Maior Grão	1 mm
Menor grão	0,053 mm
Tamanho efetivo	0,2 mm
Coefficiente de Desuniformidade	2,4

Tabela 2. Características das mantas não tecidas utilizadas no filtro lento.

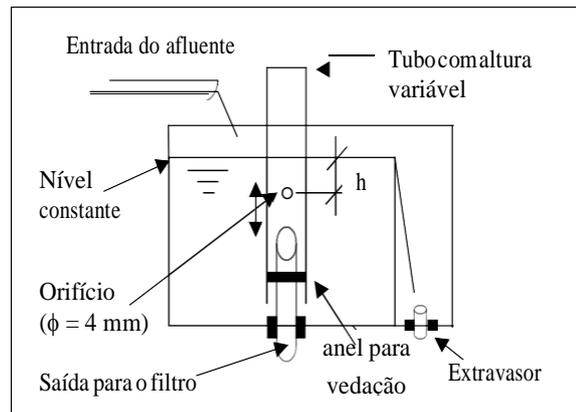
Propriedades	Mantas	
	M1	M2
Porosidade	95,70 %	62,84 %
Massa específica	0,1291 g/cm ³	0,1328 g/cm ³
Superfície Específica	2,530 m ² /m ³	26,936 m ² /m ³
Gramatura	380 g/m ²	450 g/m ²
Espessura	5,00 mm	3,8 mm
Diâmetro médio das Fibras	67,950 µm	55,179 µm
Composição	100% Polipropileno (33,0 Dtex)	100% Poliéster (33,0 Dtex)

**Figura 1.** Desenho esquemático do Filtro Lento

Para manter constante a vazão desejada da água residuária que chega até o filtro lento, foi construída uma caixa de controle. Esta alternativa garantiu uma solução eficaz e de baixo custo, visto que não há necessidade de energia elétrica. O controle da vazão do aflente do filtro foi feito pela variação da altura do orifício de 4 mm de um tubo de PVC instalado na caixa de controle de vazão, cujo esquema é representado na Figura 2. O filtro lento foi colocado em local mais baixo que a caixa de controle de vazão, para que seu aflente pudesse chegar por gravidade.

Para evitar possíveis alterações no “shmutzdecke” e a conseqüente redução de eficiência do sistema, o nível de água no interior do filtro foi mantido sempre acima do leito filtrante, mesmo com a falta de efluente dos leitos cultivados durante a noite, finais de semana e feriados.

O sistema foi operado com duas taxas de filtração (3 m³.m⁻².dia⁻¹ e 6 m³.m⁻².dia⁻¹), sendo que para cada taxa de filtração foram feitos três ensaios.

**Figura 2.** Caixa de Distribuição e Controle da Vazão do Aflente do Filtro Lento

A eficiência do filtro lento foi avaliada através da análise dos seguintes parâmetros: clorofila a, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, cor, sólidos suspensos totais, compostos de fósforo e nitrogênio, coliformes totais e *E. coli*. Todos os testes foram realizados em amostras de água extraídas do aflente e efluente do filtro em estudo.

As análises foram realizadas segundo Standard Methods (APHA, 1995), com exceção do teste de clorofila a, realizado segundo método proposto por Wood (1985).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Clorofila a

Como a água residuária que passa pelo filtro é rica em nutrientes, como nitrogênio e fósforo, torna-se um meio propício ao desenvolvimento de algas e plantas aquáticas. Um crescimento excessivo do fitoplâncton (eutrofização) pode resultar em problemas como elevação da turbidez, cor, massa de matéria orgânica (cuja decomposição resulta na redução do oxigênio dissolvido da água), ocasionando obstrução do sistema de filtração e também de emissores, no caso de reutilização da água residuária para irrigação localizada.

Para monitorar o desenvolvimento de algas no interior do do filtro, utilizou-se o parâmetro “clorofila a”, que determina o estado trófico da água residuária em estudo, ou seja: oligotrófico (pouca quantidade de algas), mesotrófico (quantidade intermediária) ou eutrófico (algas em grande quantidade).

