

REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS COM DUPLA FILTRAÇÃO ASCENDENTE

Bianca Coelho Machado¹
Maurício Luiz Sens¹

RESUMO

Mananciais superficiais utilizados no abastecimento de água vêm, cada vez mais, apresentando-se contaminados por microalgas e cianobactérias, dificultando a remoção desses elementos nos tratamentos de água clássicos. A pesquisa em questão utilizou o sistema de tratamento por dupla filtração como filtração direta: filtro ascendente de lavagem contínua e filtro ascendente convencional, com taxa de filtração constante de 150 m³/m².dia, objetivando, principalmente, a remoção de microalgas e de cianobactérias. O seguinte tratamento foi testado: adição de coagulante na entrada do filtro de lavagem contínua e adição de coagulante na entrada do filtro ascendente convencional. O sistema de dupla filtração estudado se mostrou eficiente para a remoção de clorofila *a*, remoção de cerca de 96%, e para a remoção de cianobactérias, remoção final de 75%; e vantajoso quanto aos serviços operacionais, tendo em vista que diminui as lavagens do segundo filtro, permitindo obter carreira de filtração de até 338 h e um grande aumento no tratamento efetivo de água.

Palavras-chave: potabilização de água, dupla filtração, filtro de lavagem contínua, cianobactérias

ABSTRACT

Removal of cyanobacteria with double filtration upflow. Water sources used in water supply have been presenting, increasingly, high levels of contamination by microalgae and cyanobacteria, difficulting the removal of these on the classical water treatments. The research in question used the treatment by double filtration system as a direct filtration: upflow filter of continuous backwashing and conventional upflow filter, with a constant filtration rate of 150 m³/m²day, aiming, mainly, the removal of microalgae and cyanobacteria. The treatment tested was: addition of the coagulant in the entry of the continuous backwashing filter and addition of the coagulant in the input of the upflow filter. The double filtration system studied has

¹ Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail para correspondência: biancacm82@hotmail.com

proven efficient for removal the chlorophyll *a*, removal of about 96% and for removal of cyanobacteria, final removal of 75%; and advantageous in terms of operational services, once it reduced the washings in the second filter, which allows obtaining a filtration period up to 338 h and a large increase in the effective water treatment.

Key words: water potabilization, double filtration, continuous backwashing filter, cyanobacterias

INTRODUÇÃO

Muitos mananciais utilizados para abastecimento de água apresentam contaminação com cianobactérias, podendo causar diversas enfermidades à população, que faz uso deles, dentre as quais podem ser citadas a irritação ocular, a obstrução nasal, a gastroenterite com diarreias, cólicas abdominais, febre, hepatite crônica. A grande maioria das estações de tratamento de água não está preparada para a remoção de cianobactérias e de toxinas, operando com dificuldades quando a concentração é elevada, reduzindo sensivelmente o tratamento efetivo de água.

Os principais problemas relacionados à presença de cianobactérias no sistema de tratamento de água são: problemas na coagulação/floculação e, conseqüentemente, na decantação; redução da carreira de filtração ou do tratamento efetivo de água; demanda de cloro elevada; água com gosto e odores acentuados; possibilidade de produção de cianotoxinas, as quais podem ser liberadas através da lise celular em alguns processos de tratamento utilizados; possibilidade de formação de compostos orgânicos clorados; e degradação microbiológica da qualidade da água na rede e em reservatórios de distribuição (Schmidt *et al.*, 1998).

A remoção de cianobactérias em tratamento de água de abastecimento tem sido tema de muitos estudos: filtros rápidos de pequena granulometria sem coagulação (Nagavi e Malone, 1986); micropeneiras (Mouchet e Bonnelye, 1998; Silveira, 2003); flotação por ar dissolvido seguida de filtração rápida (Reali e Ginotti, 1993); eletroflotação (Garcia, 2002); ozoflotação (Garcia, 2007); pré-ozonização visando também ao aumento das carreiras de filtração (Janssens *et al.*, 1988; Lage Filho e Ferreira Filho, 1997; Melo Filho, 2006). Segundo Mouchet e Bonnelye (1998), testes conduzidos numa instalação-piloto no sul da França, utilizando filtração direta e polimento com ozônio e carvão ativado granular, resultaram numa remoção superior a 99% de cianobactérias, melhorando a qualidade de água produzida.

