

## I-101 - REMOÇÃO DE TURBIDEZ EM FILTRO LENTO DOMICILIAR OPERADO EM FLUXO CONTÍNUO

**Catherine Yuriko Shigeoka<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

**Paulo Marcos Faria Maciel<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Doutorando em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP

**Lyda Patricia Sabogal-Paz<sup>(3)</sup>**

Professora do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo EESC/USP (São Carlos/SP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Trabalhador São-carlense, 400 - Pq Arnold Schimidt – São Carlos – SP – CEP 13566-590– São Carlos - SP - Brasil - Tel: +55 (16) 33739548 - Fax: +55 (16) 33739550 - e-mails: cat.shigeoka@gmail.com e pmfmaciel@gmail.com

### RESUMO

A dificuldade de acesso à água de boa qualidade em comunidades isoladas está relacionada principalmente à baixa utilização de métodos adequados de tratamento de água para a população. Por esse motivo, ao longo dos últimos anos vários estudos têm sido feitos para avaliar a eficácia de tratamentos alternativos. Um desses tratamentos é a filtração lenta em escala domiciliar (FLD), que consiste em um filtro de areia em uma estrutura de concreto, o qual forma uma camada biológica denominada *schmutzdecke* que é responsável pelo tratamento principal. Neste estudo, o objetivo principal foi avaliar uma adaptação desse filtro, proposta por Magalhães e Sabogal Paz (2013), utilizando materiais de fácil aquisição, de modo a tornar essa tecnologia realmente acessível às comunidades brasileiras. Avaliou-se, portanto, a eficiência de um filtro lento em escala domiciliar com operação contínua na remoção de turbidez. Constatou-se que a tecnologia é capaz de produzir água filtrada com turbidez abaixo de 1 uT, no entanto, necessita de um período inicial para atingir esse patamar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Comunidades isoladas, filtração lenta, filtração lenta domiciliar, turbidez.

### INTRODUÇÃO

Globalmente, estima-se que 663 milhões de pessoas utilizam fontes impróprias de água para o consumo (WHO, 2015). A realidade brasileira também carece de preocupação, uma vez que 6,6% dos municípios não apresentavam nenhum tipo de tratamento de água em levantamento da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 (IBGE, 2010). A falta de água tratada é uma realidade principalmente em locais onde a rede de abastecimento de água não é capaz de chegar. Neste sentido, soluções descentralizadas são necessárias como abordagem para o fornecimento de água no local de uso. Dentre essas soluções, destaca-se o uso da Filtração Lenta em Escala Domiciliar (FLD).

A FLD é considerada uma alternativa econômica, de fácil utilização, capaz de produzir água necessária às atividades básicas e eficiente na remoção de microrganismos (SOBSEY et al., 2008). O modelo de FLD tradicional é construído em concreto, com minúcias descritas em manual de livre acesso (CAWST, 2010). Tradicionalmente, este tipo de filtro é operado de maneira intermitente, com alimentação de um volume predeterminado de água a ser tratada dentro da unidade filtrante. O volume que entra no filtro e substitui a água que preenchia os espaços vazios. O tratamento ocorre no período entre alimentações (1 h a 48 h), no chamado período de pausa (CAWST, 2010).

O tratamento em questão depende da formação de uma camada biológica (*schmutzdecke*) de maneira análoga à filtração lenta tradicional e pesquisas indicaram um melhor desempenho do FLD em longos períodos de pausa (16 h) em comparação aos curtos (5 h), segundo Jenkins *et al.* (2011). Dessa forma, indica-se que o a ação dos microrganismos em um maior período de pausa pode ser um fator decisivo no desempenho dos FLDs.

A operação de maneira contínua tem sido pouco explorada na literatura internacional (YOUNG-ROJANSCHI E MADRAMOOTOO, 2014). A essa operação associam-se baixas taxas de filtração para tratamento de volume compatível à operação intermitente.

