

I-233 – OTIMIZAÇÃO DE FILTRAÇÃO EM PEDREGULHO (FAP) 5 CAMADAS

Alan Carlos Brito de Oliveira⁽¹⁾

Químico Bacharel pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Analista de Saneamento com especialidade em química da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Pérليا Zairine de Castro Heráclio Lira⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Simone Francisco da Silva⁽³⁾

Química Licenciada pela Universidade Rural de Pernambuco. Especialista em Perícia e Auditoria Ambiental pela FAFIRE/PE. Técnica Operacional da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Romero Correia Freire⁽⁴⁾

Biólogo pela Universidade de Pernambuco (UPE). Químico pela universidade rural de Pernambuco (UFRPE). Especialista em vigilância e saúde ambiental pela universidade federal do Rio de Janeiro. Especialista em elaboração de projetos em recursos hídricos pelo Instituto Federal do Ceará. Técnico operacional pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Edmilson M. de Vasconcelos Junior⁽⁵⁾

Químico Industrial pela Universidade Católica de Pernambuco. Especialista em Engenharia de Saneamento Básico e Ambiental pela Universidade Cidade de São Paulo. Mestrando Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo PROFÁGUA (UFPE). Coordenador de Tratamento da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Endereço⁽¹⁾: Rua Dois Irmãos, 1012 – Dois Irmãos - Recife - PE - CEP: 52071-440 - Brasil - Tel: (81) 3412-9976 - e-mail: alanoliveira@compesa.com.br

RESUMO

Este trabalho consiste na avaliação do desempenho do sistema composto por filtração em pedregulhos (FAP) 5 camadas. O estudo foi realizado em instalação piloto, com 8 ensaios, a diferentes taxas de filtração, mantendo-se constante a dosagem de coagulante. A água bruta utilizada no experimento foi proveniente da Estação de Tratamento de Água Castelo Branco, responsável pelo abastecimento de parte da Região Metropolitana do Recife, com pH 7,3, valor de turbidez 9,5 uT, cor verdadeira 89 unidades Hanzen, ferro 0,65 mg.L⁻¹ e manganês 2,1 mg.L⁻¹. Os ensaios indicam a possibilidade de operação com taxas superiores (35 a 160 m³/m².dia), sendo assim, se comparado aos tratamentos que utilizam FAPs com até 80 m³/m².dia. Outro ponto relevante evidenciado neste experimento é a economia de coagulante, uma vez que foram encontrados valores satisfatórios de remoção com dosagens de 30 ppm de sulfato de alumínio, o que representa uma redução de 60% na dosagem utilizada na ETA Castelo Branco.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração em Pedregulhos, Estações de Tratamento, Economia de Coagulante.

INTRODUÇÃO

Atualmente, existe uma grande concentração de estudos na busca por tecnologias alternativas em estações de tratamento de água (ETA), principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento de técnicas alternativas ao tratamento convencional (coagulação, floculação, filtração e desinfecção). Dentre essas alternativas, a filtração direta ascendente (FDA) de água em filtros de pedregulho tem ganhado destaque (GUSMÃO; DI BERNARDO, 2015).

Nesse tipo de filtração, a água escoar no sentido vertical ascendente, dos grãos mais grossos para os mais finos, em um leito composto de um único material filtrante (areia ou pedregulho). Comparada aos sistemas de tratamento completo, a FDA apresenta vantagens relativas à redução dos custos de construção, já que não há necessidade de implantação de unidades floculação e decantação; dos custos de operação e manutenção; e menor produção de lodo (DI BERNARDO, 2003).

Além disso, os filtros de escoamento ascendente em geral apresentam espessuras maiores que os de escoamento descendente nas camadas suporte e filtrante, o que pode gerar melhores resultados quanto à qualidade da água produzida (DI BERNARDO, 2003).

A implementação de filtros ascendentes em planta deve ser subsidiada por estudos do desempenho desta tecnologia. Este trabalho foi realizado no intuito de avaliar a performance de um filtro ascendente de pedregulho (FAP) piloto, e comparar seu desempenho com as tecnologias atualmente empregadas para tratar a água bruta utilizada nos experimentos.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA-PE).

OBJETIVO

Sugerir mudanças no processo de filtração ascendente nas estações de tratamento que utilizem esta tecnologia, visando melhoria na qualidade da água produzida de forma a atender o que preconiza a Portaria de Consolidação Nº 5 de 28 de setembro de 2015 – Anexo XX.

METODOLOGIA

O experimento consistiu, basicamente, em clarificar água coagulada em diferentes taxas de filtração através de um filtro piloto com leito de pedregulho de 5 camadas. Um esquema semelhante ao utilizado é apresentado na Figura 1.