Em relação à remoção de cianobactérias no manancial da Lagoa do Peri, Mondardo (2004) e Melo Filho (2006) utilizaram a pré e/ou pós-oxidação com filtração direta em apenas um estágio de filtração; porém, houve grande transpasse

de células pelo filtro. Sens *et al.* (2006) e Mondardo (2009) avaliaram a utilização de filtração em margem com o mesmo objetivo. A dupla filtração convencional (filtro ascendente + filtro descendente) foi utilizada por Di Bernardo (2003), objetivando a remoção de cianobactérias no manancial Ribeirão do Feijão.

Freed *et al.* (2007) citam a utilização de filtro de lavagem contínua como uma alternativa para remoção de sólidos e de nitrato, este último por meio de conversão a gás nitrogênio. Além disso, Sin *et al.* (2008) afirmam que esse tipo de filtro tem sido aplicado com sucesso em escala real para tratamento terciário tanto em estações de tratamento de efluentes domésticos quanto industriais. O filtro de lavagem contínua também tem sido utilizado, objetivando a remoção de metais pesados (Pernfuß *et al.*, 1999; Pümpel *et al.*, 1999; Spaans *et al.*, 1999; e Pümpel *et al.*, 2001) e de nutrientes de águas residuárias (Daamen *et al.*, 2000; Kramer *et al.*, 2000; Wouters e De Been, 2004), bem como no pré-tratamento para unidade de ultrafiltração em refinaria de petróleo, objetivando a reutilização dessa água (Duyvesteijn, 1998). No Brasil, o filtro de lavagem contínua tem sido utilizado também para tratamento de água de abastecimento, principalmente na Região Sul, objetivando a remoção de cor, de turbidez e de sólidos suspensos.

Muito se encontrou na literatura a respeito de remoção de cianobactérias no tratamento de água de abastecimento, utilizando filtração ascendente ou dupla filtração convencional. Contudo, nenhum artigo que associe remoção de cianobactérias com dupla filtração ascendente, sendo o primeiro filtro de lavagem contínua, foi encontrado.

Esta pesquisa aplicou um sistema de tratamento por filtração direta com dupla filtração de escoamento ascendente, sendo o primeiro filtro de lavagem contínua, para remoção de cianobactérias. Para tanto, utilizou-se como manancial a Lagoa do Peri, situada no município de Florianópolis, Brasil, com predominância da espécie *Cylindropermopsis raciborskii* (Melo Filho, 2006; Marnoto, 2008; Mondardo 2009).

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Potabilização de Água e na unidade experimental de campo, Laboratório de Águas da Lagoa do Peri, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado junto à Estação de Tratamento de Água da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), no Sul da Ilha de Santa Catarina.

A figura 1 apresenta o organograma do sistema de tratamento desenvolvido.



Figura 1. Organograma do sistema de tratamento estudado.

As amostras coletadas foram as seguintes: água bruta (AB), efluente do filtro de lavagem contínua (FLC) e efluente do filtro ascendente (FA), sendo acompanhadas também a perda de carga e a duração da carreira de filtração. A tabela 1 apresenta os parâmetros de qualidade da água analisados e os métodos analíticos.

Tabela 1. Relação dos parâmetros de qualidade da água e metodologias analíticas na avaliação das seqüências de tratamento.

PARÂMETROS	MÉTODOS ANALÍTICOS	REFERÊNCIAS
Perda de carga (cm)	Piezômetros	
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Extração em etanol a 95% com medida de absorvância em $\lambda = 665$ nm	Nusch (1980)
Contagem de cianobactérias (cel/mL)	Contagem UTERMÖHL	Hasle (1978)
Carreira de filtração (h)		

Sistema-piloto de Dupla Filtração

Durante o experimento, a água bruta foi captada de forma contínua do manancial da Lagoa do Peri (concentração de cianobactérias da ordem de $1,8 \times 10^6$ cel/mL), seguindo para o processo de filtração de lavagem contínua e, por fim, para o filtro ascendente convencional. Tanto o filtro de lavagem contínua quanto o filtro ascendente convencional operaram com a mesma taxa de filtração, $150 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$.

