



FILTRAÇÃO POR POROS CONTROLADOS — PLANTA PILOTO — ETA DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ

Ariel Humberto da Rosa Bloemer⁽¹⁾

Cursando técnico em controle ambiental.

Ricardo de Oliveira⁽²⁾

Licenciado em química.

Eduardo Kim⁽³⁾

Engenheiro civil.

Marta Eliane Doumer⁽⁴⁾

Bacharel em química ambiental, licenciatura em química, mestrado em ciência do solo e doutorado em química inorgânica.

Joanna Ferreira Godingo⁽⁵⁾

Bacharel em química tecnológica, licenciatura plena em química e mestrado em engenharia química.

Endereço⁽¹⁾: Rua Berlim, 173 - Santa Regina - Camboriú - Santa Catarina - CEP: 88345-596 - Brasil - Tel: +55 (47) 99999-4929 - e-mail: arielbloemerifc@gmail.com.

RESUMO

O crescimento populacional significativo nos grandes centros urbanos, acarreta um aumento proporcional no consumo de água. Esse cenário exige a constante ampliação das redes de tratamento para suprir a crescente demanda. Nesse contexto, o Filtro de Poro Controlado (PCF) emerge como uma solução promissora. O PCF é um filtro modular inovador, caracterizado pela capacidade de controle de seus poros, otimizando a eficiência da filtração. Sua composição baseia-se em fibras de polipropileno dispostas verticalmente e conectadas a duas extremidades que proporcionam movimento de tensão (com o distanciamento entre as extremidades) nas fibras e relaxamento (com a aproximação das extremidades). Testes de desempenho, com uma turbidez de entrada média de 58,14 NTU, revelaram um funcionamento excepcional em baixos valores de turbidez. Nessas condições, a eficiência de remoção chegou a 99,60%. Em situações de elevada turbidez, a média de remoção alcançou 99%. A análise da cor da água seguiu o padrão da turbidez, permanecendo assim como os parâmetros de pH e condutividade elétrica, consistentes com os da literatura existente. Em relação à remoção de ferro, manganês e matéria orgânica, os valores obtidos foram considerados excelentes, superando a eficiência de sistemas convencionais.

PALAVRAS-CHAVE: PCF, turbidez, tratamento de água.

CONTEÚDO DO TRABALHO

A água é recurso fundamental para o desenvolvimento e vida terrestre, participando ativamente de diversos processos biológicos e químicos. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2016), cita que cada ser humano necessita, em média, de 100 litros de água por dia para suprir suas necessidades básicas de consumo, higiene e saneamento (SISAR, 2017). Tal estimativa evidencia a imperativa necessidade da disponibilidade e do acesso à água em quantidade e qualidade adequadas.

Hodiernamente, com o intenso processo de urbanização, observa-se um crescimento significativo da população nos grandes centros urbanos, provocando aumento proporcional no consumo de água. Tal cenário exige a ampliação das redes de abastecimento e tratamento, a fim de suprir a demanda crescente (MIERZWA et al, 2008, p. 79). No entanto, a expansão de Estações de Tratamento de Água (ETAs) representa um processo oneroso, especialmente quando essas estruturas estão localizadas a grandes distâncias dos mananciais de captação. Isso implica na necessidade de ampliação dos sistemas de adução, dos equipamentos da estação e do espaço físico, além do aumento dos custos operacionais, como o consumo de energia e produtos químicos.



Como alternativa para a descentralização e otimização dos sistemas de tratamento, surgem as Estações de Tratamento de Água Compactas. Esses sistemas visam realizar o tratamento em menor espaço físico e tempo reduzido, possibilitando a diminuição dos custos de implantação e operação. De modo que, uma ETA convencional demanda de grandes estruturas, como unidades de mistura rápida, floculadores, geralmente hidráulicos, decantadores horizontais e filtros, levando a necessidade de grandes espaços para sua operação. Uma ETA compacta se destaca por utilizar um sistema único e integrado para realizar o tratamento de água, simplificando o processo. Além disso, o tempo de tratamento em unidades convencionais é significativamente maior, variando conforme a literatura, mas geralmente em torno de 2,5 horas (CAVAZZANA et al., 2008, P.127). Em contraste, a ETA compacta pode realizar o tratamento de água em um tempo substancialmente reduzido, graças à sua capacidade de realizar todo o processo de tratamento de forma integrada e simultânea. Essa redução no tempo de tratamento não somente aumenta a eficiência do processo, mas também permite uma resposta mais rápida às necessidades de água tratada, tornando-a uma opção atraente para aplicações em diversas escalas.

