

# MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DO PERÍODO DE ACLIMATAÇÃO DE UM SISTEMA PILOTO DE FILTRAÇÃO EM MARGEM

*Monitoring of the physicochemical acclimatization period of a bank filtration pilot*

Victor Hugo Jangada<sup>1</sup>  
Maurício Luiz Sens<sup>2</sup>

Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Universitário - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Lapoá - Trindade – Florianópolis – Santa Catarina - 88040-970 – Brasil. Tel.: +55 (48) 3721-9883. E-mail: [victorjangada@gmail.com](mailto:victorjangada@gmail.com)

## **ABSTRACT**

*The bank filtration technique consists on using the sediment itself from the bottom and the banks of a river or lake to act as filter media in removing contaminants. This technique is naturally clean, without addition of chemical compounds such as performed in conventional treatments. The physicochemical monitoring occurred over a period of 90 days in a pilot system composed by 5 filter columns of 0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m and 3 m path in the sediment. The results observed at the end of the period showed higher removals than those obtained in the initial period, and the parameters turbidity, apparent color and pH were classified in the Brazilian legislation, since the parameters TOC, conductivity, temperature and dissolved oxygen even though is not specified in the legislation, reached values consistent with good water quality. From the 90 days of monitoring was possible to conclude that the acclimatization of the columns is fundamentally important so that we can get more reliable results and greater removal efficiency. And thereby it is considered acclimated the pilot system after 45 days of operation, because by then it is possible to achieve results good enough to fit the Brazilian legislation.*

**KeyWords:** Bank filtration. Pilot scale. Water treatment.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

<sup>2</sup> Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Doutor em Engenharia Ambiental pela Université de Rennes I, França. Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

# MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DO PERÍODO DE ACLIMATAÇÃO DE UM SISTEMA PILOTO DE FILTRAÇÃO EM MARGEM

## Resumo

A técnica de filtração em margem consiste em utilizar o próprio sedimento do fundo e das margens de um rio ou lago para atuarem como meio filtrante na remoção de contaminantes. Essa técnica ocorre de forma natural e limpa, sem adição de compostos químicos como realizado nos tratamentos convencionais. O monitoramento físico-químico ocorreu por um período de 90 dias em um sistema piloto composto por 5 colunas filtrantes de 0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m e 3 m de percurso no sedimento. Os resultados obtidos no final deste período apresentaram remoções maiores do que os obtidos no período inicial, sendo que os parâmetros turbidez, cor aparente e pH enquadraram-se na legislação brasileira, já os parâmetros carbono orgânico total, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido mesmo não sendo especificados na legislação, alcançaram valores condizentes com uma água de boa qualidade. A partir dos 90 dias de monitoramento foi possível concluir que a aclimação das colunas é de fundamental importância para que se possa obter resultados mais confiáveis e com maior eficiência de remoção. E dessa forma, considera-se aclimatado o sistema piloto após 45 dias de operação, pois nessa altura já é possível alcançar resultados suficientemente bons para se enquadrarem na legislação brasileira.

**Palavras chave:** Escala piloto. Filtração em margem. Tratamento de água.

## Introdução

Visando a remoção de contaminantes da água para o abastecimento público e a preservação do meio ambiente, a tecnologia de filtração em margem surge como uma alternativa para este problema, essa técnica consiste no emprego dos materiais sedimentares do fundo e margens de um rio para atuarem como meio filtrante, objetivando a remoção de contaminantes presentes na água (Sens *et al.*, 2006).

Durante o processo de infiltração no solo, a água a ser tratada passa por uma determinada variedade de processos físicos, químicos e biológicos, tais como adsorção, redução, filtração físico-química e biodegradação. Estes processos ocorrem de forma conjunta, complexa e interativa, de maneira que a compreensão detalhada destes fenômenos necessita ainda ser estudada mais a fundo, a fim de obter o melhor entendimento dos processos como um todo (Souza, 2004).

Depois de infiltrada, a captação de água é feita através de poços instalados próximos a margem, que de acordo com a utilização histórica da filtração em margem, distanciam-se das margens dos mananciais entre 15 e 50 metros, podendo também ser encontrados poços com distâncias superiores, na faixa de 100 a 150 metros (Dillon *et al.*, 2002).

A filtração em margem pode ser empregada como uma técnica de pré-tratamento ou até mesmo como tratamento único dependendo da qualidade da água obtida. Neste caso, após a captação faz-se necessário um pós-tratamento simplificado (desinfecção), a fim de atingir as exigências mínimas de qualidade para o abastecimento público (Souza, 2004).