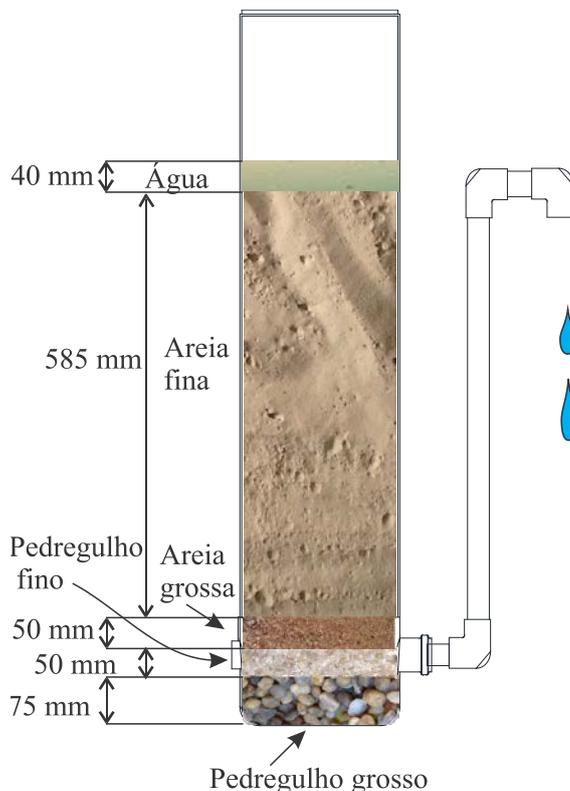
O modelo de FLD de concreto descrito em CAWST (2010) apresenta algumas dificuldades de concepção como sua construção relativamente demorada, pois depende de tempos de secagem do cimento e dependência de conhecimentos mínimos de construção civil. Além disso, o modelo construído é pouco versátil do ponto de vista de transporte, pois é pesado. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar um FLD construído em materiais de PVC e operado continuamente, para tanto, considerou-se o desempenho da unidade construída na remoção de turbidez.

## METODOLOGIA

A construção do filtro foi realizada baseando-se no modelo proposto por Magalhães e Sabogal Paz (2013), portanto, tubulações e conexões de PVC foram utilizadas, pois este material é mais fácil de ser adquirido e transportado em relação ao modelo proposto em CAWST (2010).

Para a camada filtrante, utilizou-se areia fina de construção civil ( $D_{10} = 0,15$  e  $CD = 1,67$ ), adquirida em Analândia/SP, ao passo que para a camada suporte, empregou-se areia grossa de construção de mesma origem da areia fina, além de pedregulhos finos e grossos, ambos obtidos de material suporte destinado às estações de tratamento de água – ETAs.

Todos os materiais granulares foram lavados até que a água resultante apresentasse turbidez de cerca de 10 uT e, posteriormente, foram espalhados em lonas de plástico para secagem ao sol. Após essa etapa, os materiais foram peneirados e em seguida dispostos no FLD, conforme Figura 1.

