

Remoção de cianobactérias utilizando dupla filtração ascendente

Removal of cyanobacteria using upflow double filtration

Bianca Coelho Machado | Maurício Luiz Sens

Data de entrada: 22/07/2011 | Data de aprovação: 11/06/2012

Resumo

A pesquisa em questão aplicou, para remoção de *Cylindropermopsis raciborskii*, a dupla filtração direta ascendente como sistema de tratamento de água de abastecimento (filtro de lavagem contínua e filtro ascendente convencional), com taxa de filtração de 150 m³/m².d em ambos os filtros. O tratamento testado consistiu na adição de coagulante na entrada do filtro de lavagem contínua. Os parâmetros avaliados foram: turbidez, cor aparente, cor verdadeira, carbono orgânico dissolvido (COD), absorvância 254 nm, clorofila *a*, densidade de cianobactérias e perda de carga. O sistema de dupla filtração estudado se mostrou eficiente para a remoção de *Cylindropermopsis raciborskii* e vantajoso quanto aos serviços operacionais, tendo em vista que diminui as lavagens do segundo filtro, permitindo obter carreira de filtração de até 191 h e um grande aumento na produção efetiva de água.

Palavras-chave: dupla filtração ascendente; filtro de lavagem contínua; *Cylindropermopsis raciborskii*

Abstract

The research at issue applied, for the Cylindropermopsis raciborskii removal, the upflow double filtration as water treatment system (continuous backwashing filter and conventional ascendant filter), with filtration rate of 150m³/m².d in both filters. The treatment tested was the addition of coagulant in the input of the continuous backwashing filter. The parameters evaluated were: turbidity, apparent color, true color, dissolved organic carbon (DOC), absorbance at 254 nm, chlorophyll a, cyanobacteria density and loss of head. The double filtration system which was studied has proven efficient to the Cylindropermopsis raciborskii removal and worthwhile in terms of operational services, once it lessens the second filter washings, which allows obtaining a filtration period up to 191 h and a significant increase in the effective water production.

Key-words: double filtration upflow; continuous backwashing filter; *Cylindropermopsis raciborskii*

Bianca Coelho Machado*

Engenheira Sanitarista (UFPA). Doutora em Engenharia Ambiental pela UFSC – biancacm82@hotmail.com

Maurício Luiz Sens

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

1. Introdução

Muitos mananciais utilizados para abastecimento de água apresentam contaminação com cianobactérias, podendo causar diversas enfermidades à população que faz uso destes. A grande maioria das estações de tratamento de água não está preparada para a remoção de cianobactérias e toxinas, operando com dificuldades quando a concentração é elevada, reduzindo sensivelmente a produção efetiva de água.

A remoção de cianobactérias em tratamento de água de abastecimento tem sido tema de muitos estudos. Internacionalmente, inúmeros autores pesquisaram a remoção de cianobactérias, dentre os quais: Nagavi e Malone (1986); Janssens *et al.* (1988); Mouchet e Bonnélye, (1998); Hart *et al.* (1998); Himberg *et al.* (1989); Lahti *et al.* (1998); Chow *et al.* (1997); Chow *et al.* (1999); Rodriguez *et al.* (2007); Cheng *et al.* (2009).

No Brasil também se estudou a remoção de cianobactérias e cianotoxinas, principalmente pela rede de pesquisa em saneamento básico – PROSAB (PROSAB 4 e 5 – Tema 1). Filtração em margem (Sens *et al.*, 2006), filtração lenta (Tangerino *et al.*, 2006), filtração direta (Di Bernardo, 2003 e Di Bernardo *et al.*, 2006a), separação por membranas (Mierzwa, 2006), oxidação (Di Bernardo *et al.*, 2006b) e adsorção em carvão ativado (Brandão e Silva, 2006) são exemplos de processos e sistemas estudados no PROSAB.

Esta pesquisa aplicou um sistema de tratamento por filtração direta com dupla filtração de escoamento ascendente, sendo o primeiro filtro de lavagem contínua, o qual recebeu adição de coagulante (sulfato de alumínio), objetivando a remoção de *Cylindropermopsis raciborskii*. Para tanto, utilizou-se como manancial a Lagoa do Peri, situada no município de Florianópolis, Brasil.