A água bruta, antes de passar pelo sistema de dupla filtração, era submetida à coagulação com sulfato de alumínio (SA), doses pré-determinadas através de ensaios de jarrestes, sem adição de dose de outro produto químico para o tratamento.

O filtro de lavagem contínua foi construído em aço inoxidável, nas dimensões de 4 m de altura e 0,80 m de diâmetro. O material filtrante apresenta as seguintes características: espessura do meio filtrante de 2 m; granulometria da areia variando entre 0,80 e 1,40 mm; diâmetro efetivo variando entre 0,70 e 0,85 mm; e coeficiente de uniformidade menor que 1,6. Para proporcionar a lavagem contínua, uma vazão de ar de $8 \text{ L}.\text{min}^{-1}$ foi aplicada com pressão de 5,5 Bar.

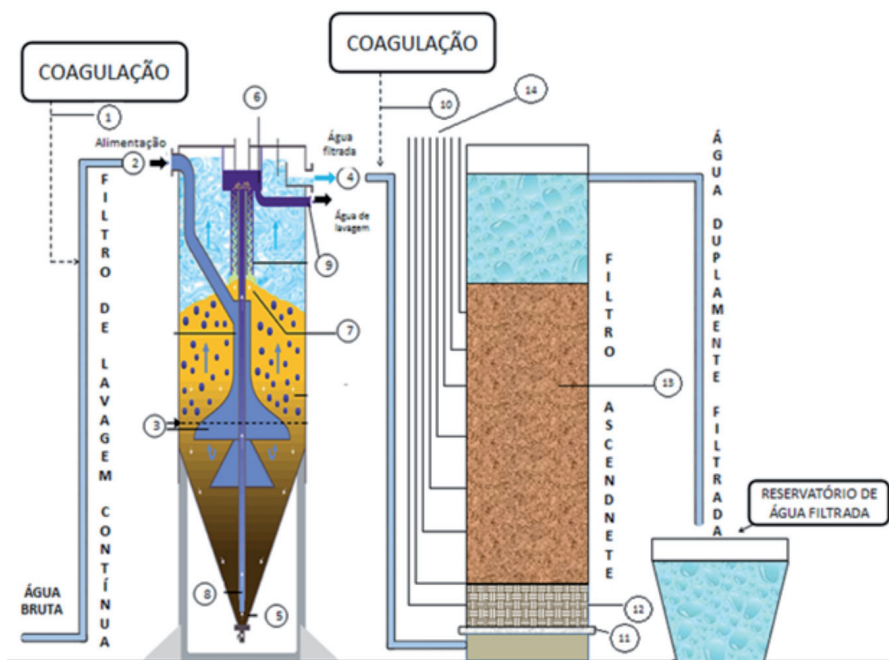


Figura 2. Desenho esquemático da instalação-piloto de dupla filtração ascendente (filtração de lavagem contínua e convencional).

Conforme o desenho esquemático (Figura 2), a água bruta coagulada (1) entra no filtro por uma tubulação (2), é distribuída (3) na região inferior do meio filtrante de areia e segue em escoamento ascendente. A água filtrada sai por um extravasor (4) situado no topo da unidade.

O meio filtrante de areia move-se na direção oposta à da água em filtração, tendo em vista que a areia suja é extraída da parte inferior do filtro (5), lavada no lavador de areia (6) e lançada no topo do meio filtrante (7).

O transporte ascendente da areia é produzido pelo injetor de ar (8). O ar move-se em escoamento ascendente, junto com a água e a areia suja. A ação do injetor de ar separa a sujeira da areia. A mistura ar/água/areia flui para fora no topo do injetor de ar. A areia e a água caem no lavador. A areia passa pelo lavador e deposita-se no topo do meio filtrante do filtro, enquanto a sujeira e a água são descartadas pela tubulação de descarga de água de lavagem (9). O ar volta à atmosfera.

Na parte inferior do filtro, há um cone para distribuição de areia, de modo a assegurar que a areia se mova com a mesma velocidade em toda a área do filtro.

