

TECNOLOGIA DE DUPLA FILTRAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA EUTROFIZADA: REVISÃO

José Raniery Rodrigues Cirne¹
Ediano Duarte de Lima²
Marília Patrício Alves³
Wilton Silva Lopes⁴

RESUMO

A tecnologia de dupla filtração demonstra ser bastante viável para o tratamento de águas superficiais eutrofizadas. Tal técnica já vem sendo estudada durante muitas décadas aqui no Brasil e no exterior. Portanto, este trabalho tem como objetivo fazer uma breve revisão bibliográfica sobre a tecnologia, envolvendo filtração direta ascendente e filtração direta descendente, bem como uma revisão de águas superficiais contaminadas por cianobactérias. Algumas pesquisas indicaram uma remoção de até 99,97% de cianobactérias utilizando etapas de pré-oxidação, colunas de carvão ativado e a dupla filtração. Outras pesquisas demonstraram uma eficiência de remoção de até 50% da cor e 80,2% da turbidez, apresentando turbidez final durante a maior parte dos experimentos inferior a 0,5 uT e cor aparente em torno de 5 uH. Assim, esta tecnologia mostra-se capaz de produzir uma água de boa qualidade na remoção de turbidez. No entanto, com o auxílio de um oxidante, a remoção de cor e cianotoxinas também se torna eficiente.

Palavras-chave: Águas eutrofizadas, Tratamento de água, Tecnologia de dupla filtração.

INTRODUÇÃO

A contaminação dos mananciais de abastecimento público por resíduos originados pelas atividades antrópicas traz diversos riscos para a saúde humana.

Dentre as diversas formas de poluição, a eutrofização se destaca por induzir o aumento da produção biológica em rios, lagos e reservatórios, tendo como um dos efeitos indesejáveis a floração de microalgas e cianobactérias, que têm o potencial de produzir toxinas perigosas para os seres humanos, mas que não são removidas eficientemente nas estações de tratamento de água convencionais.

As florações de cianobactérias podem causar gosto e odor desagradáveis na água, além de alterar o equilíbrio ecológico de ecossistema aquático. O maior problema está no fato de as cianobactérias produzirem toxinas (cianotoxinas) muito potentes atingindo um conjunto de organismos, além dos presentes na comunidade aquática. Essas cianotoxinas são acumuladas

¹ Doutorando em Engenharia Ambiental - UEPB, raniery_rodrigues@hotmail.com;

² Doutorando em Engenharia Ambiental - UEPB, ediano_duarte@hotmail.com ;

³ Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB, mariliapatrici@gmail.com;

⁴ Doutor em Química, UEPB, wilton@uepb.edu.br.

na rede trófica, causando intoxicações e efeitos crônicos, que geralmente são difíceis de serem diagnosticados.

A presença de substância húmicas também tem sido um problema para as águas de abastecimento. As substâncias húmicas são geradas pela decomposição da matéria orgânica natural (MON), tal como a vegetação. Quando encontradas em mananciais para abastecimento público, apresentam aspectos negativos conferindo cor elevada, odor e sabor (TANGERINO e DI BERNARDO, 2005). Além disso, quando o cloro é adicionado à água bruta, ele reage com a MON e pode produzir trihalometanos, destacando-se o clorofórmio (CHCl_3), ácidos mono, di e tricloroacético e outros subprodutos clorados provenientes da oxidação - SPO. Estes subprodutos podem trazer danos à saúde da população. São tóxicos, cancerígenos, mutagênicos ou teratogênicos.

Muitos estudos já confirmaram que o tratamento por ciclo completo nas estações de tratamento de água não é eficiente para a remoção de cianobactérias e seus subprodutos. Desta forma, se faz necessário o desenvolvimento de novas tecnologias adequadas às condições técnicas e econômicas locais.

A tecnologia de dupla filtração é uma das tecnologias mais promissoras no tratamento de água. Di Bernardo *et al.* (2003) afirmam que esta tecnologia apresenta boa eficiência em águas com presença de protozoários, vírus e variações distintas de qualidade.

