

Eixo Temático ET-02-007 - Saneamento Ambiental

FILTRAÇÃO LENTA ASCENDENTE NA REMOÇÃO DE COR E TURBIDEZ DE ÁGUA DESTINADA AO ABASTECIMENTO PÚBLICOMaria Virgínia da Conceição Albuquerque¹, Amanda da Silva Barbosa Cartaxo¹,
Maria Célia Cavalcanti de Paula e Silva¹, Valderi Duarte Leite², Wilton Silva Lopes²¹Bióloga, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.²Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UEPB.**RESUMO**

A filtração lenta é uma tecnologia para a potabilização de água utilizada há séculos e ainda considerada eficiente. O seu principal uso está associado à remoção de matéria em suspensão e organismos patogênicos, aplicando-se apropriadamente a mananciais de água com baixa turbidez. Neste sentido, este estudo avaliou a eficiência de remoção de cor e turbidez em água destinada a abastecimento público (reservatório Saulo Maia – Areia/PB) em um filtro lento de areia de fluxo ascendente. O sistema experimental foi constituído de duas etapas, no primeiro momento foram realizados ensaios de coagulação, floculação e sedimentação em *Jar test* para determinar o pH ótimo e as melhores condições de coagulação e sedimentação. Em seguida, o procedimento de filtração direta ascendente foi realizado em filtro de areia confeccionado em tubos de plástico PVC, com cerca de 1,0m de comprimento e 0,1m de diâmetro interno, com sistema de retrolavagem. O filtro foi operado em fluxo ascendente com taxa de filtração de 4 m³.m².d⁻¹. As análises físico-químicas realizadas para avaliar o desempenho do filtro de areia apresentaram valores dentro do esperado. A FLA mostrou-se eficiente para a remoção de cor e turbidez. Houve eficiência de 98% na redução da turbidez e 97% na redução da cor da água analisada, atendendo ainda aos demais parâmetros indicados Portaria de consolidação nº 5/2017. Assim, constatou-se que o filtro projetado com meio filtrante (composta por areia) tem potencial para aplicação em pequenas ETAS, bem como no uso de comunidades sem disponibilidade de água com boa qualidade para consumo humano.

Palavras-chave: Tratamento de água; Filtros lentos; FLA.**INTRODUÇÃO**

A filtração constitui um dos principais processos do tratamento de água de uma ETA e têm função essencial na remoção das partículas responsáveis pela cor e turbidez, de modo que o fluido passe através de um meio poroso capaz de remover ou reter a matéria em suspensão e contaminantes biológicos resistentes a desinfecção. É uma etapa que garante a correção de possíveis falhas ocorridas na coagulação, floculação e sedimentação (GHISI, 2016).

A filtração lenta é uma tecnologia para a potabilização de água utilizada há séculos e ainda considerada eficiente. Em sistemas desse tipo, a água é introduzida no filtro com baixas taxas de filtração, o que permite a remoção de patógenos principalmente por meio da atividade biológica. O seu principal uso está associado à remoção de matéria em suspensão e organismos patogênicos, aplicando-se apropriadamente a mananciais de água com baixa turbidez, apesar de águas com altos valores de turbidez serem suportadas em curtos períodos de tempo. Aplica-se ainda à remoção de sólidos precipitados, provenientes de metais oxidados após a captação em águas subterrâneas. O meio filtrante tem relação com os mecanismos de filtração, sendo os menores diâmetros efetivos os mais eficientes na remoção de turbidez, no entanto isso influenciará diretamente na perda de carga (SOUZA, 2013; PIZZOLATTI, 2014), devendo os dois parâmetros ser balanceados para uma melhor operação dos filtros. Em filtração lenta, por exemplo, os diâmetros efetivos usuais são menores que os utilizados na filtração rápida.