Portanto, a técnica de filtração em margem se refere a um processo de tratamento de água em que não é necessário nenhum adicional químico, físico, ou biológico, trata-se de uma tecnologia de tratamento limpa e totalmente natural, na qual não há geração de subprodutos como ocorre no processo de tratamento convencional.

## Metodologia

O estudo foi desenvolvido mediante a instalação de um sistema piloto de filtração em margem composto por colunas filtrantes de sedimento. Esse sistema piloto é composto por um total de cinco colunas com escoamento descendente de 0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m e 3 m de percurso no sedimento. Todas as colunas usadas no experimento possuem 150 mm de diâmetro e são feitas de policloreto de vinila (PVC), pois se trata de um material opaco cuja

função é evitar a influência da luz. O sistema piloto é alimentado continuamente através de 5 bombas dosadoras a uma vazão de entrada correspondente a 150 mL.h<sup>-1</sup>.

A água de estudo é proveniente da Lagoa do Peri - Florianópolis, local onde os estudos de filtração em margem tiveram início devido a grande presença de cianobactérias encontradas nas águas da lagoa (Sens *et al.*, 2006). Por se tratar de um lugar distante, optou-se por realizar a diluição desta água antes de aplicar nas colunas para que possa resultar em um maior volume, demandando com menor frequência as buscas por água. A diluição escolhida foi de 40% de água bruta e 60% de água potável de torneira, a qual mostrou média de 3.3 uT. Para aplicação da água de estudo nas colunas de filtração em margem foi necessário realizar a adição de tiosulfato de sódio 1.8% na água de torneira, objetivando alcançar a inibição do cloro a fim de evitar a morte dos microrganismos presentes na água bruta e no próprio solo. O processo de inibição do cloro foi realizado como recomenda a Probac do Brasil (2013).

O sedimento usado para preencher o interior das colunas foi proveniente do próprio solo da Lagoa do Peri, retirado a aproximadamente 5 metros de distância adentro da lagoa e 30 cm de profundidade no solo.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros de projeto adotados para construção das colunas filtrantes, juntamente com o diâmetro efetivo e o coeficiente de uniformidade, obtidos após análise granulométrica realizada de acordo com a norma ABNT NBR 7181:1984.

**Tabela 1.** Parâmetros de projeto empregado nas colunas filtrantes.

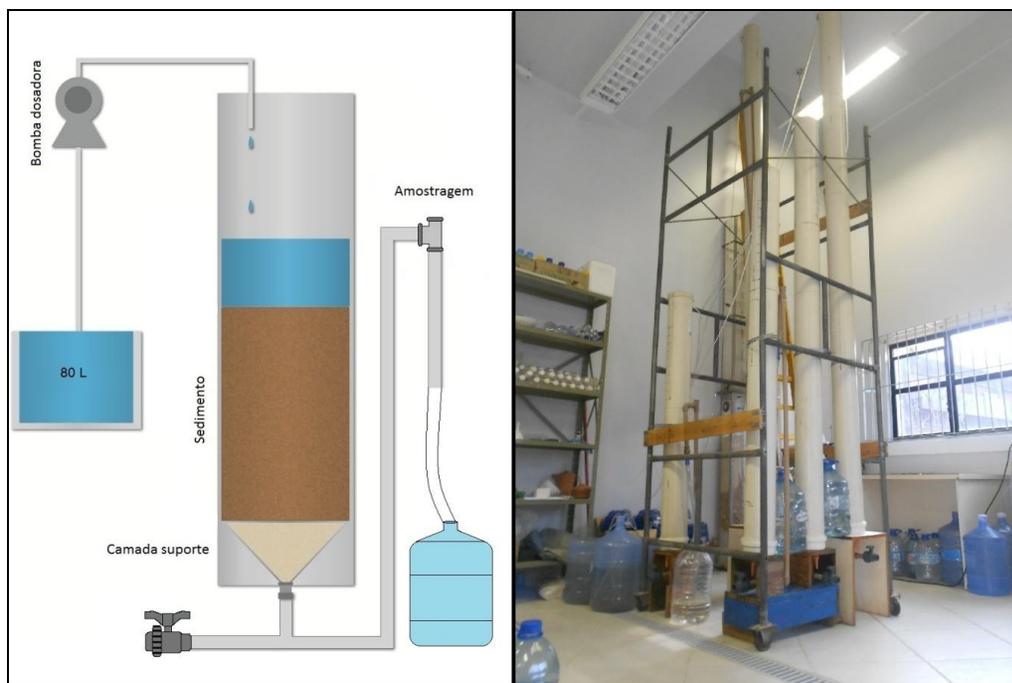
<b>Parâmetro</b>	<b>Coluna 1</b>	<b>Coluna 2</b>	<b>Coluna 3</b>	<b>Coluna 4</b>	<b>Coluna 5</b>
Diâmetro do filtro (mm)	150	150	150	150	150
Comprimento da coluna (m)	1.5	2	2.5	3.5	4
Espessura do meio filtrante (m)	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
Camada suporte (cm)	10	10	10	10	10
Diâmetro da camada suporte (mm)	2 - 30	2 - 30	2 - 30	2 - 30	2 - 30
Taxa de filtração (m <sup>3</sup> .m <sup>2</sup> .d <sup>-1</sup> )	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Diâmetro efetivo do solo (mm)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Coeficiente de uniformidade do solo	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69