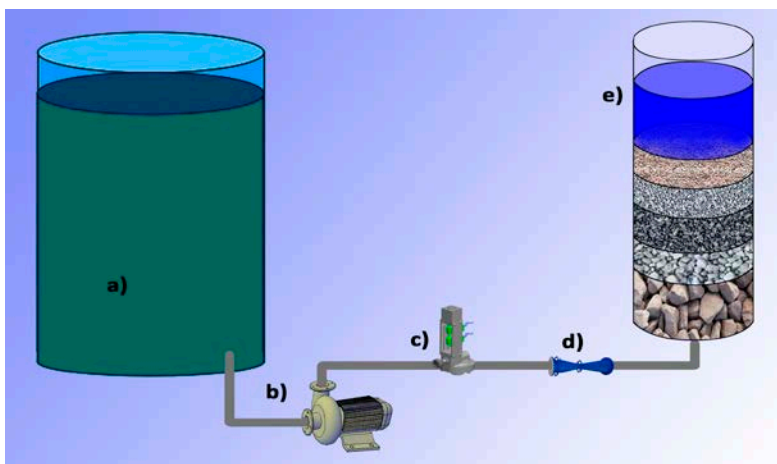


Figura 1: Esquema utilizado no teste do filtro piloto. a) Reservatório de água bruta; b) Rotâmetro; c) Bomba Centrífuga; d) Tubo de Venturi; e) FAP piloto.

Utilizou-se um rotâmetro com área variável e velocidade constante, com capacidade de 500 L.h⁻¹, responsável pelo ajuste da vazão, foi acoplada uma bomba centrífuga para sucção de água bruta. Na linha de recalque, de 0,75 polegada de diâmetro, foi instalado um Tubo de Venturi, onde se promoveu a mistura rápida dos ensaios. Na sequência, a água coagulada seguiu para o FAP piloto. Foram realizados 8 ensaios, a diferentes taxas de filtração, mantendo-se constante a dosagem de coagulante (Tabela 1). Após cada ensaio, mediu-se cor, turbidez, concentração de manganês e concentração de ferro da água tratada.

Tabela 1: Vazão e taxa de filtração utilizadas nos ensaios.

Ensaio	Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Taxa de Filtração $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$
1	0,000027	34,61
2	0,000041	52,56
3	0,000055	70,50
4	0,000069	88,45
5	0,000083	106,39
6	0,000097	124,34
7	0,000111	142,28
8	0,000125	160,23

ÁGUA BRUTA

A água bruta utilizada no experimento provém da ETA Castello Branco, responsável pelo abastecimento de parte da Região Metropolitana do Recife. Como mananciais dessa estação, tem-se os rios Capibaribe, Várzea do Una, Duas Unas e Tapacurá, sendo este último majoritário no fornecimento. Na Tabela 2, estão representadas características dessa água consideradas relevantes para análise do desempenho do filtro.

Tabela 2: Caracterização da água bruta utilizada nos ensaios.

Parâmetro	Valor
Cor (uC)	89
Turbidez (uT)	9,5
Concentração de Manganês ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	2,1
Concentração de Ferro ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,65
pH	7,3

COAGULAÇÃO

A mistura rápida procedeu-se no Tubo de Venturi. Para criar um gradiente de mistura em torno de 1000 s^{-1} , estrangulou-se a linha do tubo na entrada e na saída em todos os ensaios. Devido às características da água bruta, a coagulação foi realizada no mecanismo de adsorção-neutralização de cargas empregando-se somente sulfato de alumínio a uma concentração de 30 ppm.

FILTRAÇÃO

O filtro foi confeccionado em um suporte cilíndrico em acrílico, de diâmetro interno de 0,29 metro e altura de 1 metro, sendo que 0,58 metro era ocupado pelo meio filtrante e 0,42 m pela borda livre (Figura 2). Manteve-se a carga hidráulica da filtração constante, em torno de 0,3 m, em todos os ensaios.

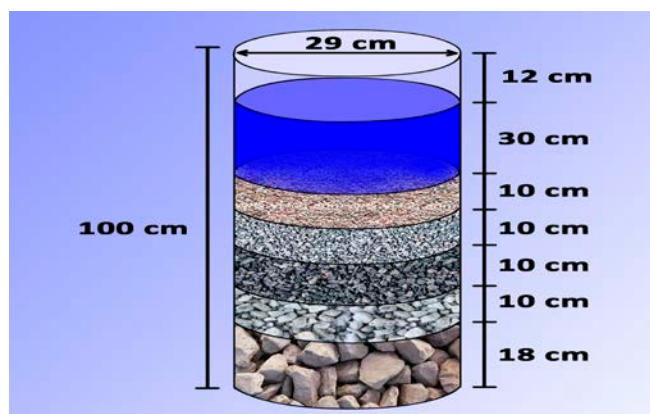


Figura 2: Modelo do FAP piloto.

