

FILTRAÇÃO LENTA EM NÃOTECIDO SINTÉTICO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA COMUNIDADES RURAIS: EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS E DO GRUPO COLIFORME

FLAVIA F. S. SANTOS¹, JOSÉ EUCLIDES. S. PATERNIANI²

¹ Doutoranda em Engenharia Agrícola, Depto. de Água e Solo, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP, Fone: (0XX19) 9 97135004, flaviasantos85@yahoo.com.br

² Engenheiro Civil, Professor livre-docente na Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: No tratamento de água por filtração lenta, as exigências do processo de lavagem da areia, além de outros fatores como qualidade da água bruta, fizeram com que o emprego desta eficiente tecnologia voltada para comunidades do meio rural fosse inviabilizado. Deste modo, adaptações à tecnologia vêm sendo propostas a fim de retomar o seu uso. O presente trabalho tem como objetivo avaliar diferentes espessuras de um filtro lento composto exclusivamente por material não-tecido sintético em substituição à areia, em termos de remoção de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli*. Construiu-se um sistema piloto de filtração contendo uma unidade de filtração lenta em não-tecido sintético, com 12 pontos de amostragem distribuídos ao longo da espessura do meio filtrante, e uma unidade de filtração lenta em areia, ambas operando em paralelo. As amostras de água coletadas foram submetidas aos ensaios de contagem de bactérias heterotróficas pelo método *pour plate* e contagem de coliformes pelo método do substrato definido Colilert®-18/Quanti-Tray®. Os resultados demonstraram que o filtro de não-tecido sintético com espessura igual ou superior a 10 cm teve desempenho semelhante ao filtro lento de areia, alcançando eficiência de remoção de bactérias acima de 90 %.

PALAVRAS-CHAVE: não-tecido sintético, remoção de bactérias, tratamento de água

SLOW FILTRATION IN NON-WOVEN SYNTHETIC FABRICS AS WATER TREATMENT ALTERNATIVE FOR RURAL COMMUNITIES: HETEROTROPHIC BACTERIA AND COLIFORMS REMOVAL EFFICIENCY

ABSTRACT: In water treatment by slow sand filtration, the requirements of the sand washing process and another factors such as raw water quality, made unfeasible the use of this efficient technology for rural communities. Therefore, adaptations to this technology have been proposed seeking to retrieve its use. The present study aims to evaluate different thickness of a slow filter exclusively composed of non-woven synthetic fabric to replace the sand, in ways of heterotrophic bacteria, total coliforms and *Escherichia coli* removal. It was built a pilot system with a slow non-woven filtration unit, with twelve sampling points distributed along the medium filter thickness, and a slow sand filtration unit, both working in parallel. The collected water samples was submitted to procedure for counting heterotrophic bacteria using the pour plate method and counting coliforms by the enzyme substrate coliform test Colilert®-18/Quanti-Tray®. The results demonstrated that slow non-woven filter with thickness equal to or greater than 10 cm had similar performance to slow sand filter, with bacteria removal efficiency over 90 %.

KEYWORDS: bacteria removal, non-woven synthetic fabric, water treatment

INTRODUÇÃO

A filtração lenta é uma eficiente tecnologia de tratamento de água que, embora exija água bruta de boa qualidade, não demanda o uso de produtos químicos e requer quantidades marginais do agente desinfetante na água para a distribuição (SCHOLZ, 2006). A alta eficiência do filtro lento está relacionada à baixa taxa de filtração com que opera, entre 2 e 6 m³.m⁻².dia⁻¹, às configurações granulométricas da areia utilizada como meio filtrante e também aos processos biológicos que ocorrem em uma fina camada rica em microrganismos que se forma no período de amadurecimento do filtro devido o acúmulo de impurezas na superfície da areia, a *schmutzdecke* (HUISMAN e WOOD, 1974; CAMPOS *et al.*, 2002).

Nas comunidades rurais e de pequeno porte é apropriado recorrer a esse tipo de tecnologia que dispensa mão-de-obra especializada para a operação e tem baixos custos de implantação e operação, além de que comunidades rurais geralmente localizam-se em regiões cuja deterioração da qualidade da água bruta manifesta-se de forma menos acentuada (LIBÂNIO, 2008).

