

Aplicação da filtração em margem de rio como alternativa de tratamento de água para comunidades isoladas

Application of riverbank filtration as an alternative water treatment for isolated communities

- **Data de entrada:**
19/09/2017
- **Data de aprovação:**
21/12/2017

Tiago Lemos Guedes*/Fernando Hymnô de Souza/Diego Brunelli Ghisi/Alondra Beatriz Alvarez Perez/
Ramon Lucas Dalsasso/Maurício Luiz Sens

DOI: 10.4322/dae.2019.007

Resumo

As comunidades que vivem em locais distantes da zona urbana geralmente são carentes de serviços de saneamento básico, como abastecimento de água. A filtração em margem surge como uma alternativa de tratamento de água para abastecimento de comunidades isoladas. O objetivo deste trabalho consiste em avaliar a implantação da filtração em margem de rio, abordando a escolha do local e o desempenho do tratamento da água por essa técnica. O solo do local e do leito do rio foram caracterizados em termos de granulometria, assim como o manancial quanto à velocidade de escoamento. Foram coletadas amostras de água do rio e do poço de produção, com o intuito de avaliar o tratamento. As propriedades verificadas indicaram que o local escolhido apresenta condições favoráveis à implantação da técnica proposta. A qualidade da água proveniente do poço de filtração em margem foi considerada satisfatória, de acordo com os parâmetros analisados. A técnica de filtração em margem se mostrou uma alternativa de tratamento de água satisfatória para abastecimento de comunidades isoladas, com produção de água de qualidade de forma simplificada.

Palavras-chave: Tratamento de água. Filtração em margem. Comunidades isoladas.

Abstract

Communities that live far from the urban areas often lack basic sanitation services, such as water supply. Bank filtration emerges as a water treatment alternative for supplying isolated communities. The objective of this work is to evaluate the implantation of riverbank filtration, discussing the site choice and water treatment performance by this technique. The soil of the river bed and site were characterized in terms of grain size as well as the river in terms of flow velocity. Water samples were collected from the river and the production well in order to eval-

Tiago Lemos Guedes – Doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental. Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Fernando Hymnô de Souza – Doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental. Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Diego Brunelli Ghisi – Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Alondra Beatriz Alvarez Perez – Mestranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Engenheira Sanitarista e Ambiental.

Ramon Lucas Dalsasso – Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Doutor em Engenharia Ambiental.

Maurício Luiz Sens – Professor Titular no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Doutor em tratamento de água pela Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes.

***Endereço para correspondência:** Laboratório de Potabilização de Águas, ENS, CTC, UFSC -Campus Reitor João David Ferreira Lima, sn. -Bairro Trindade, Florianópolis – Santa Catarina.CEP: 88040-970. E-mail: ambientaltlg@gmail.com.

uate the treatment. The verified characteristics indicated that the chosen site presents favorable conditions for the implantation of the proposed technique. The quality of the water from the bank filtration well was considered satisfactory, according to the parameters analyzed. The bank filtration technique proved to be a satisfactory water treatment alternative for supplying isolated communities, producing quality water in a simplified way.

Keywords: Water treatment. Bank filtration. Isolated communities.

1 INTRODUÇÃO

As águas superficiais geralmente necessitam passar por algum tipo de tratamento para serem consideradas potáveis, ou seja, seguras para consumo humano (DASH, 2010). A Portaria 2914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) estabelece padrões de potabilidade que visam assegurar a qualidade da água a ser utilizada para o consumo humano. O tratamento convencional de água para consumo geralmente apresenta eficiência satisfatória, porém apresenta elevado custo de implantação e operação, pois demanda grandes áreas para construção, elevado consumo energético e de produtos químicos. Logo, a implantação de estações de tratamento de água (ETA) convencionais é mais indicada para o meio urbano, onde existe adensamento populacional, elevada demanda por água e a população pode custear o tratamento, de forma a viabilizá-lo.

As populações que vivem em locais isolados geralmente são carentes de serviços de abastecimento de água pelo fato de estarem distantes da zona urbana e apresentarem dispersão populacional. Para as companhias de saneamento, torna-se inviável abranger essas áreas com seus serviços, visto que a baixa demanda tende a não suprir os custos envolvidos. Dessa forma, tais populações buscam meios próprios para garantir o acesso à água. Nesse contexto, a filtração em margem surge (FM) como uma alternativa de tratamento, com o propósito de prover água de qualidade de forma simplificada para tais populações.