Após a montagem do sistema piloto, iniciou-se o monitoramento físico-químico das colunas por um período de 90 dias, correspondente entre dias 31/07/2013 a 28/10/2013. Os detalhes sobre os parâmetros avaliados neste período são apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Parâmetros, frequências e equipamentos utilizados durante a aclimatação.

<b>Parâmetros</b>	<b>Frequência de análise</b>	<b>Equipamento</b>
Carbono orgânico total – COT (mg.L <sup>-1</sup> )	Semanal	Analizador de carbono Shimadzu TOC-L
Condutividade (µS.cm <sup>-1</sup> )	Semanal	Condutivímetro Lutron CD-4303
Cor Aparente (uH)	Semanal	Espectrofotômetro HACH DR 2800
Temperatura (°C)	Semanal	Condutivímetro Lutron CD-4303
Oxigênio dissolvido (mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	Semanal	Oxímetro portátil YSI 550A
pH	Semanal	pHmetro Orion modelo 330
Turbidez (uT)	Diária	Turbidímetro portátil HACH 2100P

Para melhor visualização do sistema de colunas, é apresentado na Figura 1 o esquema ilustrativo juntamente com a foto real do sistema completo.



**Figura 1.** Esquema ilustrativo e foto real do sistema de colunas filtrantes.

## Resultados e discussão

Estudos sobre filtração em margem na Lagoa do Peri já foram realizados também por outros autores, dentre eles, podemos citar Esquivel (2012) que avaliou a remoção de matéria orgânica natural e de potenciais formadores de trihalometanos por filtração em margem. Nesse estudo, a remoção de matéria orgânica natural ocorreu na faixa de 45% em termos de COT, já os parâmetros cor e turbidez alcançaram valores abaixo do que é exigido pela legislação brasileira logo nos primeiros 0.5 m de infiltração.

As médias de remoção obtidas para o parâmetro COT (Tabela 2) assemelharam-se com os valores encontrados no trabalho de Esquivel (2012), estabelecendo médias de 59.77%, 48.79%, 49.84%, 45.91% e 40.53% para as colunas 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Como é possível notar, a coluna com maior percurso de infiltração (coluna 5) apresentou as menores taxas de remoção, enquanto observou-se o contrário para a coluna 1, ou seja, após os primeiros 0.5 m, os valores obtidos para COT se elevaram juntamente com o tempo de contato nas colunas. Este comportamento pode acontecer devido ao fenômeno de dessorção/dissolução de carbono orgânico sólido, esse efeito pode ser intensificado através do aumento da temperatura. Esse mesmo fenômeno foi relatado também por Shoenhein (2004), em um estudo realizado com colunas filtrantes de sedimento, no qual observou a dessorção da matéria orgânica presente no próprio meio filtrante, conforme ocorreu o aumento da temperatura. Esquivel (2012) ainda relata que a maior parte da degradação é realizada nos primeiros centímetros de infiltração, onde ainda há presença de oxigênio, após isso as colunas passam a apresentar condições anóxicas/anaeróbias e consequentemente, degradações mais lentas.

Os resultados obtidos no sistema piloto para os parâmetros turbidez e cor aparente nem sempre estiveram de acordo com os valores propostos pela Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, porém, este fato já era esperado durante o período de aclimatação, pois trata-se ainda de uma adaptação do sistema. No entanto, após o monitoramento de 90 dias é possível observar que o sistema apresenta uma tendência a estabilizar e melhorar os resultados, que neste caso foram suficientes para se enquadrarem dentro dos valores propostos pela legislação, já que a partir do 36º dia de aclimatação (04/09/2013) nenhum resultado de turbidez foi encontrado abaixo de 1 uT, sendo

este o valor máximo permitido por lei para águas subterrâneas (precedendo desinfecção). Por sua vez, os valores obtidos para cor aparente começam a apresentar tendência a estabilizar os resultados a partir do 15º dia de monitoramento (14/08/2013), enquanto que na metade do período de aclimatação (43º dia - 11/09/2013) o sistema piloto obteve todos os resultados abaixo de 15 uH, correspondente ao valor máximo permitido pela legislação brasileira. Os resultados dos parâmetros turbidez e cor aparente são expostos na Figura 2 e 3, respectivamente.