A inviabilização do uso dessa tecnologia em comunidades pequenas e rurais é devido à piora da qualidade da água dos mananciais, que diminui a duração da carreira de filtração, e devido à complexidade do processo de limpeza dos filtros. O procedimento de lavagem da areia requer a instalação de uma unidade própria e o extremo cuidado para manter a granulometria da areia, além de consumir considerável volume de água.

Com interesse em renovar a filtração lenta e ampliar o seu uso, estudos vêm sendo realizados visando aprimorar a operação e composição do meio filtrante. Pesquisas envolvendo o uso de não tecido sintético na filtração lenta em areia trouxeram resultados satisfatórios em termos de qualidade da água filtrada, facilidade de operação e custos envolvidos. Os não tecidos sintéticos são uma estrutura porosa e flexível constituída de fibras ou filamentos de poliéster ou materiais semelhantes orientados ao acaso (ABINT, 2013).

O uso de não tecidos no topo do meio filtrante possibilita a redução da espessura da camada de areia na filtração lenta sem alterar a qualidade do efluente, causa aumento da duração das carreiras de filtração e simplifica o processo de limpeza reduzindo os custos relacionados (PATERNIANI, 1991; DI BERNARDO *et al.*, 1999; VERAS e DI BERNARDO, 2008). E, quando empregada na base do leito filtrante, possibilita a redução da camada suporte, com conseqüente redução do custo de implantação (FERRAZ e PATERNIANI, 2002).

Alguns pesquisadores estudaram o uso de não tecidos em auxílio a processos diferenciados de tratamento como o uso de MBR (Bioreatores de Membrana) para o tratamento de esgoto doméstico, nesse caso, os não tecidos propiciaram elevado potencial de tratamento do esgoto, com operação simples e de baixo custo, próprios para áreas rurais e de pequenas populações (REN *et al.*, 2010).

Nesse contexto de inviabilização do uso da filtração lenta e de vantagens do uso de não tecido o presente estudo prevê a possibilidade de substituição da areia por material não tecido sintético, visando propor uma adaptação à tecnologia dos filtros lentos, para que seu uso seja retomado em comunidades pequenas e rurais. O objetivo, portanto, do desse estudo foi testar diferentes espessuras de um filtro lento composto exclusivamente por material não tecido sintético em substituição à areia, em termos de remoção de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli*.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado nas dependências da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas-SP. O sistema de filtração (FIGURA 1) foi construído de forma que o filtro lento de não tecido, com diferentes profundidades, operasse simultaneamente e sob as mesmas condições que um filtro lento de areia tradicionalmente conhecido, construído conforme recomendações de Di Bernardo *et al.* (1999). Ambas as unidades de filtração operaram com fluxo

descendente e com taxa de filtração de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$.

