



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS UTILIZANDO FILTRAÇÃO DE LAVAGEM CONTÍNUA

Bianca Coelho Machado<sup>1</sup>; Maurício Luiz Sens<sup>2</sup>

### RESUMO

Estudou-se a filtração direta utilizando dois filtros ascendente, sendo o primeiro de lavagem contínua e o segundo a filtração convencional, ambos com taxa de filtração constante de 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, adicionando coagulante (sulfato de alumínio) na entrada dos dois filtros, objetivando a remoção de células de cianobactérias e saxitoxinas. O sistema de tratamento estudado foi eficiente, removendo respectivamente 92% e 96% de clorofila *a* e cianobactérias; contudo, houve ainda transpasse da ordem de 4 x 10<sup>4</sup> cel/mL. O emprego desse sistema de tratamento não provocou a lise celular e observou-se redução na concentração de cianotoxinas, tendo em vista que houve remoção de células de cianobactérias.

**Palavras-chave:** Cianobactérias e Cianotoxinas; Filtração Direta; Filtro de Lavagem Contínua; Potabilização de Água.

### REMOVAL OF CYANOBACTERIA AND CIANOTOXINS USING CONTINUOUS BACKWASH FILTRATION

### ABSTRACT

Direct filtration was studied using two upflow filters, with the first for continuous backwashing and the second conventional filtration, both with a constant filtration rate of 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.day, adding coagulant (aluminum sulfate) at the entrance of the two filters for the removal of cyanobacteria cells and saxitoxins. The treatment systems studied were efficient, respectively removing 92% and 96% of chlorophyll *a* and cyanobacteria. However, there was still passage on the order of 4 x 10<sup>4</sup> cel/mL. The use of this treatment system did not cause cellular lysis, considering there was removal of cyanobacteria cells, and a consequent reduction in the concentration of cyanotoxins.

**Keywords:** Cyanobacteria and Cyanotoxins; Direct Filtration; Continuous Backwash Filtration; Water Potabilization.

Trabalho recebido em 10/07/2011 e aceito para publicação em 18/06//2012.

---

<sup>1</sup> Engenheira Sanitarista (UFPA). Doutoranda em Engenharia Ambiental pela UFSC. Depto. Eng. Sanitária e Ambiental – CTC – UFSC. CEP: 88040-900 Florianópolis, SC. biancacm82@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Sanitarista (UFSC). Doutor em Química pela Université de Rennes I / França. Professor Titular do Departamento. Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. mls@ens.ufsc.br

## 1. INTRODUÇÃO

Muitos mananciais de abastecimento de água apresentam-se contaminados com cianobactérias, podendo causar diversas enfermidades a população que faz uso desses. No Brasil alguns dados epidemiológicos já foram reportados como o descrito por Teixeira e colaboradores (1993), o qual aponta uma forte evidência de correlação entre a ocorrência de florações de cianobactérias no reservatório de Itaparica (Bahia) e a morte de 88 pessoas, entre as 200 intoxicadas, pelo consumo de água do reservatório, no período de março e abril de 1988. Também em Carururu (PE), em água de hemodiálise foram constatadas presença de microcistinas e cilindrospermopsina matando 52 pessoas (YUAN *et al.*, 2006).

A remoção de cianobactérias em estações de tratamento de água tem sido objeto de estudos de muitos pesquisadores: o uso de filtros rápidos de pequena granulometria sem prévia coagulação (NAGAVI e MALONE, 1986); o emprego de micropeneiras (malha de 10 a 100  $\mu\text{m}$ ) na remoção de cianobactérias de maior dimensão (filamentosas ou coloniais) (MOUCHET e BONNÉLYE, 1998); flotação por ar dissolvido, seguida de filtração rápida (REALI e GINOTTI, 1993); pré-ozonização visando à remoção

de cianobactérias e o aumento das carreiras de filtração (JANSSENS *et al.*, 1988).

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 microalgas e cianobactérias, melhorando a qualidade de água produzida.