O processo da dupla filtração é simples sendo utilizada a filtração direta ascendente e a filtração rápida descendente. A utilização de pedregulhos na primeira filtração tem demonstrado bons resultados em diversos países. Pode-se citar como vantagens: trata água de qualidade inferior; suporta altas taxas de filtração nos filtros ascendentes; apresenta segurança em sua operação com relação às mudanças da qualidade da água; e eliminação de efluente no início da carreira de filtração (DI BERNARDO *et al.*, 2003).

METODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma sucinta revisão bibliográfica sobre a tecnologia de dupla filtração e presença de cianotoxinas em água superficiais. Como resultados da pesquisa, foram analisados alguns artigos e explorados os resultados mais satisfatórios, levando em consideração as configurações utilizadas na Estação Piloto de Dupla Filtração, tipo de coagulante, granulometria de pedregulhos e areia utilizados nos FAPs e FRDs, taxas de filtração

e remoção de cianotoxinas, clorofila a, cor e turbidez. Os artigos estudados são do ano de 2003 a 2018.

DESENVOLVIMENTO

Tecnologias de tratamento de água

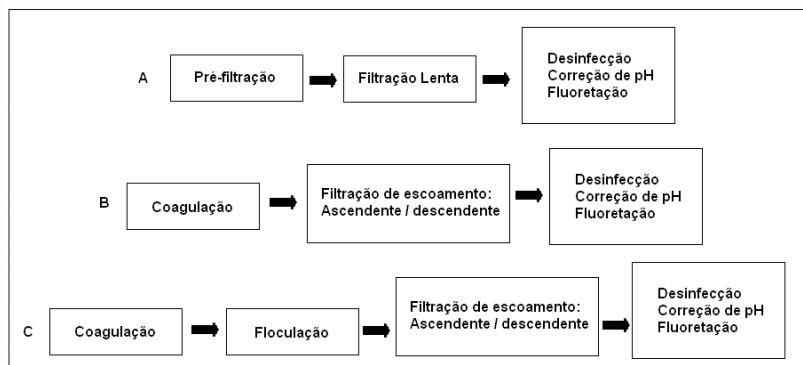
O tratamento da água é um processo que consiste na remoção de contaminantes e impurezas deixando-a em qualidade adequada para consumo humano (MIRANDA & MONTEGGIA, 2007).

É de fundamental importância a qualidade da água para a escolha da melhor tecnologia de tratamento. Os projetos de ETA devem se basear em resultados coletados nas análises em laboratórios, utilizando equipamentos e instalações simples, contendo reatores estáticos ou instalações piloto de escoamento contínuo. (DI BERNARDO *et al.*, 1999).

As tecnologias de tratamento de água estão divididas em dois grupos. A primeira é o grupo das que não apresentam a coagulação química em seu tratamento e a segunda, apresenta a coagulação química, proposição comprovada pela Resolução CONAMA e a NBR 12216/96. Quando não há a coagulação química é essencial à utilização da filtração lenta, com ou sem unidades de pré-tratamento em função das características da água bruta, como por exemplo a FiMe – filtração em múltiplas etapas (pré-filtração dinâmica, filtração grossa em pedregulho e filtração lenta em areia), e aquelas que utilizam a coagulação química, pode-se exemplificar o tratamento em ciclo completo (coagulação, floculação, decantação ou flotação e filtração rápida descendente), filtração direta descendente e ascendente, dupla filtração e floto-filtração (DI BERNARDO & DANTAS, 2005).

Na Figura 1, Libânio (2008) apresenta algumas tecnologias de filtração e suas diferenças quanto ao uso da etapa da coagulação. A utilização da filtração lenta se difere das demais tecnologias. Estas utilizam filtros lentos a jusante de filtros rápidos. A filtração lenta pode ser eficiente na remoção de cistos e oocistos de protozoários.

Figura 1: A: Tecnologia de filtração lenta. B: Tecnologia de filtração direta em linha, C: Tecnologia de filtração direta.



Fonte: Adaptado de LIBÂNIO, (2008).

A filtração lenta não apresenta a etapa de coagulação em seu tratamento. Quando se utiliza a coagulação química, as tecnologias de tratamento passam a apresentar, associadas à filtração rápida, duas variantes básicas dependentes da existência da unidade de decantação precedendo a etapa de filtração. Então, as tecnologias que não contam com essa etapa para a sedimentação dos flocos, são denominadas filtração direta. Estas se subdividem em relação à presença da unidade de floculação. Quando não se tem a etapa de floculação, a tecnologia é chamada de filtração direta em linha (LIBÂNIO, 2008).