A Tabela 3 mostra a estratificação do meio filtrante e suas respectivas características granulométricas.

Tabela 3: Caracterização do filtro piloto.

Camada	Espessura (cm)	Faixa de Diâmetro dos Grãos (mm)
1 ^a	18	19,05 – 25,40
2 ^a	10	12,70 – 19,05
3 ^a	10	4,76 – 12,70
4 ^a	10	2,41 – 2,52
5 ^a	10	2,20 – 2,52

A fim de se evitar uma diferença de velocidade brusca, cerca de 50 % da terceira camada foi construída a partir pedregulhos com diâmetro em torno de 2,52 mm. O complemento, faz correspondência ao exposto na Tabela 3.

De acordo com trabalhos realizados por Melo (2003) apud Braga (2005), o método de limpeza mais apropriado para filtros ascendentes de pedregulho (FAP) é a execução de descargas de fundo intermediárias (DFIs). No presente trabalho, o critério para a realização da limpeza do FAP foi o valor da turbidez do efluente do FAP. Quando o valor da turbidez efluente se aproximava de 10 uT, era realizada uma DFI simples, a fim de conter a elevação da turbidez. Ao total, foram realizadas quatro descargas de fundo. O tempo decorrido em cada descarga foi cronometrado, tendo seu fim indicado por um valor de turbidez do efluente igual ou menor a 5 uT.

RESULTADOS OBTIDOS

Na Tabela 4 abaixo, estão dispostos os valores de cor, turbidez, concentração de manganês e de ferro da água na saída do filtro piloto em cada ensaio.

Tabela 4: Parâmetros obtidos após os ensaios de filtração.

Ensaio	Taxa de Filtração (m ³ /m ² .dia)	Cor (uC)	Turbidez (uT)	Ferro (mg.L ⁻¹)	Manganês (mg.L ⁻¹)
1	34,61	3	0,22	ND*	ND*
2	52,56	4	0,25	ND*	ND*
3	70,50	4	0,3	ND*	ND*
4	88,45	4	0,35	ND*	ND*
5	106,39	5	0,42	ND*	ND*
6	124,34	6	0,51	ND*	ND*
7	142,28	8	0,55	ND*	ND*
8	160,23	20	3,5	1,3	0,45

ND*: não detectado

Os gráficos da Figura 3 e 4 mostram os valores finais de cor e turbidez e a eficiência de remoção desses parâmetros com relação à água bruta.

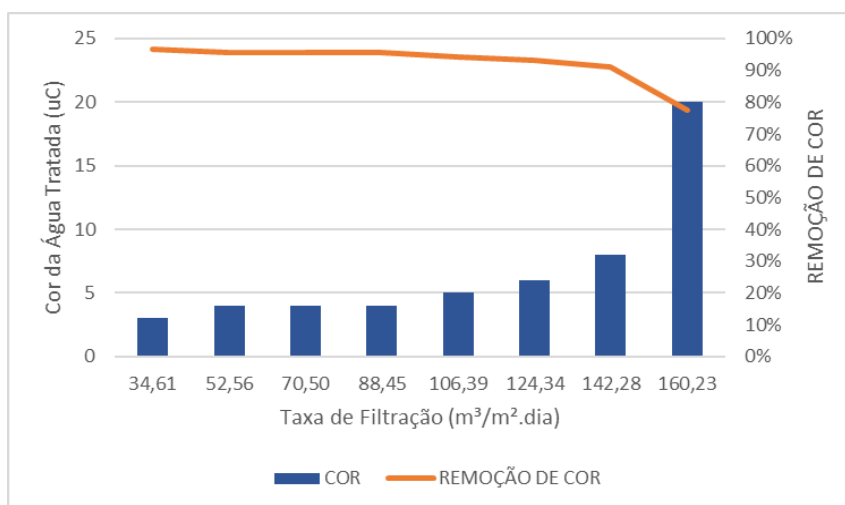


Figura 3: Cor da água tratada e eficiência de remoção de cor em função da taxa de escoamento. Fonte: Autor