Sobre a remoção de células de cianobactérias no manancial da Lagoa do Peri, Mondardo (2004) realizou estudo utilizando a filtração direta com apenas um estágio de filtração; porém, houve grande transpasse de células pelo filtro. Melo Filho (2006) avaliou a pré e pós oxidação com ozônio e Sens *et al.* (2006) e Mondardo (2009) a utilização de filtração em margem, ambos como pré-tratamento à filtração direta descendente na remoção de cianobactérias e saxitoxinas, no manancial da Lagoa do Peri.

Em relação à cianotoxina, Himberg *et al.* (1989), baseados em estudos de experimentos em escala de laboratório, relataram que o tratamento envolvendo a coagulação/floculação, filtração rápida e cloração não foi capaz de promover a remoção significativa de hepatotoxinas oriundas de espécies tóxicas dos gêneros de *Microcystis* e *Oscillatoria*. Falconer *et al.* (1989), Himberg *et al.* (1989) e Bruchet

*et al.* (1998), investigaram a remoção de toxinas por carvão ativado, em pó e granular. Lam *et al.* (1995) observaram que a pré-cloração de água contendo elevada concentração de células viáveis de *Microcystis aeruginosa* provocou a imediata liberação da microcistina intracelular para o meio líquido. Segundo Falconer *et al.* (1989) e Himberg *et al.* (1989) o carvão ativado foi capaz de remover as cianotoxinas sozinho ou de forma combinada com o tratamento convencional.

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, 2001; e SPAANS *et al.*, 1999) e 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).

Esta pesquisa estudou um sistema de tratamento por filtração direta com dupla filtração de escoamento ascendente com a mesma taxa de filtração para ambos os filtros, sendo o primeiro filtro de lavagem contínua. Para tanto usou um manancial eutrofizado com predominância de *Cylindropermopsis raciborskii*, cerca de 95%. O manancial utilizado foi a Lagoa do Peri, situado no município de Florianópolis, Brasil.

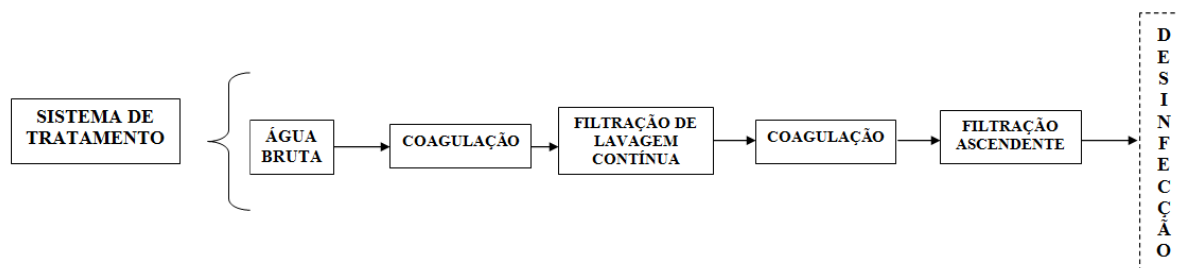
Muito se encontrou na literatura a respeito de remoção de cianobactérias e saxitoxinas no tratamento de água de abastecimento. Contudo, nada foi encontrado que associe remoção de cianobactérias e saxitoxinas com dupla filtração ascendente, aplicando-se a filtração com lavagem contínua.

## 1. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema foi desenvolvido mediante a instalação de um piloto de tratamento instalado junto a uma estação de tratamento de água em escala real. O piloto foi operado em contínuo com taxa de filtração de 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d, tanto para o primeiro filtro (filtro de lavagem contínua) quanto para o segundo (filtro ascendente convencional).

A água era coagulada antes de cada filtro, ou seja, recebia dupla coagulação. No primeiro filtro a dose era da ordem de

14mg/L e no segundo filtro, da ordem de 1 mg/L; conforme Figura 1:



**Figura 1** – Sistema de tratamento proposto.

As amostras coletadas foram as seguintes: água bruta (AB); efluente do filtro de lavagem contínua (FLC); 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 métodos analíticos utilizados na sequência de tratamento.

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade de água e métodos analíticos utilizados.