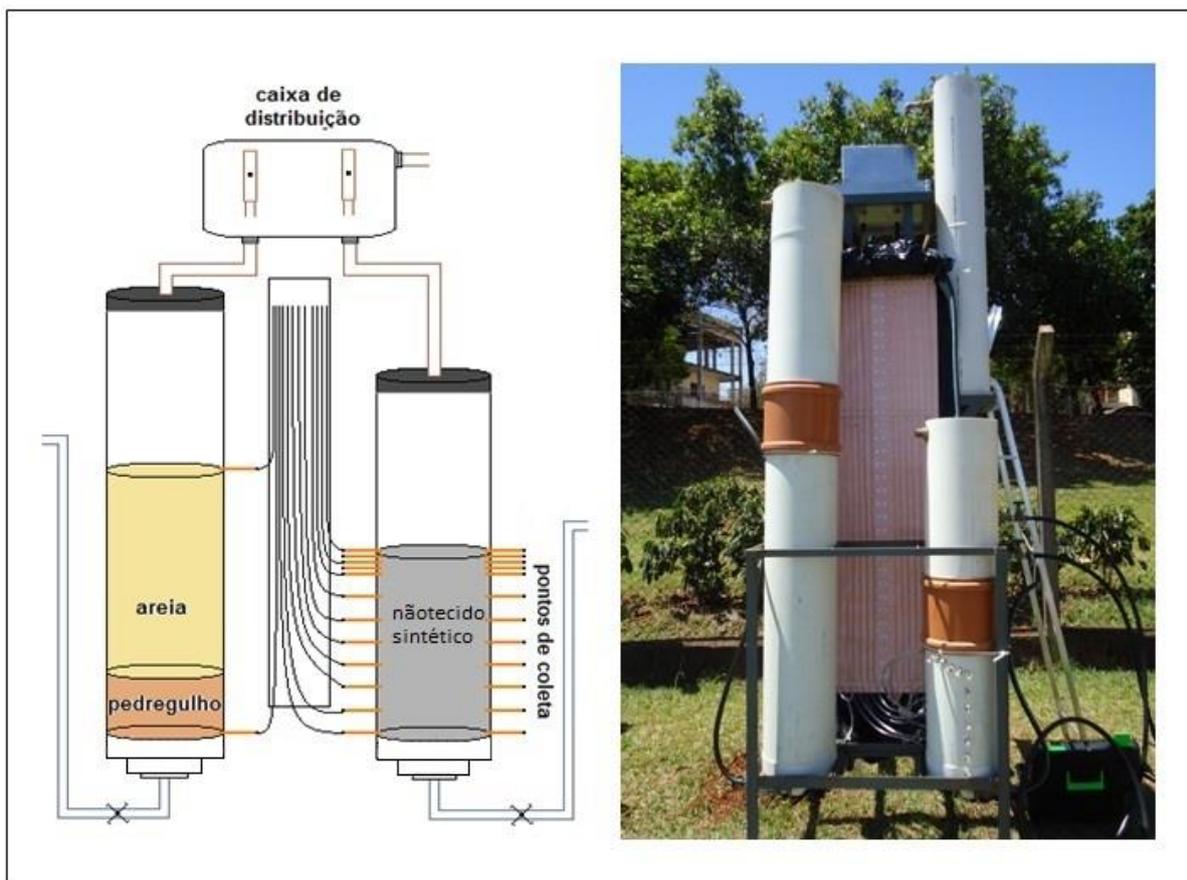


FIGURA 1. Sistema piloto de filtração lenta.

O filtro lento de náotecido foi preenchido por material náotecido sintético, cujas especificações encontram-se na TABELA 1.

TABELA 1. Especificações do náotecido sintético.

Fabricante	<i>Ober S/A Indústria e Comércio</i>
Material	100 % poliéster
Processo de confecção	Agulhado
Gramatura	500 g/m^2 .
Cor	Cinza
Massa específica média	$0,196 \text{ g/cm}^3$.
Espessura	4 mm

O material náotecido sintético foi cortado em forma de discos de 250 mm de diâmetro, esses discos foram sobrepostos em camadas no interior do filtro perfazendo a espessura total de 0,40 m de meio filtrante, conforme FIGURA 2.



FIGURA 2. Discos de náotecido sintético, com 250 mm de diâmetro.

Para distinguir as diferentes espessuras do filtro lento de não tecido, foram instalados, ao longo de toda a profundidade do meio filtrante, 12 pontos de tomada de água para a coleta das amostras. As espessuras avaliadas foram as seguintes: 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm e 40 cm (FIGURA 3).



FIGURA 3. Pontos de amostragem distribuídos ao longo do meio filtrante de não tecido sintético.

A água bruta utilizada para o abastecimento do sistema de filtração foi captada em um lago de águas naturais, o qual tem como característica qualidade de água compatível com o recomendado para a filtração lenta em areia (HUISMAN e WOOD, 1974; Di BERNARDO, 1993; GoNU/GoSS, 2009).

O experimento contou com 3 carreiras de filtração, cuja duração foi delimitada ao atingir a carga hidráulica máxima de 0,70 m para ambos os filtros lentos. A evolução da perda de carga nos filtros foi monitorada diariamente em quadro piezométrico.

As coletas de amostra de água nos pontos de amostragem do sistema de filtração foram realizadas com frequência semanal. Os parâmetros bacteriológicos avaliados foram os seguintes:

- Quantidade de bactérias coliformes totais e *Escherichia coli*, pelo método do substrato definido Colilert®-18/Quanti-Tray® e
- Quantidade de bactérias heterotróficas pelo método *pour plate*, com meio de cultura ágar (APHA/AWWA/WEF, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As carreiras de filtração, delimitadas pelo alcance da carga hidráulica máxima de 0,70 m, tiveram durações variadas, como 27, 58 e 91 dias, devido alterações das características da água bruta. A duração das carreiras do filtro lento de areia, operando sob condições semelhantes, foram aproximadamente 50% menores do que o filtro de não tecido.