A filtração lenta apresenta várias vantagens quando são comparadas com a filtração rápida: (1) apresenta construção simplificada (dispensa o uso de coagulante e da retro-lavagem); (2) não necessita mão de obra especializada; (3) apresenta pouco consumo de energia; (4) é um sistema confiável e produz água de boa qualidade. Ele demonstra ser mais eficiente na remoção de bactérias e vírus.

Apresenta como desvantagem à necessidade de grandes áreas para sua instalação, o que, de certa forma, inviabiliza a sua escolha como melhor tratamento quando se trata de grandes cidades que demandam grandes vazões. Desta forma, se recomenda a utilização deste tipo de tratamento para o atendimento de comunidades pequenas e de médio porte nos países que estão em desenvolvimento (EPA, 1992, KAWAMURA, 1991).

Filtração direta

Di Bernardo (2003) afirma que a tecnologia da filtração direta é umas das principais tecnologias de tratamento de água para abastecimento público. Já é utilizada há muito tempo aqui no Brasil e também tem demonstrados bons resultados em outros países. A quantidade

dessas instalações vem crescendo devido ao aperfeiçoamento da técnica desde a sua primeira utilização no final do século passado.

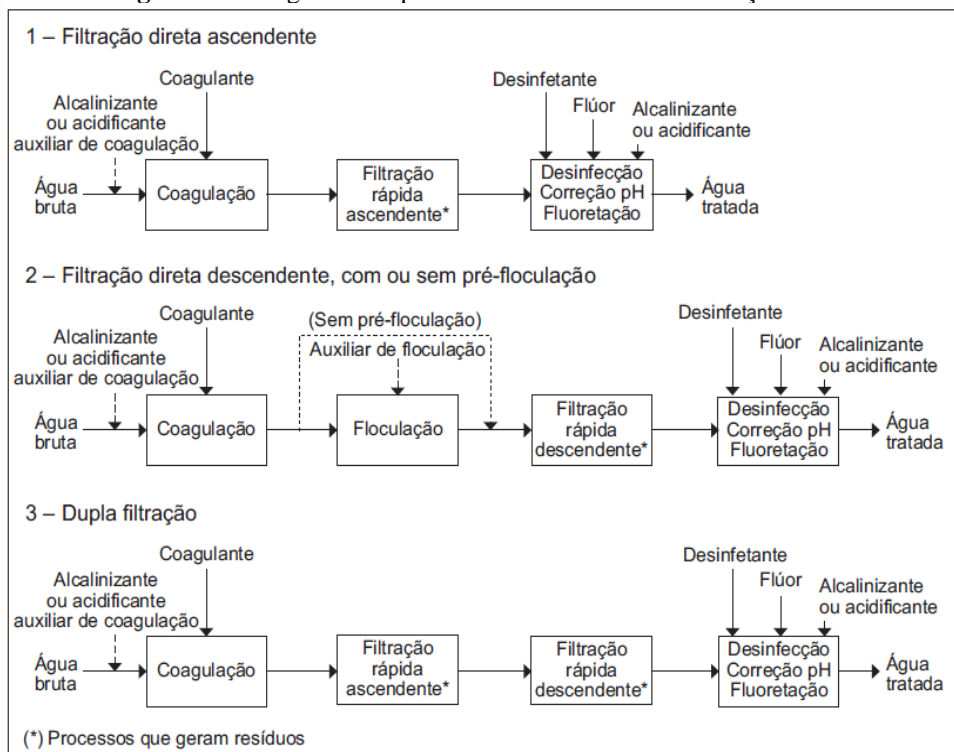
A filtração direta utiliza em seu processo de tratamento, a etapa de coagulante, mistura rápida, e filtração.

A filtração direta apresenta ótima vantagem com relação aos custos de implantação e operação, por não necessitar das unidades de decantação e às menores dosagens de produtos químicos necessárias à coagulação, em função do mecanismo utilizado. Assim, há uma redução, por vezes de até 50% da área necessária à construção da estação, e de até 70% do volume de lodo gerado (KAWAMURA, 1991).