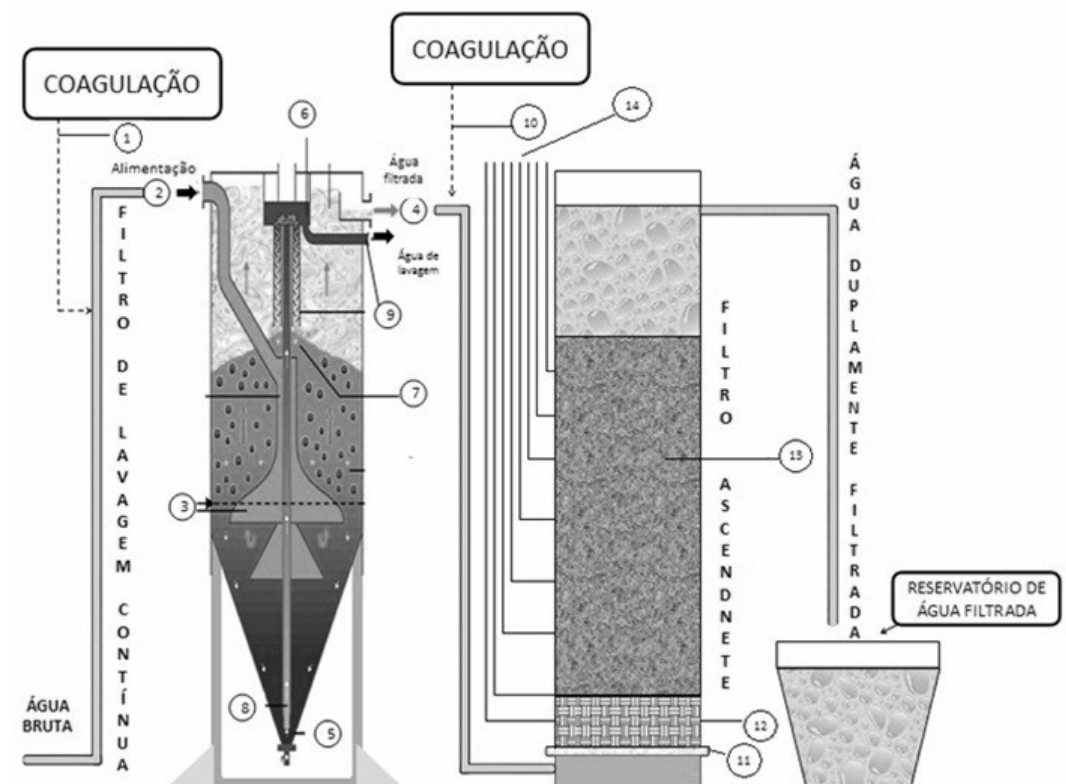
PARÂMETROS	MÉTODOS ANALÍTICOS
Perda de carga (cm)	Piezômetros
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Extração em etanol a 95% com medida de absorvância em $\lambda = 665$ nm Nusch (1980)
Contagem de Cianobactérias (cel/mL)	Contagem UTERMÖHL Hasle (1978)
Saxitoxinas – STX (µg/L)	Cromatografia líquida de alta eficiência AOAC (2005)
Carreira de Filtração (h)	

### 1.1. Sistema piloto de dupla filtração

O sistema de dupla filtração foi alimentado em contínuo com água proveniente do manancial Lagoa do Peri, com concentração de cianobactérias da ordem de  $1,8 \times 10^6$  cel/mL. A água bruta antes de passar pelo sistema de dupla filtração era submetida à coagulação através de sulfato de alumínio (SA), pré

determinada constantemente através de ensaios de jar-test, não havendo adição de dose de outro produto químico para o tratamento.

A Figura 2 apresenta o desenho esquemático da instalação piloto de dupla filtração ascendente.



**Figura 2** – Esquema da instalação piloto de dupla filtração ascendente (filtração de lavagem contínua e convencional).

### 1.2. Filtro de lavagem contínua e filtro ascendente convencional

O filtro de lavagem contínua foi construído em aço inoxidável, pela empresa Astrasand do Brasil, 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 ar de 8 L/min foi aplicada com pressão de 5,5 Bar.

O filtro ascendente convencional foi construído em aço inoxidável de seção quadrada de 0,20 m de lado. O meio filtrante apresenta as seguintes características: camada suporte de espessura de 0,60 m; meio filtrante de areia com espessura de 1,80 m, granulometria variando entre 2,30 e 0,59 mm; diâmetro efetivo de aproximadamente 0,70 mm e coeficiente de uniformidade menor que 2.