Há três tipos de filtros lentos: filtro lento descendente, ascendente e dinâmico. Dentre os parâmetros analisados dessa tecnologia de tratamento, temos a taxa de filtração num intervalo de 2 a 14 m³.m².d⁻¹ obtidos através da realização de ensaios, valores esses 50 vezes inferiores que os filtros rápidos. Com taxas tão pequenas os filtros desempenham carreiras de filtração longas chegando há 61 dias, não afetando a qualidade da água (PIZZOLATTI, 2010). Alguns elementos são essenciais para garantir um bom desempenho de um filtro lento, tais como a dimensão da camada de areia, granulometria do meio filtrante e a taxa de filtração. Observações feitas por Farias (2011), diz que a estrutura desse tipo de filtro é composta por uma entrada para receber a água bruta, uma camada de areia e outra de granulometria maior caracterizando a base por onde a água deve percorrer até chegar no sistema de drenagem.

Uma das limitações do uso da filtração lenta é a demanda de maiores áreas em relação aos filtros rápidos para a produção da mesma quantidade de água tratada (fator que pode ser limitante quando a área é restrita). Outras limitações são a mão de obra para a limpeza e alteração da água tratada com grandes variações de qualidade da água bruta, como aumento de turbidez e presença de certos tipos de microalgas (HUISMAN; WOOD, 1974; MANZ; ENG, 2004). Dentre suas vantagens destacam-se a qualidade da água tratada, baixos custos de operação e manutenção e facilidade na construção, operação simples, economia de água por necessitar de menos limpeza do que filtros rápidos e menor geração de lodos com possibilidade de seu aproveitamento. Pouco se encontra na literatura sobre a filtração lenta com fluxo ascendente e sua aplicação, contudo a operação com limpeza por descarga de fundo é simples e os filtros podem apresentar carreiras maiores por causa do sentido de escoamento (ROCHA et al., 2000).

OBJETIVO

Este estudo avaliou a eficiência de remoção de cor e turbidez em água destinada ao abastecimento público (reservatório Saulo Maia – Areia/PB) em um filtro lento de areia de fluxo ascendente.

METODOLOGIA

O sistema experimental foi constituído de duas etapas, no primeiro momento foram realizados ensaios de coagulação, floculação e sedimentação em *Jar test* para determinar o pH ótimo e as melhores condições de coagulação e sedimentação. A água base que constituiu a água bruta, foi proveniente do reservatório Saulo Maia, localizado no município de Areia, brejo paraibano. Os parâmetros de controle utilizados na coagulação/floculação e sedimentação estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de controle utilizados em Jar teste

PARÂMETRO	VALOR
Tempo de Mistura rápida (T mr)	60 s
Gradiente médio de mistura rápida (G mr)	120 s ⁻¹
Tempo de floculação (T f)	20 min
Gradiente médio de floculação (G mf)	40 s ⁻¹
Velocidade de sedimentação (V s)	1,40 cm.min ⁻¹

Para elaboração dos diagramas de coagulação para o Sulfato de Alumínio, foram realizados ensaios com a água de estudo (AE) variando as faixas de pH (4,5 a 9,5) e as dosagens (70 até 150 mg.L⁻¹) do coagulante Sulfato de Alumínio (Al₂(SO₄)₃). (14-18) H₂O. Esses ensaios visaram a identificar a eficiência de remoção turbidez, cor aparente e cor verdadeira, utilizando diferentes dosagens do Sulfato de Alumínio, em uma faixa ampla de pH.

Em seguida, o procedimento de filtração foi realizado por filtro de areia confeccionado em tubos de plástico PVC, com cerca de 1,0 m de comprimento e 0,1m de diâmetro interno, com sistema de retrolavagem. O filtro foi operado em fluxo ascendente (Tabela 2) com taxa de filtração de $4 \text{ m}^3.\text{m}^2.\text{d}^{-1}$, preenchido com meio filtrante composto por 50 cm de areia disposto em coluna, com granulométrica entre 0,42 e 0,6 mm, com objetivo de manter a pressão necessária, para produzir melhores resultados em termos da qualidade da água filtrada.

Tabela 2. Características do filtro de areia.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Tamanhos dos grãos de areia	0,42-0,6 mm
Taxa de filtração	$4 \text{ m}^3.\text{m}^2.\text{d}^{-1}$
Altura da câmara filtrante	50 cm

Após o processo de filtração, foram coletados aproximadamente 500 mL de água filtrada a cada ensaio e os parâmetros de controle: turbidez, cor aparente e verdadeira, foram avaliados conforme métodos preconizados (APHA, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, a partir de nove ensaios de *Jar Test* realizados, aplicando-se os parâmetros mencionados na Tabela 1, foram elaborados diagramas de coagulação utilizando como coagulante o sulfato de alumínio.