A FM é uma técnica simplificada de tratamento de água e consiste na captação de água por meio de poços próximos às margens de mananciais lo-

calizados em aquíferos aluvionais ou formações geológicas não consolidadas. Ao realizar o bombeamento da água no poço, o rebaixamento no nível freático é induzido, fazendo com que a água do manancial migre até o poço, sofrendo um processo de filtração pelo solo/subsolo ao longo do percurso (HISCOCK and GRISCHEK, 2002; SENS et al., 2006; GRISCHEK and RAY, 2009). A água que chega ao poço geralmente é uma mistura da água subterrânea originalmente presente no aquífero e da água superficial infiltrada. A proporção de tal mistura depende principalmente das condições hidrogeológicas locais, da distância entre o poço e a margem do manancial e da vazão bombeada (RAY et al., 2002; HISCOCK; GRISCHEK, 2002; MONDARDO, 2009).

Essa tecnologia tem apresentado bons resultados no tratamento de água, sendo ainda capaz de remover compostos como matéria orgânica (ROMERO-ESQUIVEL et al., 2017), agrotóxicos (MICHELAN, 2010), cianobactérias e cianotoxinas (FREITAS et al., 2012; ROMERO et al., 2014), que nem sempre são removidos de maneira eficiente por sistemas convencionais (SUMMERS, 2014).

A eficiência do tratamento da água por FM depende principalmente da geologia do aquífero, da composição do leito e da qualidade da água do manancial. Em vista disso, de acordo com as características do solo/subsolo e do manancial, a FM pode ser empregada como único tratamento, necessitando apenas de uma etapa final de cloração, ou no mínimo como pré-tratamento para outra(s) tecnologia(s) (DILLON et al., 2002; BOUWER, 2002; RAY et al., 2003).

Alguns aspectos devem ser considerados ao escolher um local para a aplicação da técnica de FM. Grischek et al. (2007) destacam que a granulometria do aquífero e do leito do manancial deve ser preferencialmente composta por materiais de granulometria mais grossa, que favorecem mais a infiltração quando comparados a materiais finos. Além disso, o fluxo do rio deve proporcionar arraste de partículas, favorecendo assim a autolimpeza da camada de infiltração.

O objetivo deste artigo consiste em avaliar a aplicação da FM como alternativa de tratamento de água com aplicação direcionada para populações não abastecidas por rede de distribuição de

água, sendo abordados aspectos relacionados à escolha do local e à qualidade da água tratada por essa técnica.

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Orleans, Estado de Santa Catarina, na região sul do Brasil (Figura 1). Orleans encontra-se a uma altitude de 132 metros acima do nível do mar, na região sul do Estado, posicionada entre o litoral e a Serra Geral, sendo o clima classificado como mesotérmico úmido, com temperatura média de 18°C (BRASIL, 2010).

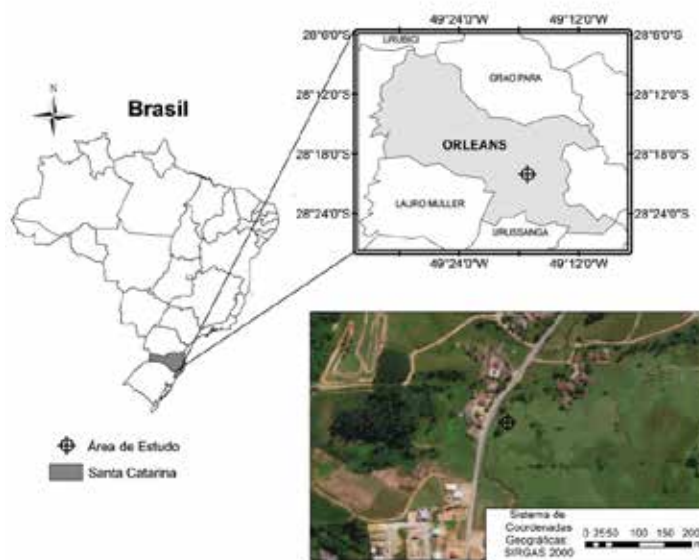


Figura 1: Localização do sistema de tratamento de água por FM.