Segundo Mondardo (2009), Marnoto (2008) e Melo Filho (2006) a espécie de cianobactérias predominante na Lagoa do Peri é a *Cylindropermopsis raciborskii*. Em relação à remoção dessa espécie, estudos realizados por Melo Filho (2006) e Mondardo (2004) no manancial 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.

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 (Pümpel *et al.*, 2001 e 1999; Pernfuß *et al.*, 1999 e Spaans *et al.*, 1999) e nutrientes de águas residuárias (Daamen *et al.*, 2000; Kramer *et al.*, 2000 e 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, turbidez e sólidos suspensos.

Alguns estudos foram encontrados 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.

Objetivos

Avaliar o sistema de tratamento de água por filtração direta, aplicando-se a dupla filtração ascendente, na remoção de *Cylindropermopsis raciborskii*.

Avaliar a eficiência do filtro de lavagem contínua na remoção de *Cylindropermopsis raciborskii*.

Avaliar a dinâmica dos parâmetros físico-químicos e biológicos através da técnica utilizada.

Materiais e métodos

Os estudos foram conduzidos na unidade experimental da Lagoa do Peri, do Laboratório de Potabilização de Águas da UFSC. A Figura 1 apresenta o fluxograma do sistema de tratamento, onde foi aplicado coagulação (sulfato de alumínio) precedendo a filtração de lavagem contínua.

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. O desempenho do sistema de tratamento foi monitorado pelos parâmetros cor aparente, cor verdadeira, turbidez, carbono orgânico dissolvido e absorção de radiação UV em 254 nm (APHA *et al.*, 1999). Clorofila a pelo

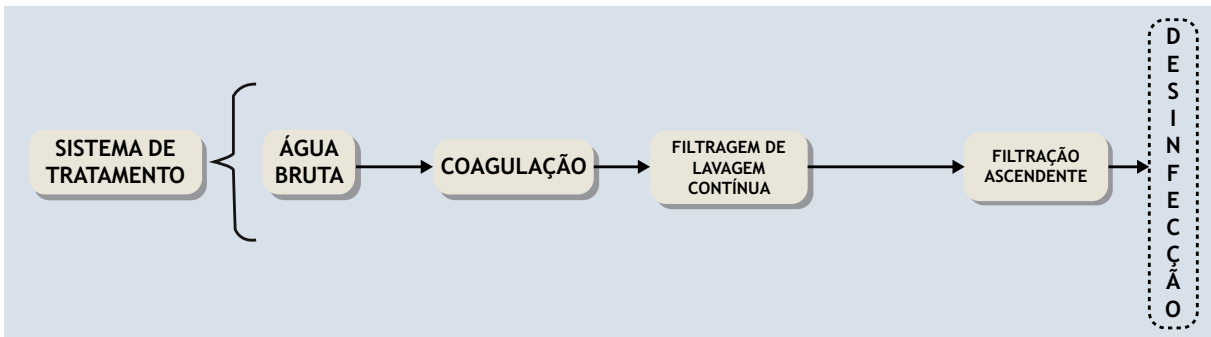


Figura 1: Fluxograma do sistema de tratamento estudado.

método Nusch (1980) e contagem de cianobactérias pelo método Hasle (1978).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SPSS 17.0. A normalidade dos dados foi testada por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov, para definir que tipo de teste estatístico seria mais apropriado para fazer a comparação das médias. Os testes para comparação de médias utilizados foram o teste t pareado para os dados paramétricos e o teste dos postos com sinais de Wilcoxon para os dados não paramétricos.

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 (Figura 2), 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.

Ambos os filtros foram construído em aço inoxidável, sendo que o filtro de lavagem contínua possui 4 m de altura, 0,80 m de diâmetro e para proporcionar a lavagem contínua, uma vazão ar de 8 L/min foi aplicada com pressão de 5,5 Bar. O filtro ascendente convencional é de seção quadrada de 0,20 m de lado. A Tabela 1 apresenta as características do meio filtrante de ambos os filtros e a Figura 2 apresenta o desenho esquemático da instalação piloto de dupla filtração ascendente.

Conforme 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.