### 1.3. Funcionamento do piloto

Conforme desenho esquemático (Figura 2), a água bruta após a coagulação entra no filtro por uma tubulação (1) e é distribuída (2) na região inferior do meio

filtrante de areia e segue em escoamento ascendente. A água filtrada sai por um extravasor (3), 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 levada à parte inferior do filtro (4), lavada no lavador de areia (5) e lançada no topo do meio filtrante (6).

O transporte ascendente da areia é produzido pelo injetor de ar (7). 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 (8). O ar volta para a 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.

A água filtrada no filtro de lavagem contínua e novamente coagulada (9) é encaminhada ao fundo falso (10) do filtro ascendente convencional, passando pela camada suporte (11) e meio filtrante de areia (12). O filtro ascendente convencional possui um conjunto de oito

piezômetros instalados em diferentes profundidades ao longo do filtro (13), que têm a função de registrar a perda de carga do filtro.

A carreira de filtração era interrompida para a lavagem, quando a perda de carga do filtro ascendente convencional atingia 2 metros.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados e discutidos tratam-se de uma carreira típica para o sistema de tratamento, considerando os parâmetros concentração de clorofila *a*, densidade de cianobactérias e saxitoxinas.

Na água bruta a concentração média de clorofila *a* foi de 21,5 µg/L, sendo os valores máximos e mínimos de 27,7 µg/L e 15,0 µg/L, respectivamente. Em relação a densidade de cianobactérias, a espécie dominante encontrada no manancial da Lagoa do Peri pertence a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, com uma distribuição de 86%, seguida pelas espécies *Limnothrix planctonica* (10%), Clorófitas (1,3%) e *Planktolyngbya sp* (0,8%) no verão de 2010 (janeiro a março) e a concentração média saxitoxina total na mesma época foi na ordem de 2,0 µg/L.

Figura 3, Figura 4 e Figura 5 apresentam os resultados do sistema de tratamento quanto à concentração de clorofila *a* e densidade de cianobactérias;

concentrações de saxitoxinas na água bruta, no efluente do filtro de lavagem contínua e no efluente do filtro ascendente

convencional; e a perda de carga no filtro ascendente convencional, respectivamente.

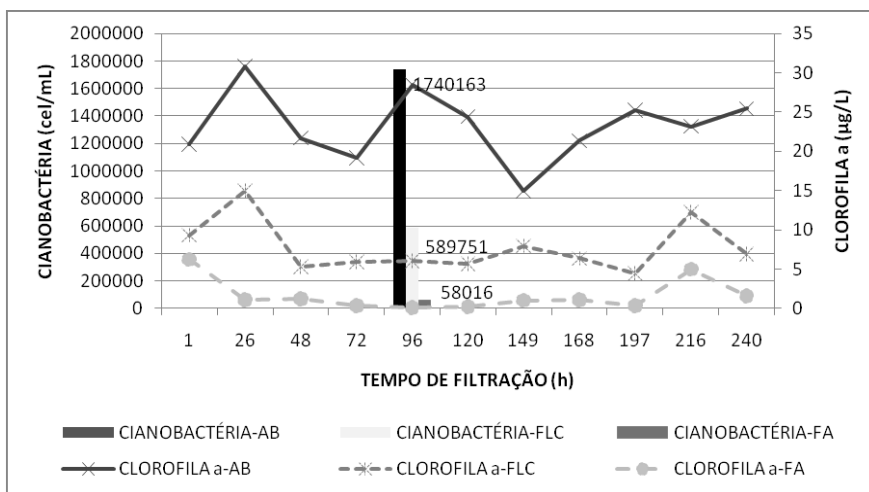


Figura 3 – Densidade de cianobactérias e concentração de clorofila a no sistema de tratamento.