Cleasby e Logsdon (1999) afirmam que a filtração direta apresenta vantagens quando comparado aos sistemas de tratamentos convencionais, dentre elas tem-se os investimentos para implantação, consumo de produtos químicos e a geração de lodo que é muito pequena. Mas este processo não é eficiente para remoção de águas com elevada concentração de turbidez e cor.

A filtração direta pode ser utilizada em três configurações diferentes para o tratamento de águas para abastecimento, como está ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Fluxogramas esquemáticos dos sistemas de filtração direta.



Fonte: DI BERNARDO (2003).

Filtração direta ascendente

Algumas das vantagens da filtração direta ascendente, segundo Di Bernardo *et al.* (2005) são: a) favorece a filtração no sentido do maior grão para o menor, alcançando menores valores de perda de carga no momento da filtração; como consequência, há aumento na carreira de filtração, além de permitir a utilização da altura total do meio filtrante para retenção de impurezas; b) possibilita menor quantidade de coagulante por m³ de água tratada quando comparado com ETAs de ciclo completo, com coagulação, floculação, sedimentação ou flotação e filtração descendente, pois como a floculação ocorre na camada suporte, onde fica retida grande parte das impurezas, não há necessidade da formação prévia de flocos grandes e densos; c) requerer áreas menores e custo para implantação da estação pela eliminação das unidades de floculação e decantação; d) Custos de manutenção e operação são bem menores quando comparados ao de uma instalação na qual são usadas a coagulação, floculação, decantação e filtração, devido à redução do consumo de energia e da produção de lodo.

A filtração direta apresenta também algumas limitações com relação à qualidade microbiológica e físico-química da água bruta, ou seja, ela apresenta desvantagens quanto a remoção de algumas variáveis, tais como: turbidez, cor verdadeira, e concentração de algas. Neste caso, recomenda-se como complemento do tratamento a utilização dos filtros rápidos descendentes. Essa proposta compõe a dupla filtração, técnica testada neste trabalho.

Di Bernardo *et al.* (2005) afirmam que a dupla filtração apresenta as mesmas vantagens da filtração direta ascendente e ainda possibilita o tratamento de água de baixa qualidade. Também favorece o uso de taxas de filtração mais elevadas, dando uma maior segurança com relação às variações bruscas de qualidade da água bruta, apresenta remoção de microrganismos e pode não necessitar do descarte de água pré-filtrada no início da carreira de filtração.

Filtração direta descendente

A filtração direta descendente (FDD) é uma tecnologia de tratamento de água que não necessita da sedimentação ou flotação e pode ser realizada apenas de duas formas (PROSAB, 2003): a) *Filtração direta descendente sem pré-floculação*: apresenta um sistema com unidades de mistura rápida e direciona a água coagulada para o filtro. b) *Filtração direta descendente com pré-floculação*: apresenta unidades de mistura rápida, de floculação e de filtro.

No filtro descendente, as partículas que são removidas da água ficam retidas no meio filtrante, logo, é de fundamental importância que as impurezas sejam distribuídas em profundidade, com o objetivo de obter uma duração razoável na carreira de filtração. Para se conseguir resultados mais precisos quanto a especificação do material filtrante, se faz necessário a realização de estudos em instalação-piloto.

Dupla Filtração

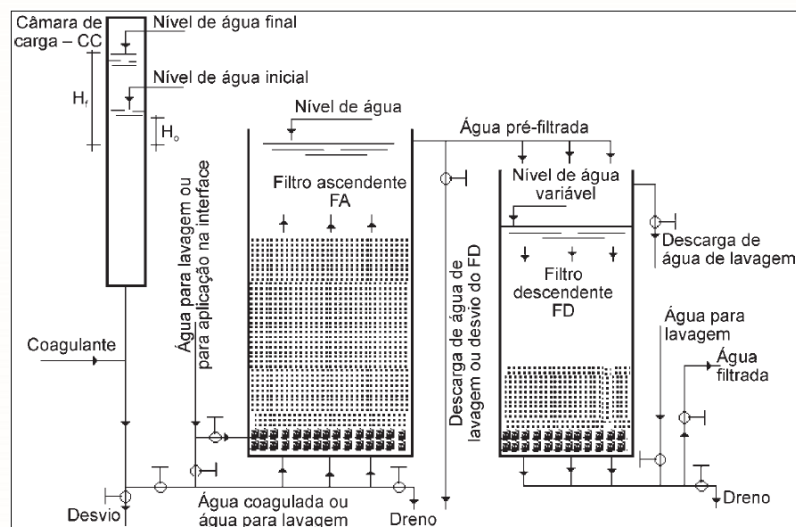
A dupla filtração utiliza a filtração direta ascendente como pré-tratamento para filtração descendente. A água circula no filtro FAP, com material granular tendo granulometria apropriada para que produza uma água com turbidez menor que a 10 UNT.