Os valores encontrados foram variáveis. Como na maioria dos parâmetros analisados, o efluente acompanha as flutuações do afluente, porém em menor escala (valor médio de 60,88 µg/L para o afluente e 28,22 µg/L para o

efluente). Sendo assim, houve picos em que ambos tiveram valores próximos de zero e houve dias em que ambos encontravam-se fortemente eutrofizados (valores máximos de 171,6 µg/L para o afluente e 121,44 µg/L para o efluente). O shmutzdecke esteve sempre eutrofizado (valor médio igual a 643,33 µg/L). Mesmo assim é possível afirmar que, ao contrário do afluente, o efluente esteve oligotrófico na maior parte das análises realizadas e apresenta riscos baixos de obstrução de emissores.

5.2 Oxigênio Dissolvido

Considerando-se que o afluente do filtro lento é rico em matéria orgânica e que esta é degradada em parte ainda nos leitos cultivados e em parte pelo “schmutzdecke”, já era esperado que os teores de oxigênio dissolvido fossem baixos. As análises laboratoriais confirmaram os valores abaixo do recomendado, expressos na Tabela 3. Para solucionar tal problema, sugere-se que a saída para o efluente do filtro lento seja projetada com degraus, para promover sua reaeração.

Tabela 3. Resumo dos valores de oxigênio dissolvido obtidos nos ensaios

Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$		Ensaio com taxa de filtração de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Médias	2,07	2,06	1,39	1,32
Valor máximo	3,87	4,87	2,63	3,50
Valor mínimo	0,14	0,14	0,30	0,17

5.3 pH

Os valores de pH na água residuária em estudo variaram entre 6,38 e 8,10, com valores médios próximos de 7,00, sendo que não houve diferenças significativas entre o afluente e o efluente do filtro lento. Um resumo dos valores

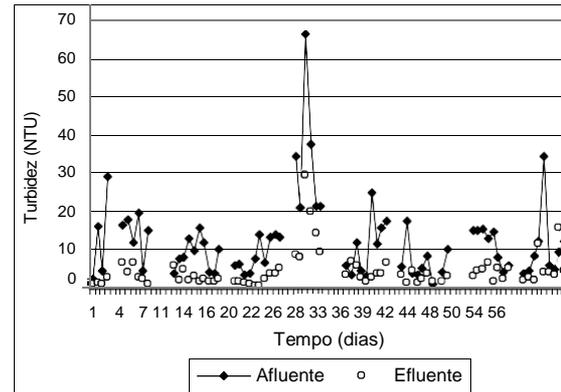
encontrados está na Tabela 4. Segundo Bucks e Nakayama (1986), a obstrução de emissores é mais provável quando a água utilizada tem pH maior que 8, o que significa a presença de calcário dissolvido na água. Com base nestes autores, o afluente do filtro lento apresentou risco de obstrução de emissores de médio a alto e, o efluente, risco de baixo a médio.

Tabela 4. Resumo dos valores de pH obtidos nos ensaios

pH	Ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$		Ensaio com taxa de filtração de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Médias	6,93	7,04	6,93	7,09
Valor máximo	7,65	7,65	8,10	7,95
Valor mínimo	6,40	6,60	6,38	6,59

5.4 Turbidez

Em termos gerais houve uma boa redução do grau de turbidez da água após sua passagem pelo filtro lento. Como este parâmetro indica presença de matéria em suspensão na água, verifica-se que o sistema de filtração foi eficiente, diminuindo riscos de obstrução e melhorando a qualidade física da água. Os dados podem ser observados na Figura 3 e na Tabela 5.

**Figura 3.** Valores de turbidez obtidos no segundo ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ **Tabela 5.** Resumo dos valores de turbidez obtidos nos ensaios

Turbidez (NTU)	Ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$		Ensaio com taxa de filtração de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Médias	10,22	3,69	14,64	4,16
Valor máximo	66,00	29,30	106,00	27,80
Valor mínimo	1,14	0,70	1,39	0,52

5.5 Cor

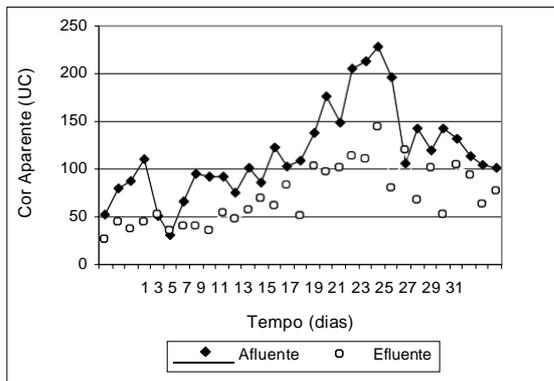
Como neste estudo a água residuária é rica em íons metálicos, matéria orgânica decomposta, plâncton e partículas em suspensão e sabendo-se que a cor é resultante dos processos de decomposição provocados pela variação dos compostos citados acima (CESP, 1998), torna-se difícil diminuir drasticamente os valores para cor.