A técnica de FM foi aplicada em um manancial chamado Rio Belo. O local foi escolhido por apresentar características favoráveis à aplicação da técnica de FM, como:

- rio perene com grande variação de nível durante eventos chuvosos, o que favorece o processo de autolimpeza da camada de filtração;

- leito do rio composto por areia grossa e cascalho fino, o que favorece a percolação da água pelo subsolo;
- local considerado seguro para a instalação dos equipamentos.

Foi realizada uma sondagem, por meio de perfuratriz hidráulica rotativa, no local escolhido para

perfuração do poço de FM para coleta de amostras e posterior caracterização do solo/subsolo. Coletou-se também uma amostra de solo do leito do rio para a caracterização do mesmo. As amostras de solo foram submetidas a ensaios granulométricos de acordo com as normas NBR 7181/84 e NBR6457/86 (ABNT).

Grischek et al. (2007) ressaltam que a granulometria do material do aquífero e do leito do rio são importantes fatores a serem considerados em sistemas de FM, visto que influenciam diretamente na infiltração. Os autores ainda recomendam que a granulometria do material do leito do rio seja avaliada junto à velocidade de escoamento do manancial, por meio do diagrama de Hjulstrom (HJULSTROM, 1935), com a finalidade de avaliar a condição de fluxo do manancial em relação aos sedimentos (deposição, transporte ou erosão). A velocidade de escoamento do manancial foi mensurada por micromolinete marca OTT, modelo C2.

O poço de produção da FM foi escavado com 1 metro de diâmetro, revestido com anilhas de concreto, a aproximadamente 25 metros de distância do manancial e possui 5 metros de profundidade. No interior do poço foi instalada uma bomba vibratória da marca Anauger® com 300 Watts de potência. O bombeamento foi realizado intermitentemente durante 10 horas diárias, sendo o controle realizado por um timer analógico. A água era bombeada do poço de produção até um reservatório elevado no alto de uma torre metálica (figura 2).



Figura 2: Foto do poço de FM e o reservatório elevado de armazenamento de água.

O monitoramento da qualidade da água bruta (AB) proveniente do manancial e da água tratada (FM) foi realizado por meio de análises físico-químicas e bacteriológicas. As coletas das amostras foram realizadas quinzenalmente durante 7 meses, de setembro de 2015 a março de 2016. As análises foram realizadas conforme APHA (2005) e os parâmetros analisados seguem descritos na tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos, bacteriológicos e técnicas analíticas

Parâmetros	Equipamento	Unidade
pH		-
Condutividade Elétrica	Medidor MultiparâmetrosHach®	µS/cm
Oxigênio Dissolvido		mg/L
Cor Aparente	Espectrofotômetro Hach®	uH
Ferro Total		mg/L
Turbidez	TurbidímetroHach®	uT
Coliformes Totais e Escherichia coli	Meios de cultura Colilert® e cartelas Quanti-Tray®	NMP/100mL

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sondagem em campo demonstrou que o solo/subsolo do local escolhido apresentou características favoráveis para implantação do sistema de FM, conforme pode ser observado pelo perfil do terreno (Figura 3).



Figura 3: Descrição geológica do perfil do subsolo.

O perfil do terreno apresentado pela Figura 3 demonstra a existência de um solo com argila e silte em sua composição (até 2,0 metros de profundidade), seguido de uma camada de rochas de basalto (seixo de rio) e areia (2,0 a 5,0 metros de profundidade) e mais profundamente uma camada de areia grossa (5,0 a 10 metros de profundidade). O nível da água do aquífero apresentou uma profundidade

média de 2,5 metros, o que indica que a mesma escoa ao longo da camada de rochas e areia.

A composição granulométrica das camadas do solo/subsolo coletadas durante a sondagem e também do leito do rio, resultantes dos ensaios granulométricos, segue descrita na Tabela 2. Os constituintes mais expressivos de cada camada de solo foram destacados.

Tabela 2 – Composição granulométrica do solo/subsolo do local de implantação do poço de FM e do leito do rio

Profundidade (m)	Composição (%)					
	Argila e Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Pedregulho Fino	Pedregulho Médio
0,0 - 0,3	9,4	31,8	29,2	20,8	8,6	-
0,3 - 1,5	19,1	45,2	20,5	9,8	5,5	-
1,5 - 2,0	15,2	46,4	24,6	11,3	2,6	-
5,0 - 10,0	2,4	9,2	22,5	52,7	13,3	-
Leito do rio	0,89	19,7	22,4	34,5	21,6	1,4

A partir da Tabela 2 é possível observar a presença de materiais finos (argila, silte e areia) nas camadas superiores, mas também grande porcentagem de areia média e grossa. Já nas camadas inferiores, assim como no leito do rio, houve a predominância de materiais mais grossos (areia média, grossa e pedregulho fino).