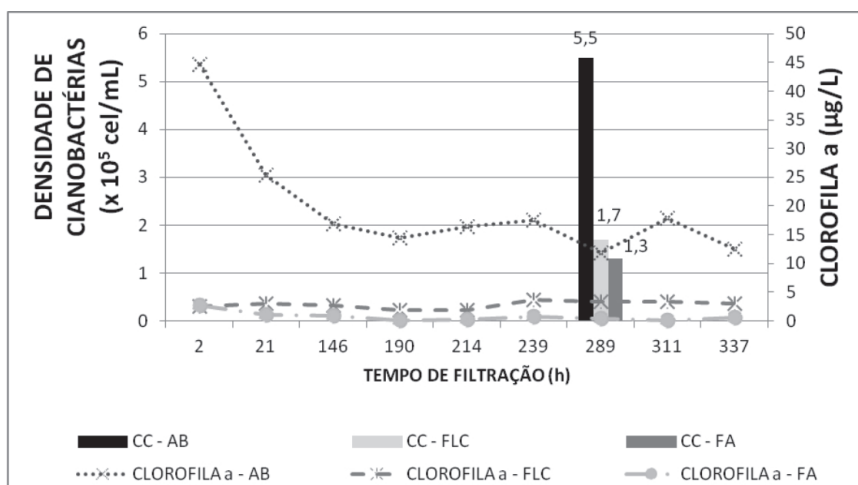
O filtro ascendente convencional foi construído em aço inoxidável de seção quadrada de 0,20 m de lado. A água filtrada no filtro de lavagem contínua coagulada (10) é encaminhada ao fundo falso (11) do filtro ascendente convencional. O meio filtrante apresenta as seguintes características: camada suporte de espessura de 0,60 m (12); meio filtrante de areia com espessura de 1,80 m (13); granulometria variando entre 2,30 e 0,59 mm; diâmetro efetivo de aproximadamente 0,70 mm; e coeficiente de uniformidade menor que 2,0. O filtro ascendente convencional possui um conjunto de oito piezômetros instalados em diferentes profundidades (14), com a função de registrar a perda de carga do filtro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados são de uma carreira típica para o tratamento avaliado, considerando os seguintes parâmetros: clorofila *a*, densidade de cianobactérias e perda de carga.

A espécie dominante de cianobactérias no manancial da Lagoa do Peri é a *Cylindrospermopsis raciborskii*, com dominância superior a 94%, seguida pelas espécies *Planktolyngbya sp.*, *Limnothrix planctônica* e Clorófitas.

A figura 3 e a tabela 2 apresentam os resultados do sistema de tratamento quanto à qualidade de água na carreira de filtração.



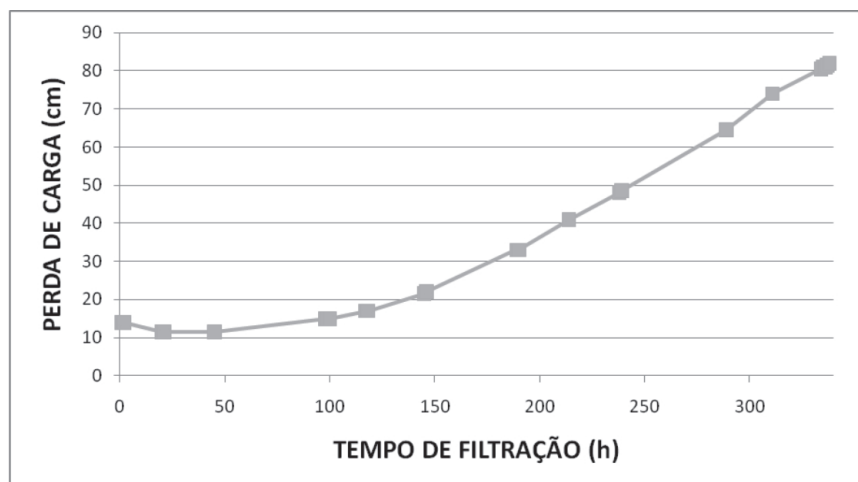


Figura 3. Valores de clorofila *a* e densidade de cianobactérias para água bruta, efluentes do filtro de lavagem contínua e ascendente convencional e perda de carga do sistema de tratamento.