Também aconteceram ao longo do trabalho algumas descargas de poluentes incomuns no esgoto da Faculdade, alterando a composição e qualidade da água em todos os sistemas de tratamento, como pode ser evidenciado nos valores máximos da tabela 6. Ainda assim, houve reduções significativas de cor após a passagem pelo filtro lento, indicando melhora na qualidade da água residuária.

Os dados podem ser observados na Tabela 6 e na Figura 4.

Tabela 6. Valores de cor (em unidades de cor(UC)) para os ensaios realizados

Cor (UC)	Ensaio com taxa de filtração de		Ensaio com taxa de filtração de	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Médias	112,00	69,35	132,18	74,16
Valor máximo	539,00	217,00	900,00	205,00
Valor mínimo	32,00	11,60	41,00	32,00

**Figura 4.** Valores de Cor obtidos no 1º ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$

5.6 Sólidos Suspensos Totais

Tanto o afluente como o efluente do filtro lento apresentaram valores baixos para sólidos suspensos totais, o que os torna, neste aspecto, adequados à irrigação. De acordo com Bucks et al. (1979), valores inferiores a 50 ppm na água de irrigação apresentam risco baixo de obstrução de emissores, e, portanto, os valores encontrados não comprometem a uniformidade de distribuição de água às plantas.

Tabela 7. Valores de sólidos suspensos totais para os ensaios realizados

Sólidos suspensos totais (mg/L)	Ensaio com taxa de filtração de		Ensaio com taxa de filtração de	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Médias	0,76	0,29	0,87	0,29
Valor máximo	7,90	2,60	8,50	3,60
Valor mínimo	0	0	0	0

5.7 Compostos de Fósforo e Nitrogênio

Estes elementos são importantes nutrientes para a agricultura. Portanto, sua presença na água para irrigação é desejável e diminui os gastos com adição de fertilizantes à água. Nota-se que o filtro lento não remove da água estes nutrientes, o que aumenta seu potencial de uso em águas para irrigação.

Tendo em vista que o afluente provém de águas residuárias, encontram-se vários compostos de fósforo e nitrogênio. De uma forma geral, a diferença de concentração do afluente para o efluente é pouca. Pelos gráficos das Figuras 5, 6, 7 e 8, observa-se uma possível tendência do filtro lento em reduzir os valores do afluente à medida em que há um amadurecimento do “schmutzdecke”. Pode-se observar também que em alguns casos há

valores diferentes antes e depois dos finais de semana, quando o filtro fica parado. Tal fato pode significar retenção ou liberação destes compostos por microrganismos existentes no filtro lento. De acordo com Metcalf e Eddy (1991), sob certas condições aeróbicas, os microrganismos podem reter mais fósforo do que o necessário e este pode ser liberado pelas células sob condições anóxicas. Os autores afirmam ainda que 10 a 30% do fósforo afluente é removido durante tratamento biológico secundário. Neste trabalho, houve redução de fósforo entre 2 e 5%.

Os valores encontrados para os compostos de fósforo estão apresentados na Tabela 8 e nas Figuras 5 e 6.

Para os compostos de nitrogênio, houve pouca variação do afluente para o efluente. Estes parâmetros podem ser observados na Tabela 9 e nas Figuras 7 e 8.

Tabela 8. Valores dos compostos de fósforo (mg/L) para os ensaios realizados

Ensaio	Origem	Valores	P	PO ₄ ⁻³	P ₂ O ₅
Taxa de Filtração de 3 m ³ .m ⁻² .dia ⁻¹	Afluente	Médios	1,87	5,74	4,29
		Máximo	3,34	10,24	7,66
		Mínimo	0,10	0,20	0,20
	Efluente	Médios	2,01	6,16	4,60
		Máximo	3,26	9,96	7,44
		Mínimo	0,10	0,40	0,30
Taxa de Filtração de 6 m ³ .m ⁻² .dia ⁻¹	Afluente	Médios	2,01	6,10	4,57
		Máximo	4,40	13,30	10,00
		Mínimo	0,80	2,38	1,79
	Efluente	Médios	1,90	5,93	4,33
		Máximo	3,60	11,90	8,10
		Mínimo	0,20	0,60	0,50