A composição do material do aquífero, assim como do leito do rio, é fator determinante para a permeabilidade e, conseqüentemente, para a infiltração da água do manancial. É preferível que haja materiais de granulometria mais grossa, pois são mais propícios à infiltração que materiais finos (GRISCHEK et al., 2007).

O perfil geológico do terreno em conjunto com as análises granulométricas do solo/subsolo e do leito do rio confirmaram as características adequadas do local para implantação de um sistema de tratamento de água por FM.

Com os resultados da análise granulométrica do leito do rio (Tabela 3), foi possível calcular o diâmetro médio das partículas (Equação 1), em mm, que é um dos dados de entrada do diagrama de Hjulstrom (Figura 4), juntamente com a velocidade de escoamento do manancial, em cm/s. A velocidade média de escoamento da água no Rio Belo foi de 0,20 m/s, o que equivale a 20 cm/s.

Tabela 3: Resultados da análise granulométrica do leito do rio.

Peneira (mm)	Material Retido (g)	xi	dmpi	xi/dmpi
4.80	36.00	0.06	5.54	0.01
2.00	109.79	0.17	2.19	0.08
1.19	81.71	0.13	1.54	0.08
0.59	88.82	0.14	0.84	0.17
0.42	54.12	0.09	0.50	0.17
0.21	130.28	0.21	0.30	0.69
0.15	120.01	0.19	0.18	1.07
0.074	41.82	0.07	0.11	0.63
Σ	662.55	1.05		2.90

$$d_{mp} = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{d_{mpi}}}$$

$$d_{mp} = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{d_{mpi}}} = \frac{1}{2,9} = 0,34 \text{ mm}$$

Onde:

dmp = diâmetro médio das partículas;

xi = fração mássica retida em cada peneira;

dmpi = diâmetro médio das partículas em cada peneira;

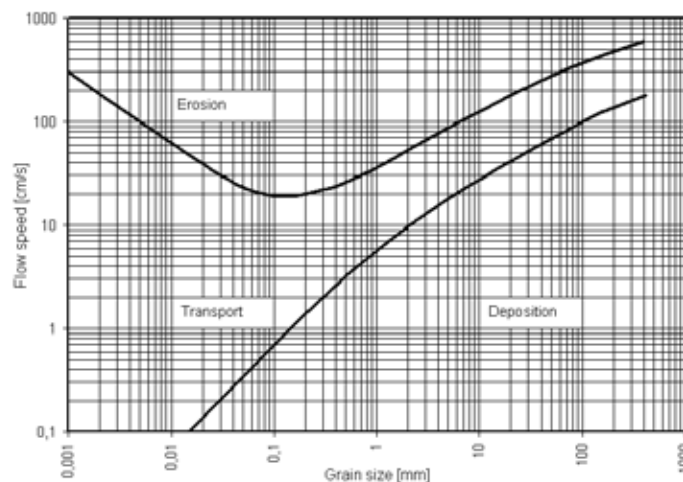


Figura 4: Resultado do diagrama de Hjulstrom.

Com base no diagrama de Hjulstrom, conclui-se que a condição de fluxo do Rio Belo é de transporte de sedimentos, bem próximo a um comportamento de erosão. É importante salientar que a medição de velocidade foi realizada em um dia com fluxo normal, isto é, sem a influência de chuva que causa um aumento na vazão de escoamento e, conseqüentemente, aumento de velocidade. Observou-se que em dias de chuva o nível do manancial se eleva de 0,7 a 1,0 metro em um curto intervalo de tempo, a vazão aumenta consideravelmente e a condição do corpo d'água

tende a se tornar de erosão. As condições de transporte e erosão no manancial favorecem a redução do processo de colmatação da margem, conforme reportado por Grischeket al., (2007). Dessa forma, em termos de fluxo, o manancial também apresentou condição favorável à aplicação da técnica de FM.

Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas da água bruta (AB), provenientes do manancial e da água tratada (FM), são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas da água bruta e tratada.