Sabe-se que para a escolha da melhor dosagem é necessário obter uma menor concentração do coagulante ajustado a um pH o mais próximo possível do natural. Os ensaios foram realizados com pH de coagulação de 4,5; 5,5; 6,5; 7,5; 8,5 e 9,5. Avaliaram-se dosagens de 70 até 150 mg.L^{-1} (em intervalos de 10 mg.L^{-1}), ainda que significativamente superiores às comumente aplicadas em escala real. Os diagramas foram elaborados considerando a remoção da cor aparente, em decorrência dos valores de turbidez.

Na elaboração do diagrama 1 (Figura 1) foi observado que nos processos de coagulação, floculação e sedimentação é produzida água com turbidez remanescente menor que 5uT para o pH de 6,5 com dosagens de 100 a 150 mg.L^{-1} de sulfato de alumínio, sendo possível identificar outra região para esse valor de turbidez remanescente, para o pH de 7,0 e dosagem de 80 mg.L^{-1} .

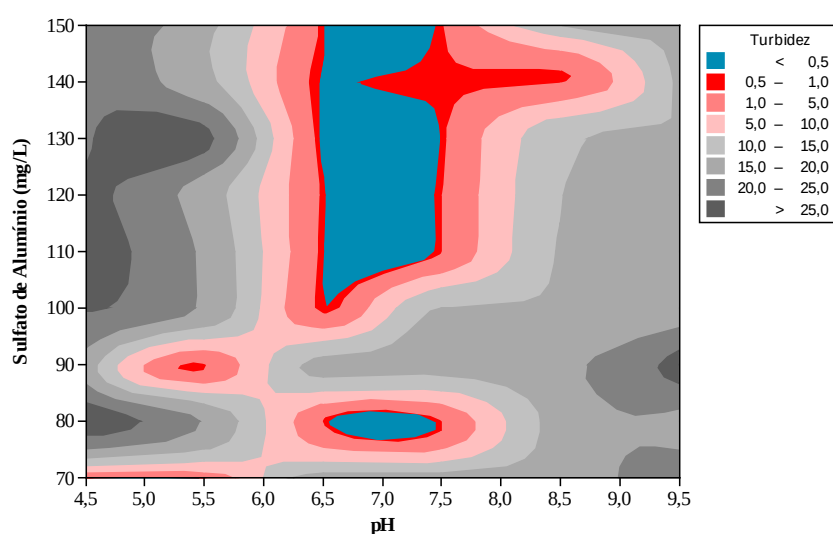


Figura 1. Diagrama de coagulação com sulfato de alumínio em função da turbidez remanescente para água de estudo.

Os melhores resultados para turbidez remanescente foram obtidos em doses entre 110 a 130 mg.L⁻¹ para os valores de pH de 6,5. Pode-se também observar no diagrama 1 que dosagens de 90 mg.L⁻¹ para os valores de pH na faixa de 6,0 a 8,0 resultam em maiores valores (15 a 20 uT) de turbidez remanescente.

No diagrama 2 (Figura 2) é possível identificar valores de cor aparente remanescente menor que 15 uH em diferentes regiões no pH de 6,5 para dosagem de 110 a 140 mg.L⁻¹. Pode-se observar que esses valores corroboram com os dados de turbidez remanescente obtidos no diagrama 1 (Figura 1). Dosagens entre 70 a 90 mg.L⁻¹ resultaram em valores de cor aparente remanescente entre 60 e 100 uH. O percentual de remoção da cor aparente foi de 97 a 98% para dosagem entre 110 e 130 mg.L⁻¹ do coagulante e pH de coagulação de 6,5 respectivamente.