	FILTRO DE LAVAGEM CONTÍNUA	FILTRO ASCENDENTE CONVENCIONAL
Espessura do Meio Filtrante (m)	2	1,80
Espessura da Camada Suporte (m)	-	0,60
Granulometria da Areia (mm)	0,80 - 1,40	2,30 - 0,59
Diâmetro Efetivo (mm)	0,80	0,70
Coefficiente de Uniformidade	> 1,6	> 2,0

Tabela 1: Característica do meio filtrante de ambos os filtros.

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.

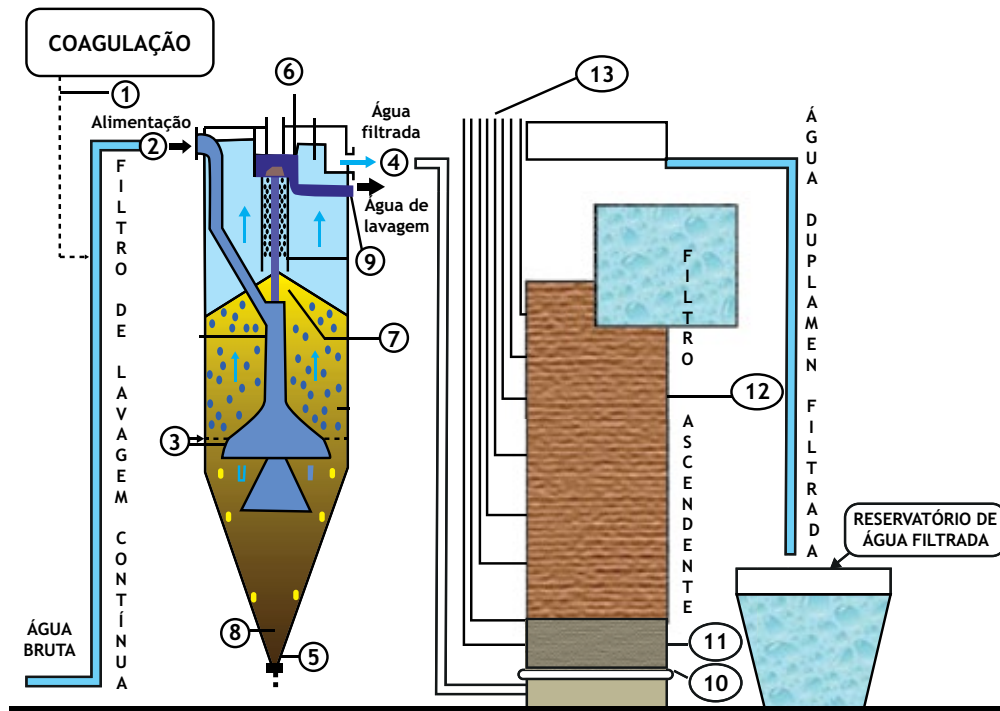


Figura 2: Desenho esquemático da instalação piloto de dupla filtração ascendente (filtração de lavagem contínua e convencional).

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.

No filtro ascendente convencional, parte da água filtrada no filtro de lavagem contínua é encaminhada ao fundo falso (10), passa pela camada suporte (11) e meio filtrante de areia (12). O filtro ascendente convencional possui um conjunto de oito piezômetros instalados em diferentes profundidades (13), com a função de registrar a perda de carga do filtro.

Resultados e discussão

A espécie dominante de cianobactérias no manancial da Lagoa do Peri é a *Cylindrospermopsis raciborskii*, com dominância superior a 91%, seguida pelas espécies *Limnothrix planctônica*, Clorófitas e *Planktolyngbya sp.*

A Tabela 2 apresenta os resultados do sistema de tratamento quanto à qualidade de água na carreira de filtração.

No tratamento, os valores de turbidez do filtro de lavagem contínua foram superiores a 1,0 uT e os valores de cor aparente superiores a 15 uH, sendo a média dos valores de turbidez e cor apa-

rente de 1,70 uT e 18,8 uH, respectivamente. No efluente final do sistema, os valores de turbidez e cor aparente foram baixos, sendo os valores máximos registrados iguais a 0,86 uT e 10 uH, respectivamente, e média de turbidez e cor aparente de 0,63 uT e 5,1 uH.

Percebe-se diferença significativa entre os valores de cor aparente e cor verdadeira. Tal fato se dá devido a um transpasse de células de cianobactérias, as quais ficam retidas na membrana analítica 0,45 µm.