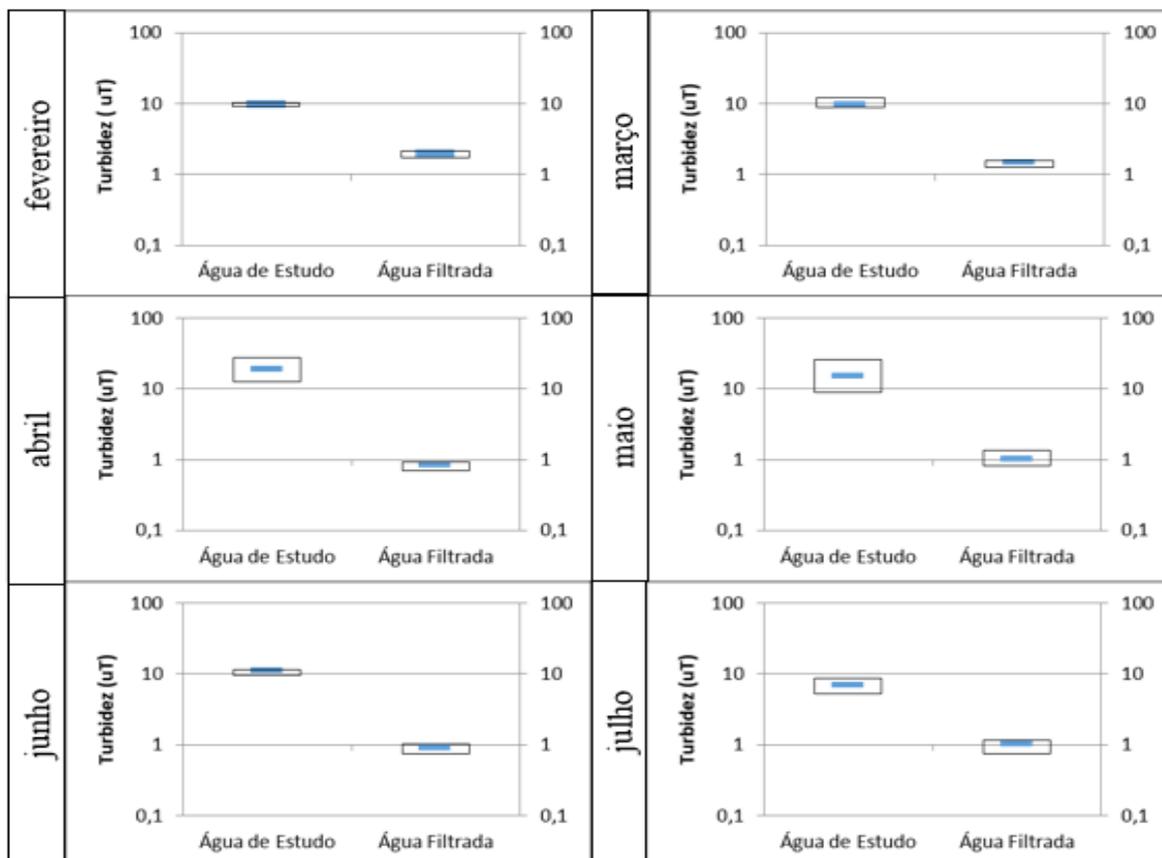


**Figura 1: Esquema do filtro lento em escala domiciliar construído com materiais de PVC.**

Após a montagem, o filtro foi submetido ao tratamento de água de estudo, preparada com adição de caulinita à água do poço EESC/USP, resultando turbidez em torno de 10 uT. Amostras diárias de água filtrada foram avaliadas em relação à variável em questão.