A distribuição em quartis dos resultados que quantificam bactérias em cada uma das espessuras avaliadas permitiu observar que, tanto para bactérias do tipo coliformes quanto para bactérias heterotróficas, a dinâmica de remoção foi semelhante ao longo da profundidade do meio filtrante (FIGURAS 4 e 5). Nas camadas mais superficiais do meio, espessuras de 1 a 5 cm, a quantidade de bactérias cai gradativamente. Já, entre as camadas subsequentes, espessuras de 10 a 40 cm, a quantidade de bactérias não varia significativamente, indicando que uma espessura de 10

cm de nãotecido seria suficiente para alcançar a eficiência característica do filtro sob as definidas condições de operação. Enquanto que estudos visando avaliar a distribuição espacial dos mecanismos de filtração lenta em areia indicaram a predominância dos mecanismos biológicos de remoção de coliformes totais e *E. coli* aos 30 cm de profundidade do leito, aproximadamente (BAUER *et al.*, 2011, BRITO *et al.*, 2005, MURTHA e HELLER, 2003; ELLIS e AYDIN, 1995).

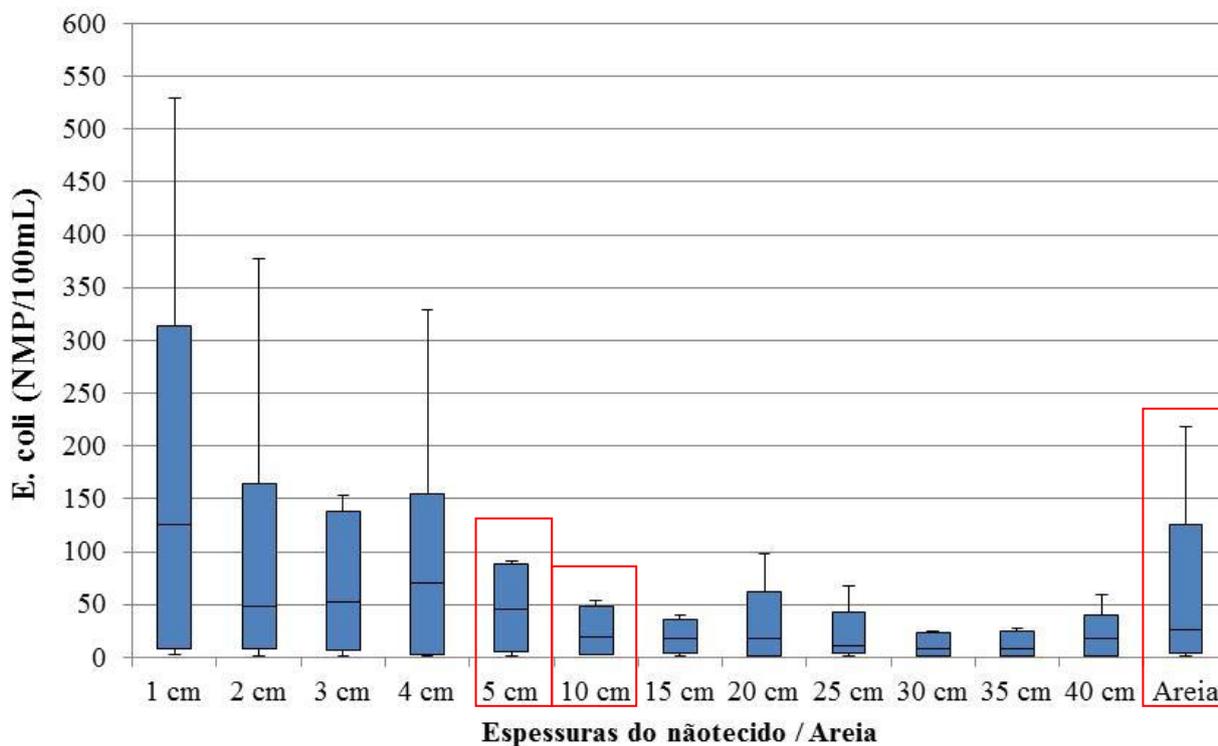


FIGURA 4. Distribuição dos resultados de quantificação de *E. coli* nas diferentes espessuras do meio filtrante nãotecido e do meio filtrante areia.