A remoção média nesse sistema para absorvância 254 nm foi de 58%, 36% de COD e 92% de clorofila *a*, sendo 63% no filtro de lavagem contínua e, destes, mais 78% após a filtração ascendente convencional. A concentração máxima e mínima de clorofila *a* no efluente final foi de 3,30 µg/L e 0,11 µg/L, respectivamente.

Em relação à remoção de cianobactérias, no filtro de lavagem contínua esta foi de 73% e de 68% no filtro ascendente convencional, perfazendo um total de 91% no sistema de tratamento. Contudo, mesmo com essa remoção, a densidade de cianobactérias no efluente final do sistema de dupla filtração ainda foi elevada, $6,5 \times 10^4$ cel/mL. Essa remoção é inferior à citada por Mondardo (2009)

PARÂMETROS	AB	FLC	FLC (%)	FA	FA (%)	Rem ST (%)
Turbidez (uT)	4,37	1,70	61	0,63	62	85
Cor aparente (uH)	57,2	18,8	67	5,10	72	91
Cor verdadeira (uH)	6,7	2,35	64	1,5	36	77
COD (mg/L)	5,32	3,59	32	3,40	5	36
ABS 254 nm	0,12	0,06	50	0,05	16	58
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	18,60	6,84	63	1,46	78	92
Cianobactérias (x10 ⁵ cél/mL)	7,3	1,9	73	0,6	68	91
Carreira de filtração (h)				191		

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

quando se utiliza a FDD com a mesma água (10⁴ cel/mL); contudo é superior à citada por Melo Filho (2006) quando trata a água da Lagoa do Peri utilizando filtração direta descendente com pré-oxidação (8,8 x 10⁴ cel/mL).

A carreira de filtração registrada no sistema de tratamento foi de 191 h. 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. 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.*, 2006a).

Para definir qual teste estatístico seria utilizado fez-se necessário verificar qual o tipo de distribuição de probabilidade a amostra possui. Sendo assim, foi realizado um teste de normalidade com os dados (Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para as variáveis com menos de 50 registros e Teste de Kolmogorov-Smirnov para as variáveis com mais de 50 registros).

As variáveis cor verdadeira, carbono orgânico dissolvido e clorofila *a* não apresentaram normalidade (admitindo nível de significância de 5%) e foram testadas com o teste dos postos com sinais de Wilcoxon. Para os dados que apresentaram normalidade, foi utilizado o teste t pareado.

Foram realizados experimentos adicionando coagulante no efluente do filtro de lavagem con-

tínua, ou seja, na entra 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 mostrou eficiência global de 91% de remoção de cianobactérias, ocorrendo, contudo, o transpasse de células. O sistema é também vantajoso quanto aos serviços operacionais pela grande diminuição do número de lavagens de filtro, aumentando a produção efetiva 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.

Os parâmetros turbidez, cor aparente, cor verdadeira, COD, ABS 254 nm e clorofila *a*, no sistema de tratamento, decresceram significativamente. Vale salientar que os valores são para água duplamente filtrada sem adição de desinfetante (cloro), o que reduziria mais ainda os valores, aumentando a qualidade do efluente final, principalmente a cor verdadeira.

Aplicando provas estatísticas conclui-se que houve redução significativa (ao nível de significância de 5%) para os parâmetros monitorados, isso pode ser argumentado pelo valor encontrado de p-valor menor que 0,001.