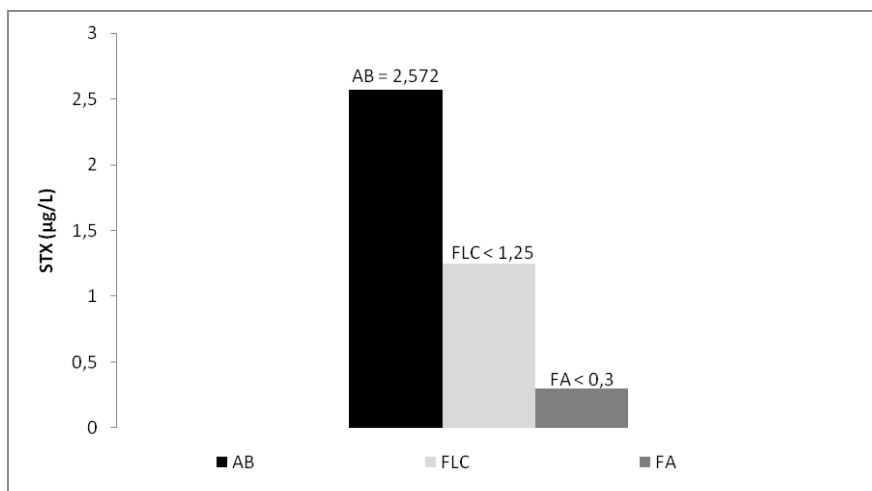


Figura 4 – Concentração de saxitoxinas no sistema de tratamento.

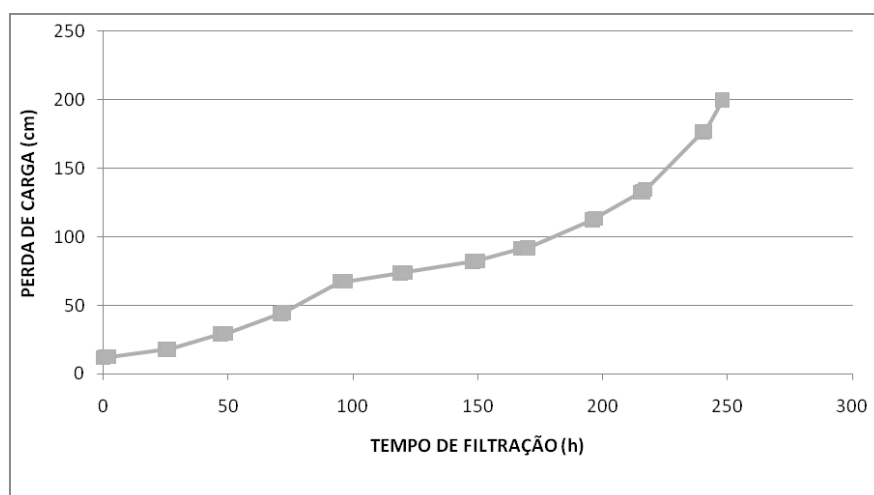


Figura 5 – Perda de carga no filtro ascendente convencional.

A redução na concentração de clorofila *a* (Figura 3) foi de 92% no sistema de tratamento, sendo a remoção no filtro de lavagem contínua de 66% e de 78% no filtro ascendente convencional; percebe-se também uma semelhança nas curvas de remoção de ambos os filtros. A concentração máxima e mínima de clorofila *a* no efluente final foi de 6,25 µg/L e 0,11 µg/L, respectivamente.

Em relação a densidade de cianobactérias (Figura 3) houve redução de 96% no sistema de tratamento estudado, no filtro de lavagem contínua a remoção foi de 66% e no filtro ascendente convencional de 89%. Apesar da elevada remoção, a densidade de cianobactérias no efluente final do sistema de filtração ainda foi elevada ( $5,8 \times 10^4$  cel/mL). O resultado é superior ao citado por Mondardo (2009) após o tratamento por filtração direta descendente da água do mesmo manancial,

valor na ordem de  $10^4$  cel/mL; e inferior ao reportado por Melo Filho (2006), também com a água do mesmo manancial tratada por oxidação e filtração direta descendente – o autor cita um transpasse no meio filtrante de  $8,8 \times 10^4$  cel/mL.

A concentração de saxitoxinas (Figura 4) no efluente do filtro de lavagem contínua foi abaixo do limite de quantificação (1,25 µg/L); e no efluente final do sistema não foram detectadas concentrações de saxitoxinas, sendo o limite de detecção de 0,30 µg/L, situação semelhante à reportada por Mondardo (2009) e Melo Filho (2006).