Parâmetros	AB		FM		Portaria 2914 MS
	Média ± DP	Intervalo (mín-max)	Média ± DP	Intervalo (mín-max)	
pH	6,4± 0,38	5,3–6,9	5,2 ± 0,20	4,9–5,5	6.0–9.0
Condutividade Elétrica (µS/cm)	66,1± 3,87	57,1–73,8	81,2 ± 3,71	73,7–87	-
Cor Aparente (uH)	146,1± 128,82	56,0–468,0	0,8 ± 1,48	0–6	15
Ferro Total (mg/L)	1,2± 0,91	0,18–3,7	0,1 ± 0,10	0,01–0,35	0,3
OD (mg/L)	7,5± 0,17	7,2–7,9	5,4 ± 0,29	4,9–5,8	-
Turbidez (uT)	18,4± 20,62	4,3–78,5	0,3 ± 0,12	0,15–0,6	0,5
Coliformes Totais (NMP/100ml)	8,4.104± 7,8.104	2,4.10 ³ - 2,4.10 ⁵	4,5 ± 9,53	0–31,0	ausência
E. coli(NMP/100ml)	4,9.103± 3,6.103	9,1.10 ² - 1,4.10 ⁴	0	0	ausência

Em todas as coletas, o pH da água filtrada em margem foi menor que o da água bruta. Outros autores encontraram esta mesma relação, em que o pH da água proveniente da FM foi menor que a água do manancial superficial (DASH et al, 2010; TYAGI et al., 2013; HAMDAM, SENSOY and MANSOUR, 2013; BLAVIER et al., 2014). A água,

ao percolar pelo solo, teve seu pH reduzido possivelmente devido à liberação de gás carbônico resultante do processo aeróbio de oxidação da matéria orgânica.

A Figura 5 mostra o comportamento da condutividade elétrica (CE) da água do rio e do poço de FM ao longo do período.

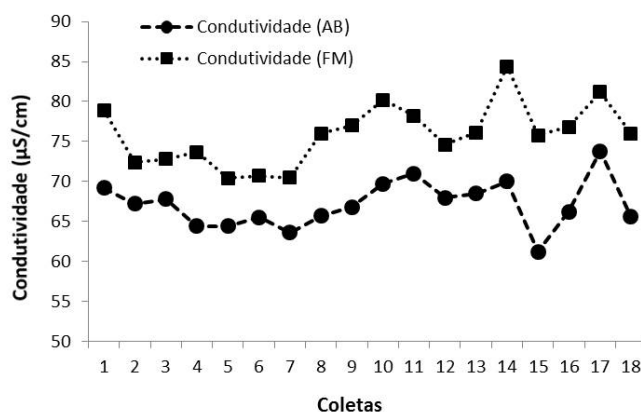


Figura 5: Comportamento da condutividade elétrica da água bruta e do poço de FM ao longo do período de estudo.

O comportamento da CE ao longo do monitoramento demonstra que há uma correspondência de valores, ou seja, quando há um aumento ou redução da CE no manancial é observado o mesmo comportamento no poço. Esse fato demonstra a conexão hidráulica entre o rio e o poço de FM.

A CE da água proveniente da FM foi mais elevada que a da água do manancial durante todo o período de estudo, com valores médios de 81,2 e 66,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Esse comportamento foi também reportado em outros estudos (STAUDER et al., 2012, BARTAK et al., 2015 e IBRAHIM, AZIZ e YUSOFF, 2015), visto que a água resultante da FM, ao percolar pelo aquífero em contato com os íons contidos nas partículas do solo, adquire um incremento em sua condutividade.

O Oxigênio Dissolvido (OD) da água Rio Belo foi sempre superior ao do poço de FM, com média de 7,5 e 5,4 mg/L, respectivamente. A água proveniente da FM tem propensão a apresentar baixos valo-

res de oxigênio dissolvido. Isso ocorre pois a mesma percorre um trecho do aquífero até o poço de produção, pelo subsolo onde não há troca de oxigênio com a superfície, além de ocorrerem reações de degradação de matéria orgânica por microrganismos aeróbios, que consomem o oxigênio da água (BOURG and BERTIN, 1993; STUYZAND et al. 2006).

Soares (2009), em estudo realizado com filtração em margem de lago, identificou comportamento similar com relação ao OD. Quanto à água bruta, o autor obteve OD médio de 9,0mg/L, enquanto que referente à água filtrada em margem esse valor foi 3,0 mg/L. Tais resultados corroboram a hipótese de que a percolação da água pelo subsolo durante a filtração em margem provoca uma redução no OD.