Referências

- APHA; AWWA; WPCF (1999). Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association 20a Edition (CD-Rom), Washington DC. – (APHA *et al.*, 1999).
- BRANDÃO, C. S. e SILVA, A. S. (2006). Remoção de Cianotoxinas por Adsorção em Carvão Ativado. In: PÁDUA, V. L. (ED.) Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. ABES, RiMa, Rio de Janeiro, 415-465. – (Brandão e Silva, 2006).
- CHENG, X.; SHI, H.; ADAMS, C. D.; TIMMONS, T.; MA, Y. (2009). “Effects of Oxidative and Physical Treatments on Inactivation of *Cylindrospermopsis raciborskii* and Removal of Cylindrospermopsis”. Water Science & Technology, 2009. 60(3), 689-697. – (Cheng *et al.*, 2009).
- CHOW, C.W.K; DRIKAS, M.; HOUSE, J.; BURCH, M. D.; e VELZEBOER, R. M. A. (1999). “The impact of conventional water treatment processes on cells of the cyanobacterium *Microcystis Aeruginosa*”. Water Research, 33(15), 3253-3261 – (Chow *et al.*, 1999)
- CHOW, C.; PANGLISCH, S.; MOLE, J.; DRIKA, M.; BURCH, M.; GIMBEL, R. (1997). “A study of membrane filtration for the removal of cyanobacterial cells.” AQUA, 1997 46(6); 324-334. – (Chow *et al.*, 1997)
- 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, v. 41, n. 4-5, p. 445-451. – (Daamen *et al.*, 2000)
- DI BERNARDO, L.; SENS, M. L.; KURODA, E. K.; DAL-SASSO, R. L.; MELO FILHO, L. C.; MONDARDO, R. I.; DANTAS, A. D. B. (2006a). Filtração Direta. In: PÁDUA, V. L. (ED.) Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. ABES, RiMa, Rio de Janeiro, 275-334. – (Di Bernardo *et al.*, 2006a)
- DI BERNARDO, L.; LUCA, S. J.; KURODA, E. K. e PEGORER, M.G. (2006b). Oxidação. In: PÁDUA, V. L. (ED.) Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. ABES, RiMa, Rio de Janeiro, 381-414. – (Di Bernardo *et al.*, 2006b)
- DI BERNARDO, L. (2003). Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração direta. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. Projeto PROSAB 498 p. – (Di Bernardo *et al.*, 2003)
- DUYVESTEIJN, C.P.T.M. (1998). Water re-use in an oil refinery. Desalination 119 (1-3), pp. 357-358. – (Duyvesteijn, 1998)
- FREED JR, A. J.; GUTIERREZ, M. A. E WESSELS, C. (2007) CBFs aid nutrient removal. Water and Wastewater International, v. 22, n. 2, p. 12-13. – (Freed *et al.*, 2007)
- HART, J.; FAWELL, J. K. e CROLL, B. (1998). “The fate of both intra and extracellular toxins during drinking water treatment”. Water Supply. 16(1/2); 611-623 – (Hart *et al.*, 1998)
- HASLE, G. R. 1978. The inverted microscope. In: PHYTOPLANKTON MANUAL, 1978, Paris, 6, p. 88-96 – (Hasle, 1978)
- HIMBERG, K.; KEIJOLA, A. M.; HIISVIRTA, L. (1989). “The effect of water treatment processes on the removal of hepatotoxins from *Microcystis* and *Oscillatoria* cyanobacteria: A laboratory study”. Water Research. 23 (8) : 979 – 984. – (Himberg *et al.*, 1989)
- JANSSENS, J.G.; MUS, I.; DELIRE, C. (1988). Special subject 11 – Practice of rapid filtration. In: Proceedings of The IWSA Congress. Rio de Janeiro, Brasil. – (Janssens *et al.*, 1988)
- KRAMER, J.P., WOUTERS, J.W., NOORDINK, M.P.M., ANINK, D.M.E., JANUS, J.M. (2000). Dynamic denitrification of 3,600 m³/h sewage effluent by moving bed biofiltration. Water Science and Technology, v. 41, n. 4-5, p. 29-33. – (Kramer *et al.*, 2000)
- LAHTI, K., J. VAITOMAA, A.-L. KIVIMÄKI AND K. SIVONEN. (1998). “Fate of cyanobacterial hepatotoxins in artificial recharge of groundwater and in bank filtration”. In: Peters *et al.*, (Eds.). Artificial recharge of groundwater. p. 211-216. – (Lahti *et al.*, 1998)
- 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 de Mestrado – Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa – Engenharia do Ambiente – Tecnologia Ambiental, 2008. 86 p.: il. – (Marnoto, 2008)