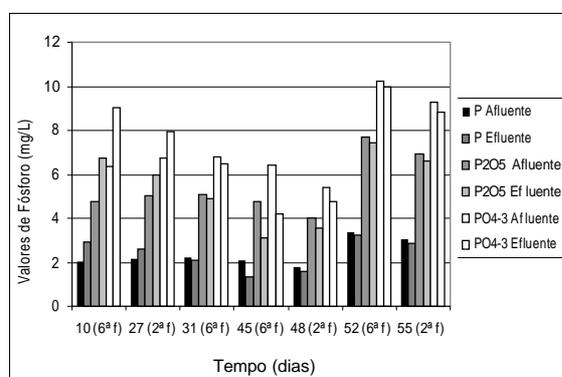


Figura 5. Valores de fósforo obtidos no 3º ensaio com taxa de filtração de 3 m³.m⁻².dia⁻¹

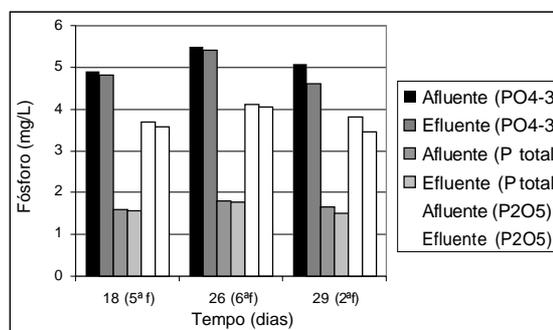


Figura 6. Valores de fósforo obtidos no segundo ensaio com taxa de filtração de 6 m³.m⁻².dia⁻¹

Tabela 9. Valores dos compostos de nitrogênio (mg/L) para os ensaios realizados

Ensaio	Origem	Valores	N	NH ₃	NO ₃ ⁻
Taxa de filtração de 3 m ³ .m ⁻² .dia ⁻¹	Afluente	Médios	34,44	41,56	151,56
		Máximo	90	110	390
		Mínimo	20	24	88
	Efluente	Médios	36,56	43,11	159,11
		Máximo	100	120	430
		Mínimo	20	24	92
Taxa de filtração de 6 m ³ .m ⁻² .dia ⁻¹	Afluente	Médios	26,25	32,38	115,63
		Máximo	70	90	310
		Mínimo	10	12	42
	Efluente	Médios	24,38	29,25	112,50
		Máximo	50	60	230
		Mínimo	10	12	44

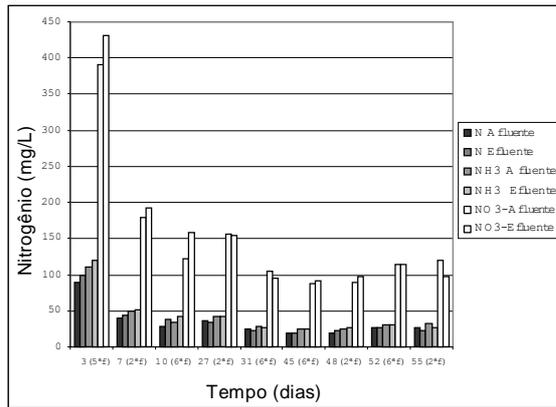


Figura 7. Valores de nitrogênio para o terceiro ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$

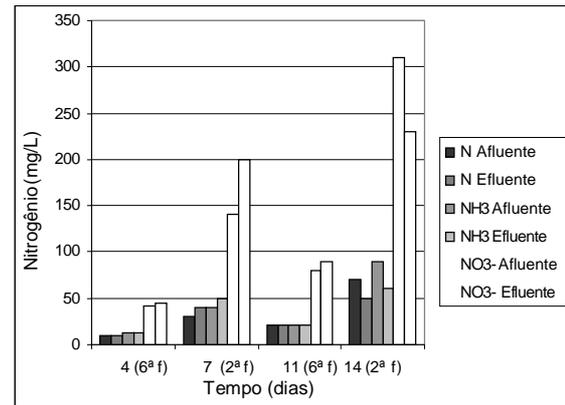


Figura 8. Valores de nitrogênio obtidos no terceiro ensaio com taxa de filtração de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$

5.8 Coliformes Totais e Fecais

Embora a redução de coliformes totais e *E. coli* pelo filtro lento tenha sido de 85% em média, ainda manteve-se altas concentrações destes microrganismos no efluente, o que indica alto potencial contaminante. Se esta água for empregada para efeito ornamental ou irrigação de culturas que não serão ingeridas "in natura",

não haverá problemas. Contudo, se for usada para irrigação de hortaliças, mesmo com irrigação localizada, que reduz o contato da água com a cultura, um processo de desinfecção deve ser acrescentado para prevenir os riscos de contaminação por microrganismos patogênicos. Os dados para coliformes totais estão dispostos na Tabela 9 e nas Figuras 9 e 10, e, para *E. coli*, na Tabela 10 e nas Figuras 11 e 12.