A turbidez da água do rio apresentou média de 18,4uT e valor máximo de 78,5 uT, enquanto a da água do poço de FM se manteve baixa durante todo o período do estudo, com média de 0,30 NTU (Figura 6).

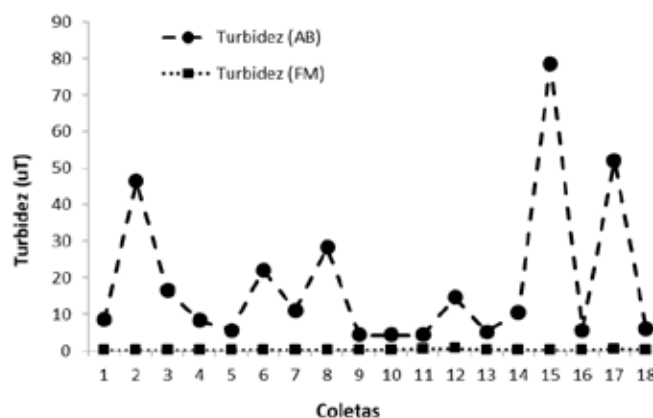


Figura 6: Comportamento da turbidez da água bruta e do poço de FM ao longo do período de estudo.

A grande variação da turbidez no manancial está relacionada às precipitações, pois quando ocorrem eventos chuvosos o nível do rio é elevado e com isso há um aumento de vazão, e consequentemente maior arraste de partículas, o que aumenta a turbidez da água. Os baixos valores de turbidez da água do poço demonstram a ca-

pacidade da técnica de FM de absorver picos de turbidez do manancial. A Portaria 2914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) estabelece que a turbidez deve ser de no máximo 1,0 uT em 95% das amostras para águas subterrâneas (pré-desinfecção), logo a água do poço de FM atende a esse parâmetro de potabilidade.

A cor aparente da água do manancial apresentou média de 146,1uH, variando de 30 a 468 uH. A variação desse parâmetro também está relacionada a eventos de elevação do nível do rio, pois representa a cor ocasionada tanto por substâncias suspensas como dissolvidas. Já no poço de FM a cor aparente se manteve baixa, variando de 0 a 6,0uH, com média de 0,8uH.

A concentração de ferro total no Rio Belo se manteve acima do limite estipulado pela Portaria 2914/MS (0,3mg/L) durante quase todo o período de estudo, com média de 1,2 mg/L e valor máximo de 3,7 mg/L. Na água do poço de FM a concentração do ferro apresentou valor médio de 0,1 mg/L e valor máximo de 0,35 mg/L. Apesar de o poço de FM ter sido perfurado em uma região onde há formações rochosas com minerais de ferro em sua composição (MELFI, PEDRO and VOLKOFF, 1979), a água do poço de FM não apresentou elevadas concentrações desse mineral.

Quanto aos parâmetros coliformes totais e E. coli, a água bruta apresentou valores médios da ordem de 10^4 e 10^3 NMP/100 ml, respectivamente. Os valores elevados de tais parâmetros na água do rio podem ser decorrentes de lançamentos clandestinos de esgoto e da presença constante de bovinos ao longo das margens do rio. A água do poço de FM apresentou valores bem abaixo dos encontrados no manancial, com média de 4,5NMP/100ml para coliformes totais e ausência para E. coli. Outras pesquisas apresentam a filtração em margem como uma barreira eficiente a coliformes (DASH et al., 2008; 2015; THAKUR et al., 2013; HAMDAN, SENSOY and MANSOUR, 2013; ABDALLA; SHAMRUKH, 2016), chegando à total remoção pelo processo (FREITAS et al., 2012).

A FM apresentou resultados satisfatórios em termos de qualidade da água produzida, sendo que os únicos parâmetros analisados na água tratada em que se obteve média acima dos padrões estabelecidos pela Portaria 2914/MS foram pH e co-

liformes totais. O pH pode ser ajustado por meio da adição de alcalinizante antes da distribuição da água e os coliformes totais podem ser eliminados por meio de etapa de desinfecção.