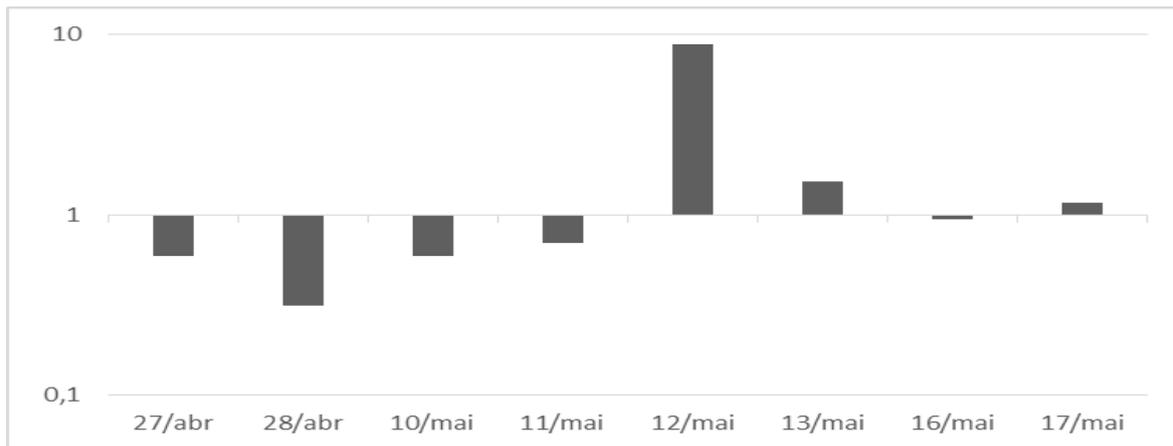
## RESULTADOS

Na Figura 2 encontram-se os gráficos do tipo *box plot*, que mostra a variação da turbidez entre fevereiro e julho de 2016.

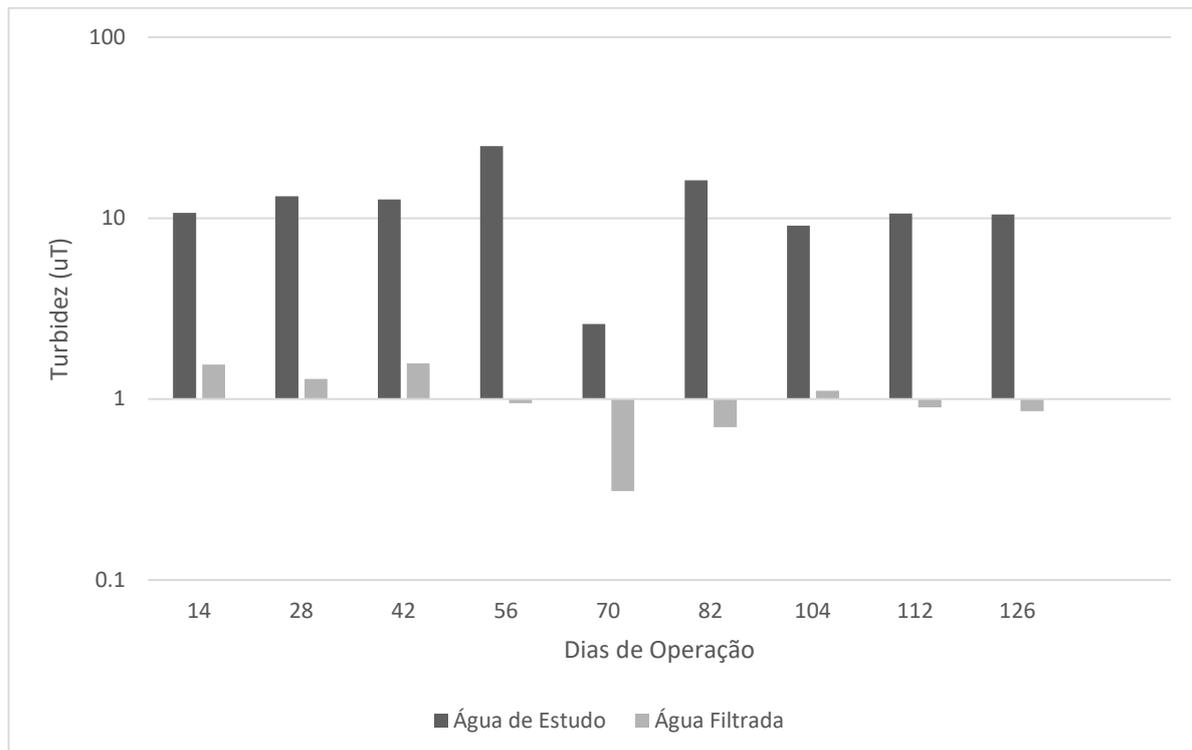


**Figura 2.** Gráficos *Box Plot* do valor de turbidez na entrada e na saída do FLD nos meses de fevereiro a julho de 2016. A linha inferior é o primeiro quartil, a superior é o terceiro quartil e a linha mais grossa representa a mediana.