Tabela 10. Valores de Coliformes Totais para os Ensaio Realizados (em número mais provável (NMP) de coliformes totais por 100 mL de amostra)

Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$		Ensaio com taxa de filtração de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Médias	6.815.395,07	980.451,20	2.752.320,57	470.693,90
Valor máximo	241.920.000,00	30.760.000,00	24.192.000,00	2.419.200,00
Valor mínimo	2.419,20	1.510,00	34.192,00	970,00

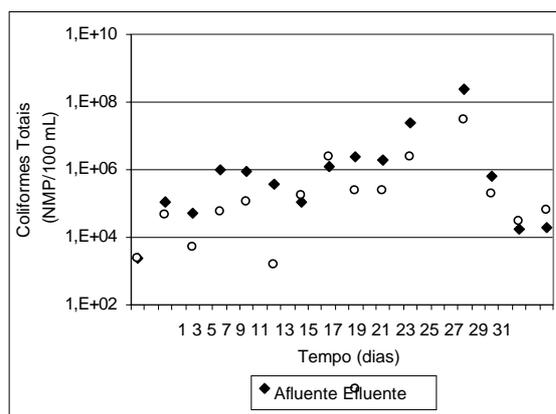


Figura 9. Valores de coliformes totais obtidos no primeiro ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ (em número mais provável (NMP) de coliformes totais por 100 mL de amostra)

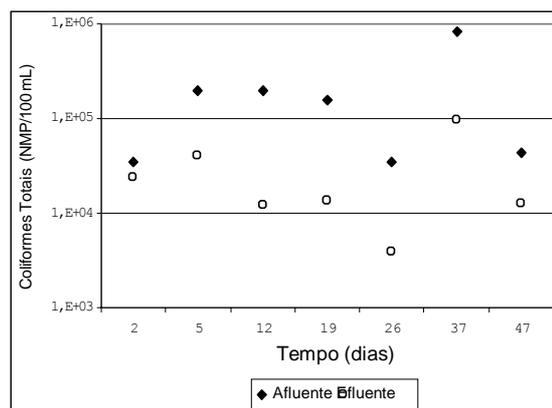


Figura 10. Valores de Coliformes totais obtidos no primeiro ensaio com taxa de filtração de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ (em número mais provável (NMP) de coliformes totais por 100 mL de amostra)

Tabela 11. Valores de *E. coli* para os ensaios realizados (em número mais provável (NMP) de *E. coli* por 100 mL de amostra)

E. coli (NMP/100 mL)	Ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$		Ensaio com taxa de filtração de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Médias	1.576.980,22	117.148,73	334.203,38	53.896,71
Valor máximo	30.440.000,00	1.986.300,00	1.119.900,00	241.920,00
Valor mínimo	2.000,00	399,00	7.230,00	200,00

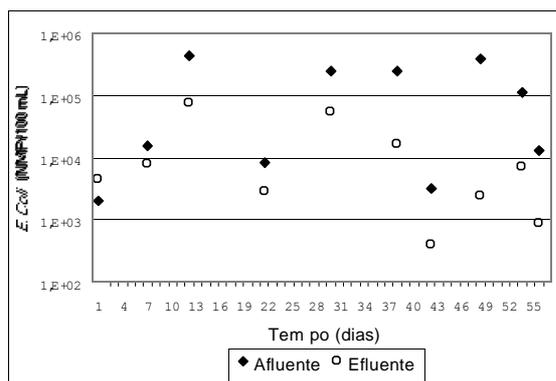


Figura 11. Valores de *E. coli* para o terceiro ensaio com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ (em número mais provável (NMP) de *E. coli* por 100 mL de amostra)