Analisando a distribuição dos resultados de *E. coli* em quartis (FIGURA 4), pode-se observar que a partir da espessura de 5 cm, a eficiência de remoção dessas bactérias pelo filtro de nãotecido supera a eficiência do filtro lento de areia, pois 100% dos resultados dessa espessura encontram-se abaixo de 100 NMP/100 mL. Já no filtro de areia observa-se que 75% dos resultados estão abaixo de 150 NMP/100 mL.

Na espessura de 10 cm de nãotecido, ou espessuras maiores à esta, 50% dos resultados de *E. coli* estão abaixo de 17 NMP/100 mL, igualando-se ao filtro lento de areia, no qual 50% dos resultados estão abaixo de 23 NMP/100 mL.

Os resultados de coliformes totais (FIGURA 5) tiveram distribuição semelhante aos resultados de *E. coli*, com exceção da espessura de 5 cm de nãotecido, a qual teve valores elevados de coliformes totais, com mediana de 135 NMP/100 mL e 75% dos resultados abaixo de 1000 NMP/100 mL, efeito de uma possível contaminação dessa camada.

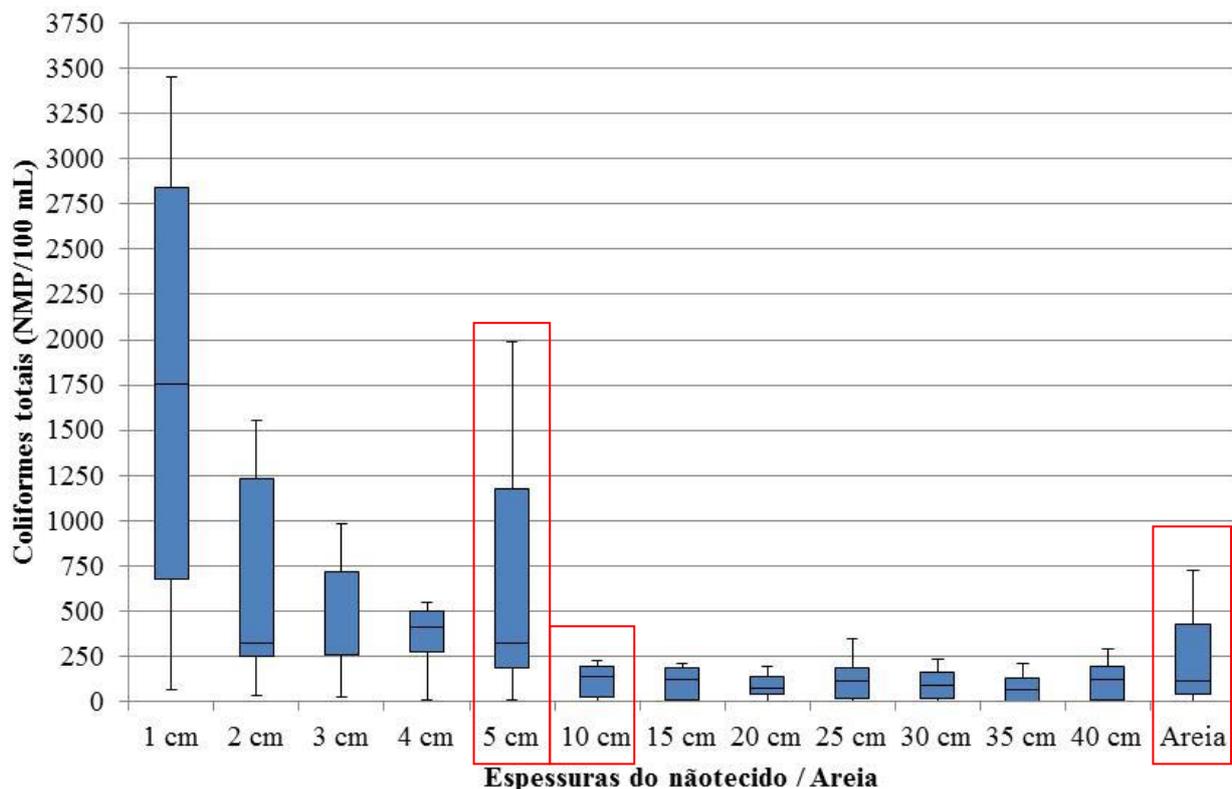


FIGURA 5. Distribuição dos resultados de quantificação de coliformes totais nas diferentes espessuras do meio filtrante não-tecido e do meio filtrante areia.