4 CONCLUSÕES

Com os resultados alcançados no presente trabalho é possível concluir:

- A avaliação das características do local escolhido para a implantação de um sistema de tratamento de água é um aspecto fundamental para assegurar a qualidade da água produzida;
- O local escolhido apresentou características satisfatórias para a aplicação da técnica de filtração em margem em termos de granulometria do material do aquífero e do leito do rio, assim como em relação à condição de fluxo do manancial;
- A correspondência de valores da condutividade elétrica na água do manancial e do poço demonstrou que há conexão hidráulica entre o rio e o aquífero;
- A técnica de FM foi eficiente na atenuação dos picos de turbidez e cor aparente do manancial, produzindo água com valores abaixo do limite estabelecido pela Portaria 2914/MS para tais parâmetros durante praticamente todo o período de estudo;
- Dentre os parâmetros analisados que são contemplados pela Portaria 2914/MS, que são pH, ferro total, turbidez, cor aparente, coliformes totais e E. coli, a água proveniente da FM apresentou qualidade satisfatória, exceto para pH e coliformes totais;
- A FM se mostrou uma alternativa de tratamento de água, que produz água de qualidade de forma simplificada, indicada para locais desprovidos de abastecimento público de água.

5 REFERÊNCIAS

- ABDALLA, F.; SHAMRUKH, M. Quantification of River Nile/Quaternary aquifer exchanges via riverbank filtration by hydrochemical and biological indicators, Assiut, Egypt. **Journal of Earth System Science**, v. 125, n. 8, p. 1697–1711, 2016.
- ABNT. NBR 6457 – Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1986.
- ABNT. NBR 7181 – Solo – Análise Granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1984.
- APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21ª ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
- BARTAK, R.; GRISCHEK, T.; GHODEIF, K.O.; WAHAAB, R.A. Shortcomings of the RBF Pilot Site in Dishna, Egypt. **Journal of Hydrologic Engineering**. v.20, p. 8. 2015.
- BLAVIER, J., VERBANCJ, M.A. CRADDOCK, F., LOÉGEOIS, S., LATINIS, D., GARGOURI, L., FLORES RUA, G., DEBASTE, F., HAUT, B., Investigation of riverbed filtration systems on the Parapeti river, Bolívia. **Journal of Water Process Engineering**. v.1, p.27-36, 2014.
- BOURG, A. C. M.; BERTIN, C. Biogeochemical processes during the infiltration of river water into an alluvial aquifer. **Environmental Science Technology**. n. 27, p. 661-666. 1993.
- BOUWER, H. Artificial Recharge of groundwater: hydrology and engineering. **Journal of Hydrogeology**. v.10, p. 121-142. 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2914: Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União nº 239**, Seção 1, p. 39-46. 2011.
- DASH, R.R., MEHROTRA, I., KUMAR, P., GRISCHEK, T. Lake bank filtration at Nainital, India: water-quality evaluation. **Hydrogeology Journal**, v.16, n.6, p.1089-1099, 2008.
- DASH, R.R., PRAKASH, E.V.P.B., KUMAR, P., MEHROTRA, I., SANDHU, C., GRISCHEK, T. River bankfiltration in Haridwar, India: removal of turbidity, organics and bactéria. **Hydrogeology Journal**, v.18, p.973-983, 2010.
- DASH, R. R. et al. Study of water quality improvements at a riverbank filtration site along the upper course of the River Ganga, India. **Desalination and Water Treatment**, v. 54, n. 9, p. 2422–2431, 2015.
- DILLON, P.J.; MILLER, M.; FALLOWFIELD, H.; HUTSON, J. The potential of riverbank filtration for drinking water supplies in relation to microcystin removal in brackish aquifers. **Journal of Hydrology**.v.266, n.3-4, p.209-221, 2002.
- FREITAS, D. A.; CABRAL, J. J. S. P.; PAIVA, A.; MOLICA, R. Application of bank filtration technology for water quality improvement in a warm climate: A case study at Beberibe River in Brazil. **Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA**, v. 61, n. 5, p. 319–330, 2012a.
- GRISCHEK, T.; SCHUBERT, J.; JASPERSE, J. L.; STOWE, S. M.; COLLINS, M. R. What is the appropriate site for RBF? Chapter: Bank Filtration/Recharge in Fractured Rock. In: **Fox, P. Management of Aquifer Recharge for Sustainability**. Acacia Publishing Incorporated. Phoenix, Arizona. 2007.
- GRISCHEK, T.; RAY, C. Bank filtration as managed surface groundwater interaction. **International Journal of Water**, v. 5, n. 2, p.125–139, 2009.
- HAMDAM, A. M., SENSOY, M.M., MANSOUR, M.S. Evaluating the effectiveness of bank infiltration process in New Aswan, Egypt. **Arabian Journal of Geosciences**. v.6, p.4155–4165, 2013.
- HISCOCK, K. M.; GRISCHEK, T. Attenuation of Groundwater Pollution by Bank Filtration. **Journal of Hydrology**, v. 266, p. 139–144, 2002.
- HJULSTRÖM, F. **Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris**. Geological Institute: Universitet Upsala, 1935.
- IBRAHIM, N.; AZIZ, H. A.; YUSOFF, M. S. Heavy metals concentration in river and pumping well for river bank filtration (RBF) system: case study in Sungai Kerian. **Jurnal Teknologi: Sciences & Engineering**. v.74, n.11, p. 59-67. 2015.
- MELFI, A.J.; PEDRO, G.; VOLKOFF, B. Natureza e distribuição dos compostos ferríferos nos solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.3, p. 47-54. 1979.
- MICHELAN, D. C. G. DOS S. **Filtração Em Margem De Rio Precedendo A Filtração Lenta, Para Remoção De Carbofurano, Em Tratamento De Água Para Consumo Humano**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.
- MONDARDO, R. I. **Avaliação da filtração em margem como pré-tratamento à filtração direta descendente na remoção de células de cianobactérias e saxitoxinas**. 201p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.
- RAY, C.; SOONG, T. W.; LIAN, Y. Q.; ROADCAP, G. S. Effect of flood-induced chemical load on filtrate quality at bank filtration sites. **Journal of Hydrology**, v.266, n.3-4, p.235-258, 2002.
- RAY, C.; SCHUBERT, J.; LINSKY, R. B.; MELIN, G. Introduction. In RAY, C; MELIN, G.; LINSKY, R. B. **Riverbank Filtration – improving source-water quality**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1-15p. 2003.
- ROMERO-ESQUIVEL, L. G.; GRISCHEK, T., PIZZOLATTI, B. S., MONDARDO, R. I., SENS, M. L. Bank filtration in a coastal lake in South Brazil: water quality, natural organic matter (NOM) and redox con-