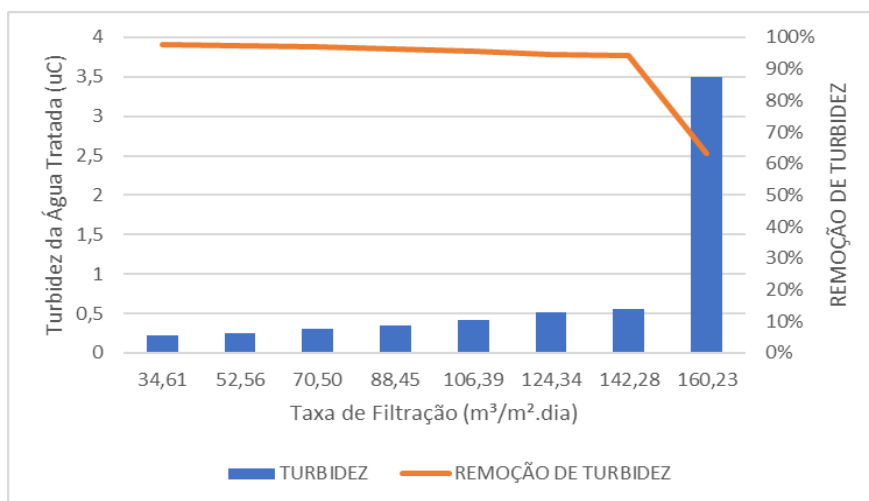


Figura 4: Turbidez da água tratada e eficiência de remoção de turbidez em função da taxa de escoamento. Fonte: Autor

Uma análise das Figuras 3 e 4 permite observar que para taxas de filtração compreendidas no intervalo de 34,6 m³/m².dia a 124,34 m³/m².dia, houve um elevado percentual de remoção de cor e turbidez, enquadrando-a nos padrões de potabilidade do Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 05 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde. Além disso, os teores de ferro e manganês foram reduzidos a concentrações inferiores ao limite de sensibilidade do método utilizado na determinação, tabela 4. É visível que, nessa faixa, o aumento da taxa de filtração pouco altera as eficiências de remoção de cor e de turbidez. Porém, para taxas superiores à 142,28 m³/m².dia, há uma redução acentuada, atingindo valores inferiores a 80% de remoção. Ao operar-se o filtro com uma taxa de 160,23 m³/m².dia, as eficiências de remoção de ferro e manganês, tabela 4, são ainda menores, inferiores à 40 %. Esse fato é decorrente da provável fluidificação das camadas 4 e 5 a 160 m³/m².dia.

RESULTADOS OBTIDOS

A tecnologia atual para tratamento da água bruta utilizada nestes testes é do tipo convencional, aplicando uma dosagem de coagulante igual a 75 ppm e filtração descendente em leitos de areia, filtros rápidos por gravidade. Ademais, os filtros do tipo FAP disponíveis pela empresa responsável pelo tratamento operam com taxas de até 80 m³/m².dia.

Os ensaios com o FAP piloto indicam a possibilidade de operação com taxas superiores (35 a 160 m³/m².dia) à que atualmente se dispõe. Sendo assim, se comparado aos tratamentos que utilizam FAPs com até 80 m³/m².dia, mostra-se como uma alternativa que concorre na produção do mesmo volume de água tratada com menor número de unidades filtrantes. Ainda sob o ponto de vista operacional, apresenta vantagens sobre o tratamento convencional por reunir floculação, decantação e filtração em uma única operação. Também é importante atentar para a limpeza dos filtros. Enquanto que no sistema convencional são feitas lavagens sucessivas com ar e água, na experiência com o FAP, descargas de fundo intermediárias com duração de 38 a 41 segundos foram suficientes para conter o aumento da turbidez do efluente, indicativo de uma possível redução no consumo de ar/água de lavagem e de energia.

Outro ponto relevante evidenciado neste experimento é a economia de coagulante, uma vez que foram encontrados valores satisfatórios de remoção com dosagens de 30 ppm de sulfato de alumínio, o que representa uma redução de 60% na dosagem utilizada na ETA Tapacurá.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os ensaios realizados com o filtro ascendente de pedregulho de 5 camadas permitiram observar alguns aspectos principais, são eles:

- Possibilidade de operação do FAP com taxas de filtração superiores às que normalmente se opera, concorrendo para a produção de um volume de água tratada maior ou redução do número de unidades filtrantes para tratar o mesmo volume do fluido;
- Economia de água de lavagem de filtros e de energia, frente ao fato de descargas de fundo terem se mostrado satisfatórias na limpeza do FAP;
- Economia de coagulante, uma vez que a dosagem de sulfato de alumínio é 60% menor que a utilizada na estação de tratamento de água Tapacurá de onde originou-se a água bruta em estudo.
- A água produzida no FAP em estudo, atende ao que preconiza a portaria de potabilidade atual.

Dessa forma, fica evidenciado que é válido o teste de filtros do tipo FAP leito de características semelhantes ao deste trabalho, 5 camadas, em planta para observar a performance e avaliar a possibilidade de implementação desta técnica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAGA, F. M. G. Dupla filtração em filtros ascendentes de pedregulho e filtros descendentes de areia aplicada à remoção de algas: influência da taxa de filtração e granulometria do filtro de areia. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria da Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2017
3. DI BERNARDO, L. Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta. 1ª edição. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.
4. GUSMÃO, P. T. R.; DI BERNARDO, L. Desempenho da Dupla Filtração Utilizando a Filtração Ascendente em Pedregulho e em Areia Grossa, 2015. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/dlxx.pdf>> Acesso: 26/10/2018.