Com uma água bruta cujas características bacteriológicas tiveram valores bastante variados, as remoções de bactérias alcançaram eficiência acima de 90% já a partir da espessura de 2 cm do meio filtrante, porém essa eficiência foi melhor e mais evidenciada a partir da profundidade de 10 cm do meio, conforme apresenta a TABELA 2 que traz os valores de eficiência de remoção de bactérias do tipo heterotróficas ao longo da carreira de filtração. Após o período de amadurecimento do filtro, 15 dias de operação, 85% dos resultados obtidos evidenciaram uma eficiência acima de 90% de remoção de heterotróficas para 10 cm de espessura.

TABELA 2. Eficiência de remoção de bactérias heterotróficas, em função da quantidade de bactérias na água bruta, nas diferentes espessuras do meio filtrante não-tecido e do meio filtrante areia, ao longo da carreira de filtração.

Dias de operação	Ág. Bruta (UFC/mL)	Eficiência de remoção de Bact. Heterotróficas (%)												Areia	
		Espessura do não-tecido (cm)													
		1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40		
1	277	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	400	50,0	75,0	0,0	75,0	50,0	25,0	75,0	0,0	50,0	50,0	75,0	25,0	75,0	75,0
15	16673	87,1	99,1	99,4	99,7	93,2	99,3	97,9	99,5	97,0	98,6	90,2	98,7	98,8	
20	3670	0,0	70,0	80,1	70,3	53,7	66,2	58,1	56,5	53,8	87,1	94,9	95,5	93,5	
27	35900	83,3	73,5	99,9	99,2	99,9	99,9	99,6	99,5	96,0	98,3	95,2	99,6	99,9	
33	2400	20,8	71,3	88,8	92,5	94,1	96,2	98,9	96,7	94,6	94,5	90,9	94,9		
37	37539	96,9	98,9	98,3	99,7	99,4	99,5	99,6	99,5	99,7	99,7	99,1	99,7		
43	3600	80,8	87,8	21,9	95,2	83,0	82,2	98,5	96,4	98,8	99,3	95,9	99,2		

A TABELA 3 apresenta as eficiências de remoção de bactérias coliformes totais pelas diferentes espessuras do meio filtrante no decorrer da carreira de filtração. Após o período de

amadurecimento do filtro, 14 dias de operação, 100% dos resultados obtidos evidenciaram uma eficiência acima de 96% de remoção de coliformes totais pelas espessuras de 10 a 40 cm de nãotecido sintético.

TABELA 3. Eficiência de remoção de coliformes totais, em função da quantidade de bactérias na água bruta, nas diferentes espessuras do meio filtrante nãotecido e do meio filtrante areia, ao longo da carreira de filtração.

Dias de operação	Ág. Bruta (NMP/100 mL)	Eficiência de remoção de coliformes totais (%)												
		Espessura do nãotecido (cm)												Areia
		1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	
3	3680	83,3	91,2	92,9	92,3	95,5	96,2	96,7	97,9	96,8	97,6	98,2	96,6	96,4
14	3680	98,3	99,0	99,3	99,6	99,7	99,9	99,9						
30	2064	0,0	55,4	77,7	77,7	49,3	99,8	99,9	96,1	99,5	99,7	99,9	99,9	98,9
43	86640	99,1	99,7	99,7	99,5	99,6	99,7	99,8	99,8	99,7	99,8	99,8	99,8	99,9
78	13140	73,8	88,2	92,5	95,8	90,1	98,7	98,4	99,7	99,1	99,1	99,3	98,6	
85	17220	89,8	98,5	98,5	98,5	98,8	99,7	99,9	99,7	99,9	99,9	99,9	99,9	
92	57940	94,4	95,2	0,0	0,0	96,6	98,1	98,7	98,9	99,4	99,6	99,6	99,5	

A TABELA 4 traz os níveis de remoção de bactérias *E.coli*, pelas diferentes espessuras do meio filtrante no decorrer da carreira de filtração. Após o período de amadurecimento do filtro, 14 dias de operação, 92% dos resultados obtidos evidenciaram uma eficiência acima de 90% de remoção de *E. coli* pelas espessuras de 10 a 40 cm de nãotecido sintético.