Ainda no que diz respeito a turbidez, a partir do 70º dia de monitoramento, nenhum resultado obtido foi superior a 0.5 uT, sendo que com esses valores, os resultados se enquadrariam até mesmo na categoria mais rigorosa da legislação, que corresponde a filtração rápida através do tratamento convencional (coagulação, floculação, sedimentação e filtração) ou filtração direta, para essa categoria o limite máximo permitido é 0.5 uT.

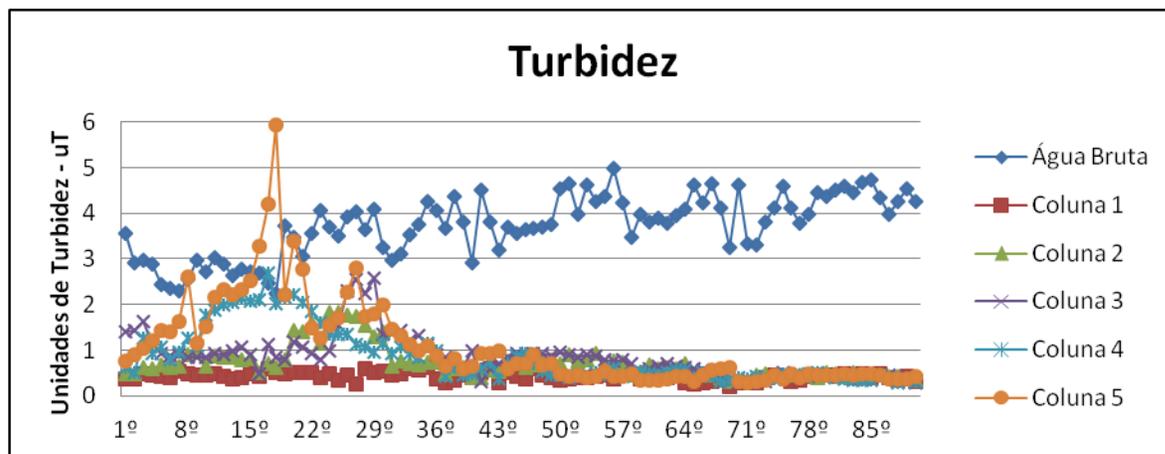
Mesmo não sendo especificados valores na legislação, acredita-se que os parâmetros temperatura e oxigênio dissolvido estejam de acordo com os padrões de uma água de boa qualidade. O parâmetro pH atendeu corretamente as exigências de potabilidade. Os dados obtidos estão expostos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Média e desvio padrão de parâmetros monitorados durante o período de estudo.