No Brasil, o estudo da dupla filtração utilizando na primeira etapa do processo a filtração ascendente com pedregulho está em crescimento. O FAP apresenta vantagens oferecendo um maior volume de acumulação de impurezas, favorece uma etapa de floculação na camada inferior do meio filtrante, e promove uma etapa de clarificação igual ao do processo de sedimentação.

A dupla filtração apresenta muitas vantagens, dentre elas: a) permite o tratamento de água com qualidade muito baixa; b) podem ser utilizadas taxas de filtração mais elevadas nos filtros ascendentes; c) é seguro com relação à mudanças bruscas da qualidade da água bruta; d) a remoção quanto aos microrganismos é maior que a filtração ascendente e descendente, aumentando a segurança em relação à desinfecção final; e e) não tem necessidade de descarte do FAP no início da carreira, pois esta água pode ser filtrada ainda nos filtros descendentes (DI BERNARDO, 2003).

A água pré-filtrada pelo FAP é coletada por meio de calhas geralmente situadas acima do topo da camada de areia grossa ou acima do topo da camada de pedregulho de menor granulometria, como mostra a Figura 3. Em seguida, é levada para os filtros rápidos descendentes de areia FRDA e o efluente deste (água filtrada final) é conduzido à etapa final, onde receberão produtos químicos (cloro, flúor, etc.). A lavagem do FAP e dos FRDA deve ser feita utilizando água filtrada final, proveniente de reservatório elevado ou de reservatório semienterrado, e com bombeamento direto e deve-se levar em consideração a carga hidráulica final fixada em cada filtro (DI BERNARDO *et al.*, 2003).

Figura 3 – Esquema de uma instalação de dupla filtração.



Fonte: Di Bernardo *et al.*, (2003).

Presença de cianobactérias nas águas superficiais

A poluição das águas superficiais provenientes de fontes antropogênicas tem afetado a qualidade e a utilização das águas para o abastecimento público, acarretando problemas de saúde pública e ao meio ambiente. E como consequência deste evento nos nossos ecossistemas aquáticos, há o surgimento de floração de cianobactérias, formadas por elevadas cargas poluidoras contendo compostos polifosfatados e nitrogenados.

As florações estão relacionadas com o crescimento excessivo de microrganismos em ecossistemas aquáticos ocasionados por alterações ambientais (OLIVEIRA, 2003).

As florações de cianobactérias podem ocasionar alteração no equilíbrio ecológico do ecossistema aquático, também podem causar gosto e odor desagradáveis ao meio aquático. O problema maior é o da formação de toxinas (cianotoxinas) extremamente potentes atingindo um conjunto de organismos muito além daqueles presentes nas comunidades aquáticas.

As cianotoxinas podem ser acumuladas na rede trófica, e trazer efeitos crônicos difíceis de serem diagnosticados e sintomas de intoxicação. A mortandade de peixes é um evento comum em ambientes com a presença dessas toxinas, como já foram registrados em vários países (CARMICHAEL, 1992).

Pode-se citar, dentre as cianotoxinas, as neurotoxinas (que afetam o sistema nervoso), as hepatotoxinas (afetam o fígado) e as dermatotoxinas (afetam a pele). A presença elevada dessas toxinas pode trazer riscos à saúde da população como: febre, dores de cabeça, dores