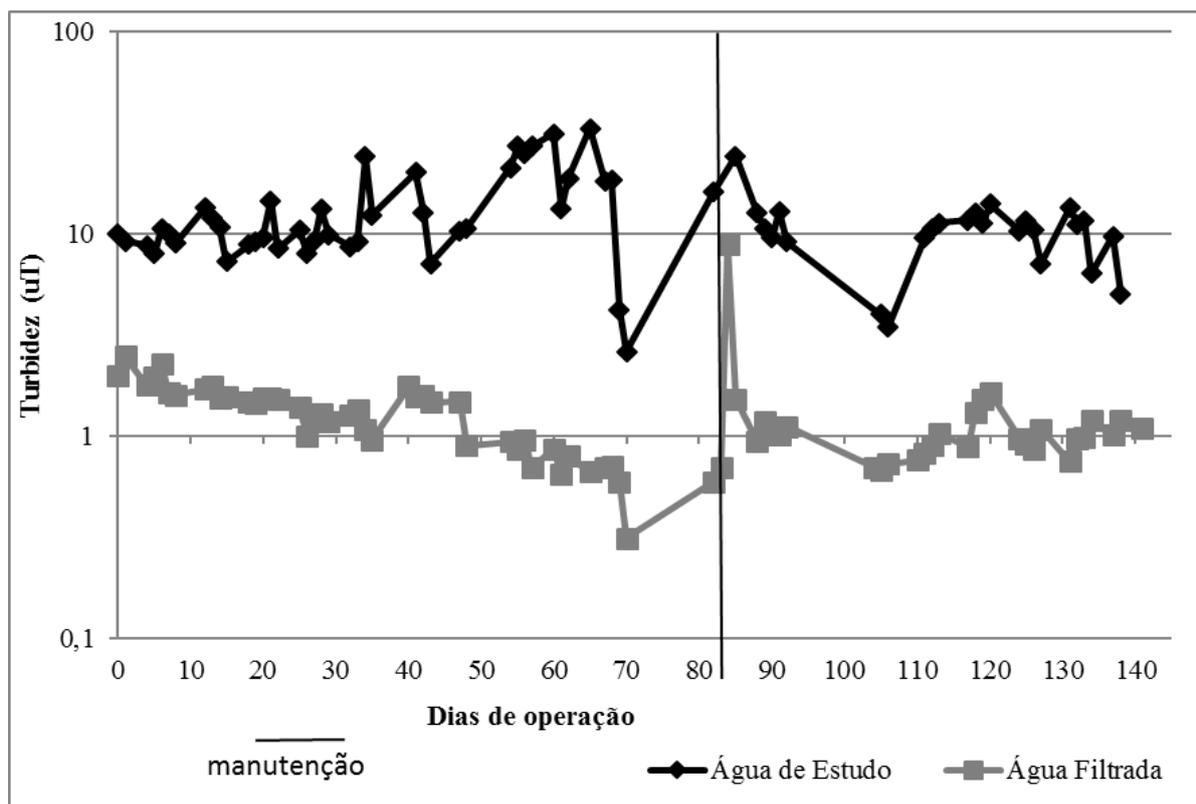
Na Figura 3 está representada essa mudança, apresentando os valores da turbidez da água filtrada antes e depois da manutenção, ao passo que na Figura 4 está representada a variação da turbidez por meio de colunas ao longo do período de operação do filtro. E por fim, na Figura 5, é possível observar a variação de turbidez ao longo de todos os dias de operação do FLD em fluxo contínuo.



**Figura 3. Valores de turbidez da água filtrada antes e após a manutenção da camada filtrante, realizada no dia 12 de maio de 2016.**



**Figura 4. Valores de turbidez da água de estudo e da água filtrada conforme o tempo de operação.**



**Figura 5. Variação da turbidez ao longo de todos os dias de operação do filtro. A linha contínua indica o dia em que o FLD entrou em manutenção para limpeza, 12 de maio de 2016.**

Segundo a Portaria MS nº 2914/2011, para água filtrada obtida após filtração lenta, a turbidez deve ser de no máximo 1,0 uT. Analisando a Figura 2, pôde-se observar que a turbidez diminuiu significativamente com o passar dos dias de operação. Entretanto, foi somente no mês de abril, com 56 dias de operação, que se constatou que o valor médio dessa variável ficou dentro do padrão estabelecido pela Portaria MS nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. No dia 12 de maio (84º dia) foi realizada a manutenção da camada filtrante, o que ocasionou a elevação da turbidez da água filtrada nos primeiros dias após esse procedimento.