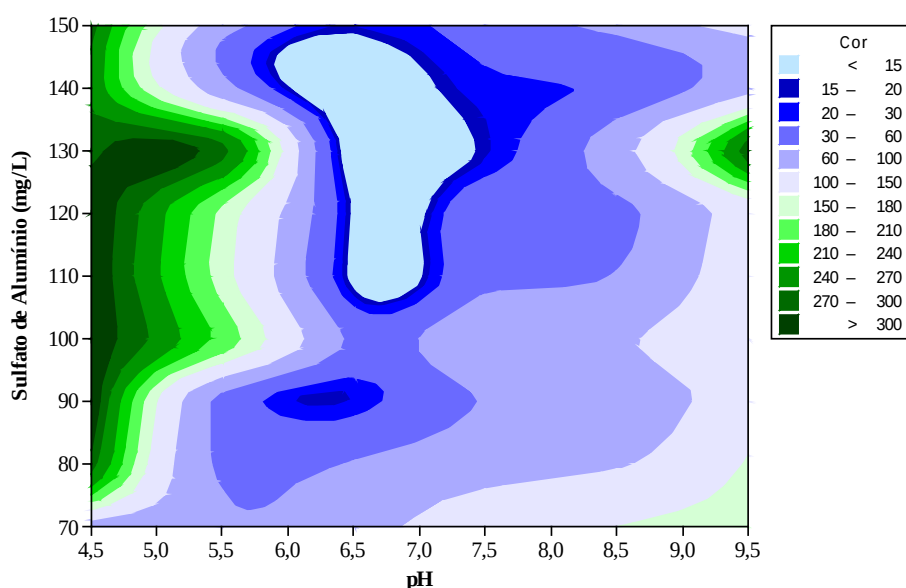


Figura 2. Diagrama de coagulação com sulfato de alumínio em função da cor aparente para água de estudo.

Analisado os resultados obtidos nos diagramas de coagulação, utilizou-se uma dosagem de 120 mg.L⁻¹ e pH de coagulação de 6,5, e então o processo de filtração lenta ascendente foi realizado. O monitoramento do filtro seguiu três horas, totalizando em doze ciclos, obtendo-se 500 mL de água filtrada a cada ciclo. Os valores médios obtidos após a filtração estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros analisados da AE e AF.

Parâmetros	AE*	AF*	VMP **	Remoção (%)
Cor Verdadeira (uH)	25	0,8	15	97
Cor Aparente (uH)	50	5	15	90
Turbidez (uT)	26,9	0,6	1 - 5	98

* AE (água de estudo) AF (água filtrada) ** Valor Máximo Permitido - Portaria de consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde Brasileiro.

Os filtros lentos do experimento de Pizzolatti (2014), apresentaram eficiência alta com relação a cor aparente, alcançando valores de 76, 68 e 70% de remoção nos filtros FLC, FLR e FLRb respectivamente. Murtha e Heller (2003) observaram eficiência de remoção de cor aparente variando de 28 a 41%, todos em filtros lentos convencionais, portanto, bem inferiores

aos da pesquisa de Pizzolatti (2014). Este mesmo autor, já havia sugerido que a elevada eficiência alcançada é devido a cor do manancial, que em grande parte é proveniente de material suspenso, mensurado através da turbidez. A filtração lenta tem alta capacidade de retenção de partículas.

Neste estudo, a cor verdadeira da água filtrada das amostras coletadas no FLA obteve média de remoção de 97% nas amostras analisadas, com valores inferiores a 15 uH. A importância desse parâmetro está associada à presença de ácidos húmicos e fúlvicos (fração hidrofóbica). Isso pode ser um problema em potencial na etapa de cloração, pois podem gerar subprodutos, como os trihalometanos, que são compostos potencialmente cancerígenos. Já a parte hidrofílica tem maior relação a produção de ácidos haloacéticos após a cloração (KIM; YU, 2005).

A cor verdadeira no experimento de Pizzolatti (2014) apresentou remoções entre 97% (FLRb) e 100% (FLC e FLR) das amostras, inferiores a 15 uH. Nesse parâmetro o FLA em estudo, apresentou percentuais próximos aos filtros de Pizzolatti (2014), uma vez que houve elevada diferença entre a cor verdadeira da água bruta e da água filtrada no FLA, assim como para a cor aparente, em que se obteve 90% de remoção, alcançando valores de 5 uH (Tabela 3). Os valores de cor verdadeira e aparente da água filtrada, demonstraram que a maior parte a cor removida está relacionada à turbidez da água.