musculares e articulares, bolhas, dores de estômago, diarreia, vômito etc. Também se destacam as convulsões, insuficiência hepática, parada respiratória e em alguns casos (raros), podendo levar a morte. A exposição em longo prazo de microcistinas e cilindrospermopsina pode ocasionar o crescimento de tumores (USEPA, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na pesquisa mais recente de Queiroz *et al.* (2018), eles estudaram a tecnologia de dupla filtração para tratar o lago que abastece a cidade de Palmas-TO. Seu sistema de dupla filtração consistia basicamente das seguintes etapas: coluna de pré-oxidação, coluna de adsorção em carvão ativado em pó, mistura rápida filtração ascendente de pedregulho e filtração rápida descendente. O coagulante utilizado para os ensaios foi o sulfato de alumínio. Com relação aos resultados, um dos ensaios apresentou remoção média de COT de 51% apenas para o FAP, que, somada ao resultado do FRD, a remoção desse parâmetro aumentou para 67%. Os valores de COT na saída do FRD variaram entre 1,58 e 1,68 mg.L⁻¹. Neste mesmo ensaio, o FAP foi responsável pela remoção 99,91% das cianobactérias; somada à eficiência do FRD, a remoção global aumentou para 99,97%. Os valores na saída do FRD resultaram entre 26 e 49 cel.mL⁻¹.

Lima e Neto (2015) utilizaram uma estação piloto de dupla filtração modificada, apresentando etapas como: três pré-filtros de pressão (PFPs) (usados individualmente) de fluxo descendente interligados em série a um filtro de fluxo ascendente (FA). Um dos PFP com granulometria do leito filtrante de 2,00 a 3,38 mm e taxa de filtração de 300 m³.m⁻².dia⁻¹ apresentou eficiência satisfatória quanto à remoção de cor aparente (50%) e turbidez (80,2%). A qualidade da água tratada foi satisfatória, apresentando turbidez final durante a maior parte dos experimentos inferior a 0,5 uT e cor aparente em torno de 5 uH, tendo o FA absorvido qualquer variação da qualidade de água pré-filtrada. A eficiência de remoção de fitoplâncton no PFP1 chegou a cerca de 74% e, quando analisado o sistema completo, na saída do FA, observaram-se eficiências maiores do que 99%.

Em outro estudo de Queiroz *et al.* (2010), eles utilizaram a dupla filtração, com taxas de filtração de 120 m³.m⁻².d⁻¹ para filtro ascendente de pedregulho e 180 m³.m⁻².d⁻¹ para o filtro rápido descendente, e verificou remoção de cianobactérias e de clorofila “a”, chegando à remoção de 99% para os dois indicadores. Em outra pesquisa, Machado e Sens (2012) também conseguiram remoção de 96% para clorofila “a” e 75% para cianobactérias.

Braga *et al.* (2007) também avaliaram o processo de dupla filtração. Utilizaram um FAP com taxa de 90 m³/m².d, seguido de dois filtros descendentes de areia em paralelos, com granulometrias diferentes. Estes filtros apresentaram taxas de 350 m³/m².d. Alcançaram-se resultados satisfatórios com relação a turbidez e a clorofila nos filtros descendentes de areia, chegando a valores de 0,30 UNT para turbidez e 0,9 mg/L para a clorofila. Os FAP também se demonstraram eficientes nos ensaios.

Wiecheteck *et al.* (2004) também estudaram o sistema de dupla filtração, utilizando dois sistemas, um utilizando o filtro ascendente de areia grossa e o outro utilizando o FAP, acompanhados por uma filtração descendente de camada única de areia. Seu trabalho objetivou a remoção de substâncias húmicas e sua água bruta apresentava valores de cor verdadeira entre 90 e 110 uH. As taxas de filtração utilizadas nos filtros ascendentes foram de 80, 120 e 180 m³/m².d e nos descendentes de 80, 120, 150, 160, 180, 200, 240 e 280 m³/m².d. O efluente dos filtros rápidos descendentes apresentou cor aparente < 1 uH. A remoção de substâncias húmicas também foi significativa em termos de absorbância 254 nm, alcançando remoção de 93%.

Gusmão e Di Bernardo (2003) avaliaram a dupla filtração e concluíram que para turbidez de água bruta até 12 UNT não seria necessária a filtração descendente, porque o FAP, por si só, atendia aos padrões de potabilidade. Eles estudaram taxas de 195 e 375 m³/m².d no filtro ascendente e 190 e 490 m³/m².d no filtro descendente. Na pesquisa eles utilizaram o sulfato de alumínio como coagulante e as dosagens não foram suficientes para a remoção de carbono orgânico total.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ser uma técnica já estudada e avaliada nas últimas décadas, muitas pesquisas demonstram resultados satisfatórios. Esta tecnologia mostra-se capaz de produzir uma água de boa qualidade na remoção de turbidez. No entanto, com o auxílio de um oxidante, a remoção de cor e cianotoxinas também se torna eficiente.