- MELO FILHO, L. C. (2006). Avaliação da Ozonização como pré ou pós-tratamento à Filtração Direta Descendente na Remoção de Cianobactérias e Saxitoxinas. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2006. 268 p.: il. – (Melo Filho, 2006)
- MIERZWA, J. C. (2006). Processos de Separação por Membranas para Tratamento de Água. In: PÁDUA, V. L. (ED.) Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. ABES, RiMa, Rio de Janeiro, 335-380. – (Mierzwa, 2006)
- 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 de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2009. 308 p.: il. – (Mondardo, 2009)
- 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 de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2004. 147 p.: il. – (Mondardo, 2004).
- MOUCHET, P. e BONNÉLYE, V. (1998). Solving algae problems: French expertise and world-wide applications. *J. Water SRT, Aqua.*, v. 47, p. 125-141. – (Mouchet e Bonnélye, 1998).
- NAGAVI, B. e MALONE, R. F. (1986). Algae removal by fine sand/silt filtration. *Water Research*, v. 20, n. 3, p. 377 – 83. – (Nagavi e Malone, 1986).
- NUSCH, E. A. (1980). “Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination”. *Arch. Hydrobiol. Beih. Stuttgart*, v. 14, p. 14-36. – (Nusch, 1980)
- PERNFUß, B., EBNER, C., PÜMPEL, T., DIELS, L., MACASKIE, L., TSEZOS, M., KESZTHELYI, Z., GLOMBITZA, F. (1999). The ‘behaviour’ of five metal biosorbing and bioprecipitating bacterial strains, inoculated in a moving-bed sand filter. *Process Metallurgy*, v. 9 (C), p. 373-382. – (Pernfuß *et al.*, 1999)
- PÜMPEL, T., EBNER, C., PERNFUß, B., SCHINNER, F., DIELS, L., KESZTHELYI, Z., STANKOVIC, A., WOUTERS, H. (2001). 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. – (Pümpel *et al.*, 2001)
- PÜMPEL, T., EBNER, C., PERNFUß, B., SCHINNER, F., DIELS, L., KESZTHELYI, Z., STANKOVIC, A., WOUTERS, H. (1999). Removal of nickel from plating rinsing water with a moving-bed sand filter inoculated with metal sorbing and precipitating bacteria. *Process Metallurgy*, v. 9 (C), p. 383-392. – (Pümpel *et al.*, 1999)
- RODRIGUEZ, E.; ONSTAD, G. D.; KULL, T. P.; METCALF, J. S.; ACERO, J. L e VON GUNTEN, U. (2007). “Oxidative elimination of cyanotoxins: comparison of ozone, chlorine, chlorine dioxide and permanganate”. *Water Research* 41(15), 3381-3393. – (Rodriguez *et al.*, 2007)
- SENS, M. L.; DALSSASSO, R. L.; MONDARDO, R. I.; MELO FILHO, L. C. (2006). Filtração em Margem. In: PÁDUA, V. L. (ED.) Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. ABES, RiMa, Rio de Janeiro, 173-236 – (Sens *et al.*, 2006)
- SIN, G.; WEIJMA, J.; SPANJERS, H.; NOPENS, I. (2008). 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. – (Sin *et al.*, 2008)
- SPAANS, P.H., VAN ROY, S., HOOYBERGHS, L., WINTERS, J., MACASKIE, L., FINLAY, J., PÜMPEL, T., DIELS, L. (1999). Heavy metals removal from waste water by moving bed sand filters inoculated with heavy metal adsorbing or precipitating microorganisms. *Proceedings of the TMS Fall Extraction and Processing Conference* v. 3, p. 2337-2345. – (Spaans *et al.*, 1999)
- TANGERINO, E. P.; CAMPOS, L. C. e BRANDÃO, C. C. (2006). Filtração Lenta. In: PÁDUA, V. L. (ED.) Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. ABES, RiMa, Rio de Janeiro, 237-273 – (Tangerino *et al.*, 2006)
- WOUTERS, J.W. e DE BEEN, P. (2004). Delfland facility reports 98% denitrification efficiency. *Water and Wastewater International*, v. 19, n.2, p. 41. – (Wouters e De Been, 2004)

E você achando que 100% fosse o máximo que alguém pudesse se dedicar.

Sabesp 300%: 100% de água tratada, 100% de esgoto coletado e 100% de esgoto tratado.

O saneamento transforma a vida das pessoas. Por isso, não medimos esforços para levar, até 2014, o Sabesp 300% para todos os municípios do interior atendidos pela Sabesp. E, até 2018, para todas as outras cidades atendidas por nós. Saiba mais acessando www.sabesp.com.br.

300%



Matheus, Gabriel e Thiago,
trigêmeos, filhos do
funcionário da Sabesp
Nivaldo A. Curralo

Sabesp.
Transformando vidas.