ditions study. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 8, p. 2007–2020.

ROMERO, L. G.; MONDARDO, R. I.; SENS, M. L.; GRISCHEK, T. Removal of cyanobacteria and cyanotoxins during lake bank filtration at Lagoa do Peri, Brazil. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 16, n. 6, p. 1133–1143, 2014.

SENS, M. L.; DALSSASSO, R. L.; MONDARDO, R. I.; MELO FILHO, L. C. Filtração em margem. In: Pádua, V.L. (coord). **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano**. ABES- Prosab 4, 173-236p. Rio de Janeiro, 2006

SOARES, M. B. D. **Estudo da implantação em escala real da filtração em margem em lago de piscicultura extensiva para dessedentação animal**. 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

STAUDER, S.; STEVANOVIC, Z.; RICHTER, C.; MILANOVIC, S.; TUCOVIC, A.; PETROVIC, B. Evaluating Bank Filtration as an Alternative

to the Current Water Supply from Deeper Aquifer: A Case Study from the Pannonian Basin, Serbia. **Water Resources Management**, v.26, p. 581-594, 2012.

STUYFZAND, P.J., JUHÁSZ-HOLTERMAN, M. H.A., LANGE, W.J. **Riverbank filtration in the Netherlands: well fields, clogging and geochemical reactions**. Netherlands (Amsterdam): Stephen A. Hubbs (Editora), p. 119-153, 2006.

SUMMERS, R. A. Review of Biologically-Based Drinking Water Treatment Processes for Organic Micropollutant Removal. In: NAKAMOTO, N. et al. (Eds.). **Progress in Slow Sand and Alternative Processes: Further Developments and Applications**. 1st. ed. [s.l.] IWA Publishing, 2014.

THAKUR, A. K.; OJHA, C. S.; SINGH, V. P.; GURJAR, B. R.; SANDHU, C. Removal of Pathogens by River Bank Filtration at Haridwar, India. **Hydrological Process**, v.27, p.1535-1542, 2013.

TYAGI, S., DOBHAL, R., KIMOTHI, P.C., ADLAKHA, L.K., SINGH, P., UNIYAL, D.P. Studies of River Water Quality Using River Bank Filtration in Uttarakhand, India. **Water Quality, Exposure and Health**, v.5, p.139-148. 2013.