Vale salientar que taxas de filtração e tamanho dos pedregulhos e areia nos filtros, são variáveis importantes para a boa qualidade da água tratada, sobretudo as dosagens de coagulantes, com pré ou interoxidação.

REFERÊNCIAS

BRAGA, F. M. G.; CORDEIRO, B. S.; BRANDÃO, C. C. S. Dupla filtração em filtros ascendentes de pedregulho e filtros descendentes de areia aplicada à remoção de algas: influência da granulometria do filtro de areia. ABES, Belo Horizonte. Anais, 2007.

CARMICHAEL, W.W. Status report on planktonic cyanobacteria (bluegreen algae) and their toxins. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency. 149p. 1992.

CLEASBY, J. L.; LOGSDON, G. S. Granular bed and precoat filtration. In: AWWA (Ed.). **Water quality & treatment. A handbook of community water supplies**. 5 ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

DI BERNARDO, L. (coord.), BRANDÃO, C. C. S., HELLER, L. Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. PROSAB. São Carlos, 1999.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2 ed. São Carlos: Rima, 2005.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; POVINELLI, J. Desempenho de sistema de dupla filtração com filtro ascendente de pedregulho no tratamento de água com turbidez elevada. ABES. Campo Grande – MS. Anais. 2005.

DI BERNARDO, L.; WIECHETECK, G. K; BENINI B. D. S. Utilização da dupla filtração ascendente de areia grossa para remoção de substâncias húmicas. ABES, Anais. Joinville-SC. 2003.

EPA (1992) Small Community Water and Wastewater Treatment, Summary Report, EPA, 92p.

GUSMÃO, P. T. R.; DI BERNARDO, L. Desempenho da dupla filtração utilizando a filtração ascendente em pedregulho e em areia Grossa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville. **Anais...ABES**, 2003.

KAWAMURA, S. (1991) Integrated Design of Water Treatment Facilities, John Wiley, 658p.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Editora Átomo. Campinas, SP. 2008, 2ª edição.

LIMA, J. A. P.; CAPELO-NETO, J. Dupla filtração modificada utilizando filtro de pressão a montante de filtro ascendente no tratamento de águas eutrofizadas. Eng Sanit Ambient | v.20 n.1 | jan/mar 2015 | 89-102.

MACHADO, B. C.; SENS, M. L. Remoção de cianobactérias com dupla filtração ascendente. **Revista de Ciências Ambientais**. Canoas, V.6, n.1, p33 a 42. 2012.

MIRANDA, L. A. S.; MONTEGGIA, L. O. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento**. Porto Alegre-RS, 2007. 148p.

OLIVEIRA, M. do C. B.; Cianobactéria invasora. *Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento* - Edição nº 30 - janeiro/junho 2003.

PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO (2003) Dupla Filtração. In: DI BERNARDO, L. (coord.), MENDES, C. G. N., BRANDÃO, C.C. S., SENS, M. L., PÁDUA, W. L. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta**. PROSAB. São Carlos: Rima, 2003.

QUEIROZ, S. C. B.; BENETTI, A. D.; DI BERNARDO L. DANTAS, A. D. B. D.; SILVA, G. G. Dupla filtração para o tratamento de água eutrofizada na região norte do Brasil. *Revista Dae*, núm. 212 | vol. 66 | Edição Especial 2018.

QUEIROZ, S. C. B.; **Utilização da dupla filtração, oxidação e adsorção com carvão ativado pulverizado no tratamento de água eutrofizada**. Dissertação do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

TANGERINO, E. P.; Di BERNARDO, I. Remoção de substâncias húmicas por meio da oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio e FIME. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol.10 - Nº 4 - out/dez, 2005.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. Cyanobacteria and Cyanotoxins: Information for Drinking Water Systems. Office of Water 4304T. EPA-10F11001 July, 2012.

WIECHETECK, G. K.; BENINE, B. D. S.; DI BERNARDO, L. Remoção de substâncias húmicas utilizando dupla filtração com filtro ascendente de areia grossa ou de pedregulho. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.9, n 2, p. 156-164, Abr/Jun 2004.