Não se observou o aumento de toxinas por lise (rompimento) celular, pois a concentração de toxina não aumentou após as filtrações. Himberg *et al.* (1989) destacaram que em experimentos em escala laboratorial envolvendo a coagulação/floculação, filtração rápida e cloração não apresentou remoção de



toxina, ou negativa, sugerindo que toxinas podem ter sido liberadas durante os processos de tratamento.

A carreira de filtração no sistema de tratamento foi de 248 horas – Figura 5 – sendo muito superior quando comparado com tratamentos por filtração direta convencional. 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). Melo Filho (2006) reporta 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 comparado à utilização de filtro de lavagem contínua.

### 3. CONCLUSÕES

O sistema de tratamento estudado foi eficiente para águas eutrofizadas com microalgas, cianobactérias e saxitoxinas. Também vantajoso quanto aos serviços operacionais, tendo em vista que diminui sensivelmente as lavagens de filtro, resultando em uma maior produção efetiva de água.

A remoção na concentração de clorofila *a* e células de cianobactérias na pesquisa foi elevada. Contudo, apesar da

boa eficiência ocorre ainda transpasse de células de cianobactérias.

Para esse sistema foi analisado a saxitoxina total e essa apresentou baixa concentração na água tratada, na ordem de 0,3 µg/L; também não ocorreu o aumento de toxinas por lise celular, tendo em vista que não houve o aumento na concentração de saxitoxinas.

### 4. REFERÊNCIAS

#### BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC – Association of Official Analytical Chemists - Official Method 2005.06. Paralytic Shellfish Poisoning Toxins in Shellfish - Prechromatographic Oxidation and Liquid Chromatography with Fluorescence Detection. First Action, 2005.
- BRUCHET, A.; BERNAZEAU, F.; BAUDIN, I.; PIERONNE, P. Algal toxins in surface waters: analysis and treatment. *Water Supply*, v. 16, n. 1-2, p. 619 – 23, 1998.
- DAAMEN, E.J., WOUTERS, J.W., SAVELKOUL, J.T.G. Side stream biofiltration for improved biofouling control in cooling water systems. *Water Science and Technology*, v. 41, n. 4-5, p. 445-451, 2000.
- DI BERNARDO, L.; SENS, M. L.; KURODA, E. K.; DALSSASSO, R. L.; MELO FILHO, L. C.; MONDARDO, R. I.; DANTAS, A. D. B. Filtração Direta. In: PÁDUA, V. L. de (Coord.) Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Cap. 7, p. 275-334.