Tabela 2. Valores médios de qualidade de água, remoção e carreira de filtração no sistema de tratamento.

	AB	FLC	FLC (%)	FA	FA (%)	Rem ST (%)
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	19,7	2,8	85	0,7	75	96
Cianobactérias ($\times 10^5$ cél/mL)	5,6	1,7	68	1,3	21	75
Carreira de filtração (h)				338		

A remoção média no sistema de tratamento para clorofila *a* foi de 96%, sendo 85% no filtro de lavagem contínua e, destes, mais 75% após a filtração ascendente convencional. A concentração máxima e mínima de clorofila *a* no efluente final foi de 2,7 $\mu\text{g/L}$ e 0,1 $\mu\text{g/L}$, respectivamente.

Em relação à remoção de cianobactérias no filtro de lavagem contínua, esta foi de 68% e de 21% no filtro ascendente convencional, perfazendo um total de 75%. A densidade de cianobactérias remanescente nesse tratamento foi de $1,3 \times 10^5$ cel/mL. Essa remoção é inferior à citada por Mondardo (2009) quando se utiliza a FDD com a mesma água, precedida ou não de filtração em margem (10^4 cel/mL), e à citada por Melo Filho (2006) quando trata a água da Lagoa do Peri, utilizando filtração direta descendente com pré-oxidação ($8,8 \times 10^4$ cel/mL).

A carreira de filtração registrada no sistema de tratamento foi de 338 horas. Em estudos anteriores, tratando água do mesmo manancial com um sistema de filtração direta descendente, a carreira de filtração teve uma duração de apenas 7 h, e no sistema de filtração direta com filtro ascendente, obteve-se uma duração de 15 h (Di Bernardo *et al.*, 2006). Mondardo (2004) e Melo Filho (2006) reportam que a pré-ozonização prolongou o tempo das carreiras de filtração em até 52%; contudo, a carreira de filtração, nesse caso, foi bem inferior quando comparada à utilização de filtro de lavagem contínua.

Vale salientar que foram realizados experimentos através da coagulação no efluente do filtro de lavagem contínua, ou seja, na entrada do filtro ascendente convencional, mas os resultados obtidos não foram satisfatórios.

CONCLUSÕES

O sistema de tratamento de água por dupla filtração com filtro de lavagem contínua e filtro ascendente convencional se mostrou eficiente para a remoção de cianobactérias; contudo, ocorre ainda transpasse de células. O sistema é também vantajoso quanto aos serviços operacionais pela grande diminuição do número de lavagens de filtro, aumentando o tratamento efetivo de água.

O filtro de lavagem contínua, quando avaliado de forma independente, trata de maneira satisfatória águas com elevada densidade de cianobactérias, além de influenciar de maneira positiva na remoção dos parâmetros analisados. O efluente do filtro de lavagem contínua, por ser de melhor qualidade, prolonga a carreira de filtração do filtro ascendente convencional.

A concentração de clorofila *a* decresceu significativamente. Vale salientar que os valores são para água duplamente filtrada sem adição de desinfetante (cloro).

REFERÊNCIAS

- DAAMEN, E. J.; WOUTERS, J. W.; SAVELKOUL, J. T. G. 2000. Side stream biofiltration for improved biofouling control in cooling water systems. **Water Science and Technology**, 41(4-5):445-451.
- DI BERNARDO, L. *et al.* 2006. Filtração direta. In: V. L. Pádua (Org.). **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano**. ABES: RiMa, p. 275-334.