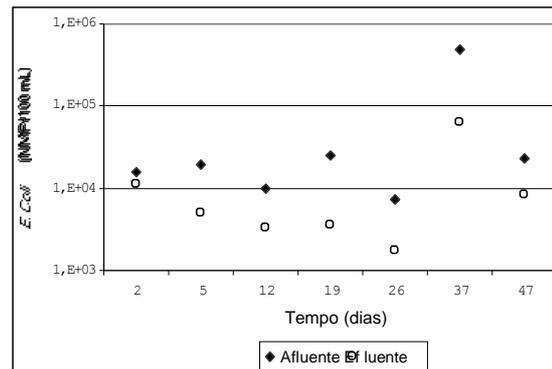


Figura 12. Valores de *E. coli* obtidos no primeiro ensaio com taxa de filtração de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ (em número mais provável (NMP) de *E. coli* por 100 mL de amostra)

5.9 Considerações Gerais

A concentração de ferro e manganês no afluente do filtro não é significativa, porque ambos, em grande parte, são removidos antes da passagem pelo filtro, ainda nos leitos cultivados. Houve um ligeiro aumento na concentração de ambos, no efluente, provavelmente por interferência da composição da areia utilizada no filtro lento, mas ainda assim mantiveram-se valores baixos. Matsura et al (1989) citam entupimentos de emissores decorrentes de sedimentos orgânicos associados à presença de ferro. Sob este aspecto, o efluente do Filtro Lento estaria adequado à irrigação localizada.

Embora o funcionamento do filtro não tenha sido contínuo, visto que ocorria falta de efluente dos leitos cultivados durante a noite, fins de semana e feriados, a eficiência do filtro lento não foi afetada, uma vez que o nível de água no interior do filtro sempre permanecia acima do leito filtrante, não deixando secar o "schmutzdecke", o que seria prejudicial à eficiência do Filtro.

6 CONCLUSÕES

A filtração lenta é uma alternativa simples e eficaz para complementar o tratamento de águas residuárias, visando sua reutilização em atividades agrícolas. O sistema proporciona uma eficiente redução de partículas sólidas em suspensão, minimizando, assim, o risco de obstrução de gotejadores, quando a água for usada para irrigação localizada.

Apesar da alta eficiência do filtro lento na remoção de coliformes totais e *E. coli*, é recomendável que o efluente passe por um processo de desinfecção. Também é desejável a reaeração do efluente, o que pode ser conseguido projetando-se sua saída em forma de degraus.

O efluente do filtro lento apresenta valores adequados de pH, clorofila a, cor, turbidez, ferro, manganês, para reaproveitamento em irrigação localizada.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pela Bolsa de Mestrado concedida (Processo: 00/01511-9).

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington, 1995. 19th ed.
- AZEVEDO NETTO, J.M.; HESPANHOL, I. Filtração lenta. In: AZEVEDO NETTO, J.M.; HESPANHOL, I. **Técnicas de abastecimento e tratamento de água**. 20 ed. São Paulo: CETESB, 1979. v. 2, p. 869-882.
- BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. Trickle irrigation water quality and a preventive maintenance. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 2, p. 149-162, 1979.
- CESP **Conservação e manejo nos reservatórios**: limnologia, ictiologia e pesca. São Paulo, 1998. 166 p. (Série Divulgação e Informação, 220).
- DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1993. 2 v.
- GEARHEART, R.A. The use of free surface constructed wetland as an alternative process treatment train to meet unrestricted water reclamation standards. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 5, p. 375-382, 1999.
- GOPAL, B Natural and constructed wetlands for wastewater treatment: potentials and problems. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 44, p. 9, 1999.
- MATSURA, E.E.; TESTEZLAF, R.; ALMEIDA NETO, J.A. Perda de carga nos filtros de areia e tela do sistema de irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1989, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1989. p. 585-607.

METCALF; E. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3rd ed. Reuse. McGraw Hill: Metcalf & Eddy Inc., 1991. p. 433-434.

NEWMAN, J.M.; CLAUSEN, J.C.; NEAFSEY, J.A. Seasonal performance of a wetland constructed to process dairy milkhouse wastewater. **Connecticut Ecological Engineering**, Connecticut, v. 14, n. 74, p. 18.

NAKAYAMA, F.S. Water treatment. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p. 164.

PATERNIANI, J. E. S. **Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento**. 1991. 245 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

VALENTIM, M.A.A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluentes de tanque séptico modificado**. 1999. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

WOOD, L.W. Chloroform-Methanol extraction of Chlorophyll a. *Com. J. Fisli. Aquatic Sciences*, Basel, v. 42, n. 1, p. 38-43, 1985.