- DUYVESTEIJN, C.P.T.M. Water re-use in an oil refinery. *Desalination*, v. 119, n. 1-3, p. 357-358, 1998.
- FALCONER, I. R.; RUNNEGAR, M. T. C.; BUCKLEY, T.; HUYN, V. L.; BRADSAW, P. Using activated carbon to remove toxicity from drinking water containing cyanobacteria blooms. *Journal of the AWWA*, v. 81, n. 2, p. 102-105, 1989.
- FREED JR, A. J.; GUTIERREZ, M. A.; WESSELS, C. CBFs aid nutrient removal. *Water and Wastewater International*, v. 22, n. 2, p. 12-13, 2007.
- HASLE, G. R. The inverted microscope. In: SOURNIA, A. (Coord.) *Phytoplankton manual*. Paris: UNESCO-Monographs on oceanographic methodology, 1978. Cap. 6, p. 88-96.
- HIMBERG, K.; KEIJOLA, A. M.; HIISVIRTA, L. The effect of water treatment processes on the removal of hepatotoxins from *Microcystis* and *Oscillatoria* cyanobacteria: A laboratory study. *Water Research*, v. 23, n. 8, p. 979 – 984, 1989.
- JANSSENS, J.G.; MUS, I.; DELIRE, C. Special subject 11 – Practice of rapid filtration. In: *PROCEEDINGS OF THE IWSA CONGRESS*, 1998. Rio de Janeiro, Brasil.
- KRAMER, J.P.; WOUTERS, J.W.; NOORDINK, M.P.M.; ANINK, D.M.E.; JANUS, J.M. Dynamic denitrification of 3,600 m<sup>3</sup>/h sewage effluent by moving bed biofiltration. *Water Science and Technology*, v. 41, n. 4-5, p. 29-33, 2000.
- LAM, A. K. Y.; PREPAS, E. E.; SPINK, D.; HRUDEY, S. E. Chemical control of hepatotoxic phytoplankton blooms: Implications for human health. *Water Research*, v. 29, n. 8, p. 1845 – 1854, 1995.
- MELO FILHO, L. C. Avaliação da Ozonização como pré ou pós-tratamento à Filtração Direta Descendente na Remoção de Cianobactérias e Saxitoxinas. 2006. 268 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- MONDARDO, R. I. Avaliação da Filtração em Margem como pré-tratamento à Filtração Direta Descendente na Remoção de Células de Cianobactérias e Saxitoxinas. 2009. 308 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- MONDARDO, R. I. Influência da Pré-oxidação na Tratabilidade das Águas via Filtração Direta Descendente em Manancial com Elevadas Concentrações de Microalgas e Cianobactérias. 2004. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MOUCHET, P.; BONNÉLYE, V. Solving algae problems: French expertise and world-wide applications. *J. Water SRT, Aqua*, v. 47, p. 125-141, 1998.
- NAGAVI, B.; MALONE, R. F. Algae removal by fine sand/silt filtration. *Water Research*, v. 20, n. 3, p. 377 – 83, 1986.
- NUSCH, E. A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Beih. Stuttgart*, v. 14, p. 14-36, 1980.
- PERNFUß, B.; EBNER, C.; PÜMPEL, T.; DIELS, L.; MACASKIE, L.; TSEZOS, M.; KESZTHELYI, Z.; GLOMBITZA, F. The 'behaviour' of five metal biosorbing and bioprecipitating bacterial strains, inoculated in a moving-bed sand filter. *Process Metallurgy*, v. 9, n. C, p. 373-382, 1999.

- PÜMPEL, T.; EBNER, C.; PERNFUß, B.; SCHINNER, F.; DIELS, L.; KESZTHELYI, Z.; STANKOVIC, A.; WOUTERS, H. Treatment of rinsing water from electroless nickel plating with a biologically active moving-bed sand filter. *Hydrometallurgy*, v. 59, n. 2-3, p. 383-393, 2001.
- PÜMPEL, T.; EBNER, C.; PERNFUß, B.; SCHINNER, F.; DIELS, L.; KESZTHELYI, Z.; STANKOVIC, A.; WOUTERS, H. Removal of nickel from plating rinsing water with a moving-bed sand filter inoculated with metal sorbing and precipitating bacteria. *Process Metallurgy*, v. 9, n. C, p. 383-392, 1999.
- REALI, M. A. P.; GIANOTTI, E. P. Remoção de algas por flotação: testes de laboratório. In: 17 ° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2., 1993, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1993. p. 229 – 242.
- SENS, M. L.; DALSSASSO, R. L.; MONDARDO, R. I.; MELO FILHO, L. C. Filtração em Margem. In: PÁDUA, V. L. de (Coord.) Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Cap. 5, p. 173-236
- SIN, G.; WEIJMA, J.; SPANJERS, H.; NOPENS, I. Dynamic model development and validation for a nitrifying moving bed biofilter: Effect of temperature and influent load on the performance. *Process Biochemistry*, v. 43, n. 4, p. 384-397, 2008.
- SPAANS, P.H.; VAN ROY, S.; HOOYBERGHS, L.; WINTERS, J.; MACASKIE, L.; FINLAY, J.; PÜMPEL, T.; DIELS, L. 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*, p. 2337-2345, 1999.
- TEIXEIRA, M.G.L.C.; COSTA, M.C.N.; CARVALHO, V.L.P.; PEREIRA, M.S. E HAGE, E. Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica, Bahia, Brazil. *Bulletin of PAHO*, v. 27, n. 3, p. 244-253, 1993.
- WOUTERS, J.W.; DE BEEN, P. Delfland facility reports 98% denitrification efficiency. *Water and Wastewater International*, v. 19, n. 2, p. 41, 2004.
- YUAN, M.; CARMICHAEL, W. W.; HILBORN, E. D. Microcystin Analysis in Human sera and Liver from Human Fatalities in Caruaru, Brazil 1996. *Toxicon*, v. 48, p. 627-640, 2006.