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), para escolha da filtração lenta como técnica de tratamento, a água bruta deve conter 100% das amostras com turbidez menor que 15 uT, 95% menor que 10 uT e 90% das vezes menor ou igual a 5 uT. O FLA apresentou valores satisfatórios em termos de remoção de turbidez, apresentando uma eficiência de remoção de 98% (Tabela 3). A média do valor de turbidez foi abaixo do valor máximo permitido pela legislação brasileira, que é de 1 uT, apresentando médias de 0,8 uT. Considerando a qualidade da água em estudo, o FLA apresentou turbidez média próxima a 1 uT durante o tempo de monitoramento, demonstrando excelente capacidade de remoção de turbidez, em acordo com a legislação.

Observou-se que a variação de turbidez da água bruta na pesquisa do FLA teve um intervalo bem melhor em relação ao do estudo realizado por Pizzolatti (2014), que observou em seu experimento, que com 3,5 horas de filtração todos os filtros produziam água com turbidez menor que 2,0 uT. Os filtros avaliados ficaram com 70, 38 e 55% das amostras acima de 1,0 uT de turbidez, para os filtros FLC, FLR e FLRb respectivamente

CONCLUSÃO

As análises físicas e químicas realizadas para avaliar o desempenho do filtro de areia apresentaram valores dentro do esperado. A FLD mostrou-se eficiente para a remoção de cor e turbidez. Houve eficiência de 98% na redução da turbidez e 97% na redução da cor da água analisada, atendendo aos parâmetros indicados Portaria de consolidação nº 5/2017. Assim, constata-se que o filtro projetado com meio filtrante (composto por areia) tem potencial para aplicação em pequenas ETAS, bem como no uso de comunidades sem disponibilidade de água com boa qualidade para consumo humano.

REFERÊNCIAS

- APHA, A. W. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington, DC. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution control Federation, 2012.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2005. v. 2.

FARIAS, A. F. **Desempenho de filtros lentos, com diferentes períodos de amadurecimento, precedidos de pré-filtração em pedregulhos no tratamento de água contendo células tóxicas de *Microcystis***. Brasília. 2011.

GHISI, D. B. **Proposta de um modelo de projeto de filtro rápido bifluxo para tratamento de água de abastecimento de água de abastecimento**. Florianópolis, 2016.

HUISMAN, L.; WOOD, W. **Slow sand filtration**. Geneva: World Health Organization, 1974. 120 p

KIM, H.-C.; YU, M.-J. Characterization of natural organic matter in conventional water treatment processes for selection of treatment processes focused on DBPs control. **Water Research**, v. 39, n. 19, p. 4779-4789, 2005.

MANZ, D.; ENG, P. New horizons for slow sand filtration. Eleventh Canadian National Conference and Second Policy Forum on Drinking Water and the Biennial Conference of the Federal-Provincial- Territorial Committee on Drinking Water, Promoting Public Health Through Safe Drinking Water, n. 403, p. 682-692, 2004.

MURTHA, N. A.; HELLER, L. Avaliação da influência de variáveis hidráulicas, parâmetros de projeto e das características da água bruta na eficiência de filtros lentos de areia. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 8, n. 4, p. 257-267, 2003.

PIZZOLATTI, B. S.; SOARES, M. B. D.; MICHELAN, D. C. G. S.; ESQUIVEL, L. R.; SENS, M. L. Water treatment for rural areas by slow sand filtration. 21st Century Watershed Technology: Improving Water Quality and Environment, v. 2010, n. 701, p. 21-24, 2010.

PIZZOLATTI, B. S.; SOARES, M.; ROMERO, L.; LUIZ SENS, M. Comparison of backwashing with conventional cleaning methods in slow sand filters for small-scale communities. **Desalination and Water Treatment**, v. 54, p. 1-7, 2014.

ROCHA, V.C, HELLER, L, COSTA, B.M.P, LIBANIO, M. Avaliação da influência do sentido do escoamento na filtração lenta na remoção de cor em água de abastecimento. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. IX Simpósio, abril 9-14, 2000.

SOUZA, F. H. **Influência do diâmetro efetivo do meio filtrante em filtros lentos retrolaváveis**. 2013. 44 f. Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso, Florianópolis, 2013.