- DI BERNARDO, L. 2003. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 498 p.
- DUYVESTEIJN, C. P. T. M. 1998. Water re-use in an oil refinery. **Desalination**, **119**(1-3):357-358.
- FREED JR., A. J.; GUTIERREZ, M. A. E.; WESSELS, C. 2007. CBFs aid nutrient removal. **Water and Wastewater International**, **22**(2):12-13.
- GARCIA, T. 2007. **Tratamento de água eutrofizada através da ozoflotação**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 132p.
- GARCIA, T. 2002. **Avaliação da eletroflotação na remoção de algas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 104p.
- HASLE, G. R. 1978. The inverted microscope. In: PHYTOPLANKTON MANUAL, 1978, Paris, 6, p. 88-96.
- JANSSENS, J. G.; MUS, I.; DELIRE, C. 1988. Special subject 11 – practice of rapid filtration. In: PROCEEDINGS OF THE IWSA CONGRESS, 1988, Rio de Janeiro. p. 207-215.
- KRAMER, J. P. *et al.* 2000. Dynamic denitrification of 3,600 m³/h sewage effluent by moving bed biofiltration. **Water Science and Technology**, **41**(4-5):29-33.
- LAGE FILHO, F. A.; FERREIRA FILHO, S. S. 1997. Estudo piloto de tratabilidade de águas eutrofizadas: efeitos da pré-oxidação com cloro livre no processo de filtração. In: ANAIS DO 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997, Rio Grande do Norte. p. 125-131.
- MARNOTO, M. J. E. 2008. **A influência da expansão da areia durante a retrolavagem dos filtros lentos sobre a qualidade da água para abastecimento e a duração das carreiras**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Técnica de Lisboa, 86p.
- MELO FILHO, L. C. 2006. **Avaliação da ozonização como pré ou pós-tratamento à filtração direta descendente na remoção de cianobactérias e saxitoxinas**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 268p.
- MONDARDO, R. I. 2009. **Avaliação da filtração em margem como pré-tratamento à filtração direta descendente na remoção de células de cianobactérias e saxitoxinas**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 308p.
- MONDARDO, R. I. 2004. **Influência da pré-oxidação na tratabilidade das águas via filtração direta descendente em manancial com elevadas concentrações de microalgas e cianobactérias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 147p.

- MOUCHET, P.; BONNÉLYE, V. 1998. Solving algae problems: french expertise and world-wide applications. **J. Water SRT, Aqua.**, **47**:125-141.
- NAGAVI, B.; MALONE, R. F. 1986. Algae removal by fine sand/silt filtration. **Water Research**, **20**(3):377-383.
- NUSCH, E. A. 1980. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. **Arch. Hydrobiol. Beih. Stuttgart**, **14**:14-36.
- PERNFÜß, B. *et al.* 1999. The 'behaviour' of five metal biosorbing and bioprecipitating bacterial strains, inoculated in a moving-bed sand filter. **Process Metallurgy**, **9**(C):373-382.
- PÜMPEL, T. *et al.* 2001. Treatment of rinsing water from electroless nickel plating with a biologically active moving-bed sand filter. **Hydrometallurgy**, **59**(2-3):383-393.
- PÜMPEL, T. *et al.* 1999. Removal of nickel from plating rinsing water with a moving-bed sand filter inoculated with metal sorbing and precipitating bacteria. **Process Metallurgy**, **9**(C):383-392.
- REALI, M. A. P.; GIANOTTI, E. P. 1993. Remoção de algas por flotação: testes de laboratório. In: ANAIS DO 17º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1993, Rio de Janeiro. p. 229-242.
- SCHMIDT, W.; HAMBSCH, B.; PETZOLDT, H 1998. Classification of algogenic organic matter concerning its contribution to the bacterial regrowth potential and by-products formation. **Water Science Technology**, **37**(2):91-96.
- SENS, M. L. *et al.* 2006. Filtração em margem. In: V. L. Pádua (Org.). **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano**. ABES: RiMa, p. 173-236.
- SILVEIRA, A. A. 2003. **Remoção de algas da água da Lagoa do Peri através de filtração direta descendente com pré-filtração mecânica em micropeneiras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 98p.
- SIN, G. *et al.* 2008. Dynamic model development and validation for a nitrifying moving bed biofilter: Effect of temperature and influent load on the performance. **Process Biochemistry**, **43**(4):384-397.
- SPAANS, P. H. *et al.* 1999. Heavy metals removal from waste water by moving bed sand filters inoculated with heavy metal adsorbing or precipitating micro-organisms. **Proceedings of the TMS Fall Extraction and Processing Conference**, **3**:2337-2345.
- WOUTERS, J. W.; DE BEEN, P. 2004. Delfland facility reports 98% denitrification efficiency. **Water and Wastewater International**, **19**(2):41.