TABELA 4. Eficiência de remoção de *E. coli*, em função da quantidade de bactérias na água bruta, nas diferentes espessuras do meio filtrante nãotecido e do meio filtrante areia, ao longo da carreira de filtração.

Dias de operação	Ág. Bruta (NMP/100 mL)	Eficiência de remoção de <i>E. coli</i> (%)												
		Espessura do nãotecido (cm)												Areia
		1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	
3	N.D. ⁽¹⁾	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	13,2	84,8	92,4	92,4	92,4	92,4	84,8	92,4						
30	N.D. ⁽¹⁾	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43	17850	98,6	99,5	99,5	99,1	99,5	99,7	99,8	99,6	99,6	99,5	99,6	99,7	99,7
78	1105	69,4	82,8	86,2	87,9	92,6	96,9	97,7	96,9	98,3	98,6	98,7	97,1	
85	27,5	69,5	69,1	77,5	77,1	65,1	88,7	96,4	96,4	88,7	96,4	96,4	96,4	
92	9155	94,2	95,9	94,7	96,4	95,0	98,5	98,8	98,9	99,4	99,7	99,7	99,5	

(1) – N.D.: Não detectado

Resultados semelhantes de eficiência de remoção de bactérias pela tecnologia do filtro lento foram observados por Camplesi *et al.* (2010) com remoção superiores a 95% de coliformes totais e *E. coli*; por Jenkins *et al.* (2011) com remoção de 96% de coliformes do tipo fecais; e por Elliott *et al.* (2008), com remoção de *E. coli* entre 90 e 98% e remoção de vírus entre 93 e 95 %.

Os resultados indicaram que mecanismos de remoção de bactérias nos filtros lentos de nãotecido e de areia tiveram ações semelhantes tanto para bactérias do grupo coliformes quanto para bactérias heterotróficas.

O período de amadurecimento do filtro lento de areia varia de acordo com as condições climáticas á qual o filtro está submetido, com a qualidade da água bruta e com a taxa de filtração adotada. Porém, Bauer *et al.* (2011) observaram que a atuação do filtro de areia foi estabilizada

após os 10 primeiros dias de filtração. Calvo-Baldo *et al.* (2003), notaram em seus experimentos que o filtro lento de areia pode ser colonizado rapidamente pela comunidade microbiana em aproximadamente 7 dias de operação.

O melhor desempenho do filtro de não tecido foi notado após aproximadamente 15 dias de operação, tempo em que provavelmente se deu a formação da *schmutzdecke*, principal representante dos mecanismos biológicos de remoção de impurezas no tratamento de água por filtração lenta. No presente experimento, a remoção de bactérias pelo filtro de areia foi acentuada também a partir do 15º dia de operação.

CONCLUSÕES

Os resultados indicam que, dentre as 12 espessuras de não tecido sintético avaliadas como meio filtrante em substituição a areia na filtração lenta, as espessuras de 10 cm ou superiores à ela, propiciam níveis de remoção de bactérias do tipo coliforme totais, *E. coli* e heterotróficas semelhantes ou superiores aos níveis de remoção alcançados pela filtração lenta em areia.

Depois de decorrido o período de amadurecimento do filtro, o qual também foi compatível com o meio filtrante areia, 15 dias, houve formação da *schmutzdecke* e as eficiências de remoção dessas bactérias foram superiores à 90% em, no mínimo, 85% das amostras.

Os resultados indicam, portanto, que a espessura de 10 cm de não tecido sintético seria suficiente para substituir a areia na tecnologia da filtração lenta, sem que haja alteração da qualidade bacteriológica da água tratada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Processo No. 2011/09968-2), pela bolsa concedida, à Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP e à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP, pelas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION; EATON, A. D.; *et al.* *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21 ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE NÃO TECIDOS E TECIDOS TÉCNICOS - ABINT. Disponível em: www.abint.org.br. Acessado em: janeiro/2013.

BAUER, R.; DIZER, H.; GRAEBER, I.; ROSENWILKEL, K. -H.; LÓPEZ-PILA, J. M. *Removal of bacterial fecal indicators, coliphages and enteric adenoviruses from waters with high fecal pollution by slow sand filtration*. *Water Research*. No. 45, p. 439-452, 2011.