Na Figura 4, no dia imediatamente após a manutenção do topo do meio filtrante, a água efluente do filtro apresentava alta turbidez. Ou seja, esse momento foi quando o filtro apresentava a maior fragilidade no desafio da purificação da água. No entanto em, aproximadamente, uma semana o filtro foi capaz de produzir água com turbidez ao redor de 1,0 uT, com adequação ao Padrão de Potabilidade vigente.

Em estudo com filtros contínuos, Young-Rojanschi e Madramootoo (2014) indicaram valor médio de turbidez para a água de estudo e para a água filtrada respectivamente,  $12,6 \pm 7,6$  uT e  $0,4 \pm 0,2$  uT, entre o 28º e 58º dia de operação. Para o presente trabalho, o valor médio para essa variável foi de  $15,9 \pm 6,5$  uT para a água de estudo e  $1,2 \pm 0,3$  uT para a água filtrada, entre o 28º e 57º dia de operação. A água de estudo nos dois casos apresentou valores bem próximos. No entanto, a água filtrada diferiu significativamente. Isso provavelmente ocorreu devido às diferenças nas águas de estudo utilizadas, pois o presente experimento utilizou-se de água do poço, condição adversa ao desenvolvimento da camada microbiológica pela pobreza nutricional do meio. Entretanto, ao comparar os valores obtidos no presente experimento com os resultados dos filtros intermitentes do estudo de Young-Rojanschi e Madramootoo (2014), notou-se muita semelhança entre os resultados ( $1,2 \pm 0,4$  uT para a água filtrada nos filtros intermitentes).

## **CONCLUSÃO**

O filtro lento em escala domiciliar avaliado no presente estudo possui grande potencial de aplicação, porém ainda são necessárias mais pesquisas visando reduzir o tempo de amadurecimento do filtro, garantindo que a água filtrada se enquadre nas exigências do padrão de potabilidade em menos de 56 dias.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo auxílio à pesquisa regular (Processo nº 2014/12712-8), à Universidade de São Paulo - USP pela bolsa de iniciação científica institucional concedida a Catherine Yurioko Shigeoka e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida a Paulo Marcos Faria Maciel.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BRASIL. Portaria MS nº 2914 de 12/11/2011. Publicada no D.O.U. Nº239, Seção I, 14/12/2011, 39-46. Ministério da Saúde. 2011.
2. CAWST, Biosand Filter Manual: Design, Construction, Installation, Operation and Maintenance. Training Manual Sep. Canadá., 2010.
3. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro. Brasil. 2010
4. 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, v. 45, n. 18, p. 6227-6239, Nov 15 2011.
5. MAGALHÃES, E. V.; SABOGAL PAZ, L. P (2013). Filtração Lenta Domiciliar como Alternativa de Tratamento de Água para Comunidades Isoladas do Brasil - Desafios na Construção. Relatório Final. Pesquisa de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/USP.
6. SOBSEY, M. D. et al. Point of use household drinking water filtration: A practical, effective solution for providing sustained access to safe drinking water in the developing world. Environmental Science & Technology, v. 42, n. 12, Jun 15 2008
7. YOUNG-ROJANSCHI, C.; MADRAMOTO, C. Intermittent versus continuous operation of biosand filters. Water Research, v. 49, p. 1-10, 2014.
8. WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. Progress on sanitation and drinking water–2015 update and MDG assessment. World Health Organization, 2015.