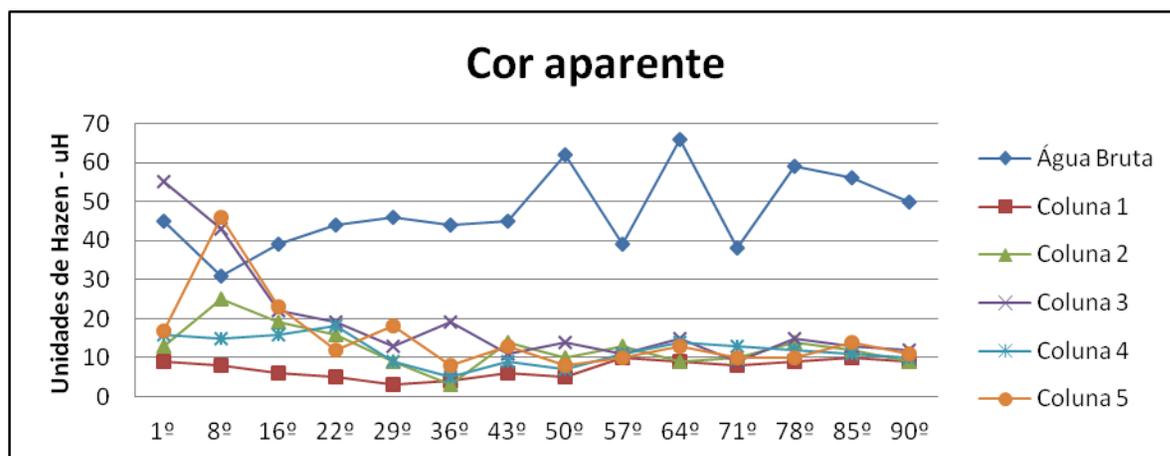
	Água Bruta	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Portaria N° 2914
Condutividade n = 14	70.25 <sup>a</sup> ± 4.28 <sup>b</sup>	73.45 ± 3.22	73.38 ± 2.82	73.95 ± 2.58	75.06 ± 6.49	75.8 ± 8.46	Não Especificado
Temperatura n = 14	19.8 ± 1.85	19.77 ± 1.88	19.77 ± 1.86	19.8 ± 1.86	19.81 ± 1.83	19.8 ± 1.86	Não Especificado
pH n = 14	5.93 ± 0.55	6.26 ± 0.64	6.40 ± 0.47	6.93 ± 0.27	7.13 ± 0.32	7.4 ± 0.21	6.0-9.5
Oxigênio Dissolvido n = 12	4.26 ± 0.41	4.77 ± 0.39	4.61 ± 0.33	4.62 ± 0.35	4.68 ± 0.35	4.71 ± 0.36	Não Especificado
COT n = 9	3,90 ± 0,75	1,89 ± 0,78	2,19 ± 0,58	1,91 ± 0,73	1,91 ± 0,62	2,25 ± 0,49	Não Especificado

<sup>a</sup> – Média; <sup>b</sup> – Desvio Padrão; n = número de amostragem

Com relação ao acréscimo da condutividade evidenciada nas águas tratadas por filtração em margem, acredita-se que ocorra devido ao processo de erosão e lixiviação do solo durante o percurso da água, já que os maiores valores encontrados correspondem às colunas de maiores percursos no sedimento. Esse tipo de aumento causado na condutividade das águas filtradas já foi observado por Esquivel (2012).



**Figura 2.** Acompanhamento diário da turbidez no sistema piloto.



**Figura 3.** Acompanhamento do parâmetro cor aparente no sistema piloto.

### Conclusões

Os resultados observados no final do período de monitoramento mostraram maiores remoções do que os obtidos no período inicial do estudo, sendo que os parâmetros turbidez, cor aparente, e pH enquadraram-se na legislação brasileira. Em contrapartida, os parâmetros COT, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido, mesmo não sendo especificados valores máximos permitidos, alcançaram valores condizentes com uma água de boa qualidade, porém, ainda não potável.

Portanto, após os 90 dias de monitoramento do sistema piloto foi possível observar que a aclimação das colunas é de fundamental importância para que se possa obter resultados mais confiáveis e com maior eficiência de remoção. Com base nos resultados analisados, considera-se aclimatado o sistema piloto após 45 dias de operação, pois nessa altura já é possível alcançar resultados suficientemente bons para se enquadrarem na legislação brasileira, já com 70 dias de aclimação, o sistema pode ainda melhorar seus resultados, apresentando valores de turbidez inferiores a 0.5 uT.

Em termos gerais, os parâmetros avaliados neste estudo são substancialmente melhorados nos primeiros 0.5 m de infiltração, como observado na coluna 1, que com o menor percurso alcança os melhores resultados. Porém, conforme a distância de percurso no sedimento aumenta, observa-se o fenômeno de desorção/dissolução de carbono orgânico sólido na água filtrada.

Por fim, este estudo mostra a potencialidade da filtração em margem como técnica de tratamento de água, com a possibilidade de ser aplicada como pré-tratamento, para aprimorar as etapas posteriores de tratamento, ou como tratamento único, realizando apenas a etapa de desinfecção para eliminação dos organismos patogênicos.

### Referências Bibliográficas

- 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, p.209-221. 2002.
- Esquivel, L. G. R.; Remoção de matéria orgânica natural e precursores de trihalometanos por filtração em margem na Lagoa do Peri, Santa Catarina, Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2012.
- Probac do Brasil. Meios para análise de água probac – tiosulfato de sódio 1,8%. São Paulo. Disponível em: < <http://www.probac.com.br/bulas/bula-tiosulfatodesodio.pdf> > Acesso em: 17 Jun 2013.
- Schoenheinz, D.; DOC as control parameter for the evaluation and management of aquifers with anthropogenic influenced infiltration. PhD thesis, Faculty of Forestry, Geo and Hydro Sciences, Dresden University of Technology. 2004.