BRITO, L. L. A.; CARDOSO, A. B.; SALVADOR, D. P.; HELLER, L. Amadurecimento de filtros lentos de areia e remoção de microrganismos indicadores de qualidade da água ao longo da profundidade do leito: uma avaliação em instalação piloto. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol. 10, N. 4, p. 307-317, out/dez 2005.

CALVO-BALDO, L. A.; PETTITT, T. R.; PARSONS, N.; PETCH, G. M.; MORGAN, A. W.; WHIPPS, J. M. Spatial and temporal analysis of the microbial community in slow sand filters used for treating horticultural irrigation water. **Applied and Environmental Microbiology**. Vol. 96, No. 4, p. 2116-2125, abr/2003.

CAMPLESI, D.C.F.; PEREZ, W. E.; SIQUEIRA, E. Q. Remoção de coliformes totais e *Escherichia coli* utilizando a filtração em múltiplas etapas em períodos de alta turbidez da água bruta. **REEC**. No.1, p. 14-18, 2010.

CAMPOS, L. C.; SU, M. F. J.; GRAHAM, N. J. D.; SMITH, S. R. *Biomass development in slow sand filters*. **Water Research**. 36, pag. 4543-4551, 2002.

DI BERNARDO, L. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993. Vol. 1.

DI BERNARDO, L. (autor); BRANDÃO, C. C. S.(coaut.); HELLER, L. (coaut.). **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 114p.

ELLIOT, M. A.; STAUBER, C. E.; KOKSAL, F.; DIGIANO, F. A.; SOBSEY, M. D. *Reductions of E. coli, echovirus type 12 and bacteriophages in an intermittently operated household-scale slow sand filter*. **Water Research**. No. 42, p. 2662-2670, 2008.

ELLIS, K. V.; AYDIN, M. E. *Penetration of solids and biological activity into slow sand filters*. **Water Research**. Vol. 29, No. 5, p. 1333-1341, 1995.

FERRAZ, C. F.; PATERNIANI, J. E. S. Redução da espessura da camada suporte através da substituição por mantas não-tecidas na filtração lenta de águas de abastecimento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol. 7, No. 1 e 2, p. 8-15, 2002.

GOVERNMENT OF NATIONAL UNITY (GoNU); *Ministry of Irrigation and Water resources*; GOVERNMENT OF SOUTHERN SUDAN (GoSS); *Ministry of Water Resources and Irrigation*. **Technical guidelines for the construction and management of slow sand filters: A manual for field staff and practitioners**. Public Water Corporation. MIWR-GoNU/MWRI-GoSS. Abr/2009.

HELLER, L.; VIERIA, M. B. C. M.; BRITO, L. L. A.; SALVADOR, D. P. Desempenho da filtração lenta em areia submetida a cargas de pico de oocistos de *Cryptosporidium sp*, bactérias e sólidos: uma avaliação em instalação piloto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol. 11; No. 1; jan/mar 2006, p. 27-38.

HUISMAN, L.; WOOD, W. E. **Slow Sand Filtration**. Geneva: *World Health Organization*, 1974. 122p.

JENKINS, M.W.; TIWARI, S. K.; DARBY, J. Bacterial, viral and turbidity removal by intermittent slow sand filtration for household use in developing countries: Experimental investigation and modeling. **Water Research**. No. 45, p. 6227-6239, 2011.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Editora Átomo, 2ª ed. 2008. 444p.

MURTHA, N. A.; HELLER, L. Avaliação da influência de parâmetros de projeto e das características da água bruta no comportamento de filtros lentos de areia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol. 8, No. 4, p. 257-267, out/dez 2003.

PATERNIANI, J. E. S.; **Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento**. 1991. 245p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos-SP.

REN, X.; SHON, H. K.; JANG, N.; LEE, Y. G.; BAE, M.; LEE, J.; CHO, K.; KIM, I. S. Novel membrane bioreactor (MBR) coupled with a nonwoven fabric filter for household wastewater treatment. **Water Research**. No. 44, p. 751-760. 2010.

SCHOLZ, M. *Wetland Systems to Control Urban Runoff*. ELSEVIER. Edinburgh, UK, 2006. p.65–72.

VERAS, L. R. V.; DI BERNARDO, L. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas – FIME. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol. 13, No. 1, p. 109-116, jan/mar 2008.