A bacia hidrográfica do rio Camboriú compreende uma área de 184,75 km², envolvendo os municípios de Balneário Camboriú e Camboriú (GRANEMANN; ESPINOSA, 2013, P. 1). Não somente, o rio Camboriú é o responsável por suprir a necessidade hídrica de ambas as localidades, sendo a fonte de captação para ETA.

Para verificar se água proveniente do tratamento com o PCF atendiam aos padrões previsto na legislação, foram analisados alguns padrões de potabilidade: turbidez, uma propriedade da água que deve ser devida à presença de partículas em suspensão, cujos tamanhos variam desde suspensões grosseiras até coloides, que provoca a absorção e dispersão da luz incidente na água, conferindo à água uma aparência turva (LIBÂNIO, 2016, p. 37); cor, que corresponde a reflexão da luz nos coloides, substâncias dissolvidas ou em suspensão com dimensões inferiores a 10 µm, produz cor na água conforme o material constituinte destas partículas. A cor da água, em muitos casos, é causada por ácidos húmicos e taninos originados da decomposição de matéria vegetal, o que, apesar de afetar sua aparência, geralmente não representa risco à saúde humana. Também pode resultar da presença de compostos metálicos, como ferro e manganês lançados ao ambiente aquático (LIBÂNIO, 2016, p. 33); o potencial hidrogeniônico, sendo a medida da concentração de íons hidrogênio (H⁺) presentes na água, sendo utilizado para expressar a intensidade de acidez da solução. No contexto do tratamento de água, cada etapa do processo apresenta um valor de pH ideal, sendo importante seu acompanhamento ao longo das fases do tratamento para garantir a melhor eficiência (RICHTER, 2003); a condutividade elétrica (CE), medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica em função da presença de íons de sais dissolvidos na solução. Quanto maior for a concentração desses íons, maior será a CE do meio. A presença de sais pode indicar o grau de salinização ou poluição da água (Richter, 2009, p. 73); concentração de ferro e manganês, é habitualmente encontrado nas águas, geralmente associado à dissolução de rochas e minerais. Temos ainda, a matéria orgânica, que compreende uma vasta gama de compostos carbonáceos, incluindo substâncias húmicas (ácidos húmicos e fulvicos). Concentrações elevadas causam problemas relacionados ao sabor, odor, manchas em tecidos, interferência em processos industriais e ao aparecimento de bactérias ferruginosas nocivas (MORUZZI; REALI, 2012, p. 30). Sua origem pode ser natural, decorrente da decomposição de vegetação e escoamento de solos, ou antropogênica, proveniente de esgoto doméstico e industrial, bem como de efluentes agrícolas. Em redes de distribuição, serve como nutriente para bactérias, favorecendo a formação de biofilmes e causando problemas de qualidade da água, como alterações de gosto e odor (BERNARDO; DANTAS, 2012).

Neste contexto, este trabalho delimita-se ensaios de bancada em condições controladas, para avaliar a eficiência de tratamento da Fibra de Controle de Poros, PCF (do inglês Pore Control Fiber), em ETAs compactas. Apesar de não contemplar ensaios em escala de planta real, utilizando sistema de filtros em séries, os resultados forneceram parâmetros e estimativas do bom funcionamento das fibras. Vale ressaltar que a literatura científica sobre a PCF ainda é escassa, e este estudo é pioneiro no Brasil. Realizou -se análises abrangentes, incluindo parâmetros como cor, turbidez, condutividade, pH, matéria orgânica, manganês e ferro. É importante destacar que indicadores, como a Cor não foram avaliados em pesquisas anteriores com a PCF, enriquecendo o panorama do seu desempenho. Espera-se, assim, oferecer informações técnicas para incorporação de novas tecnologias de filtração visando o avanço do saneamento básico e seu potencial na implementação no auxílio ou substituição das ETAs tradicionais.

METODOLOGIA

ÁGUA BRUTA

Para as análises aqui descritas, a água bruta foi coletada no interior da ETA, imediatamente antes da calha Parshall, dessa forma, preservaram-se as características físico-químicas originais da água captada, desse modo



foi possível analisar os parâmetros da água bruta durante o período de monitoramento, que compreendeu as datas de 17/03/2025 a 24/04/2025. Apresenta-se na Tabela 1 as características da água bruta empregada no processo de filtração. Observou-se que os parâmetros de condutividade elétrica e pH estavam em conformidade com as expectativas, indicando condições físico-químicas dentro dos padrões usuais. Por outro lado, os valores médios de cor e turbidez revelaram-se elevados, sugerindo a presença significativa de material em suspensão e substâncias que conferem coloração à água. É fundamental destacar que, no período de amostragem, operações de dragagem a montante do ponto de captação elevaram a turbidez média de entrada da estação, o que usualmente se situa entre 9 a 20 NTU.

Tabela 1 - Características da água bruta durante o período de estudo

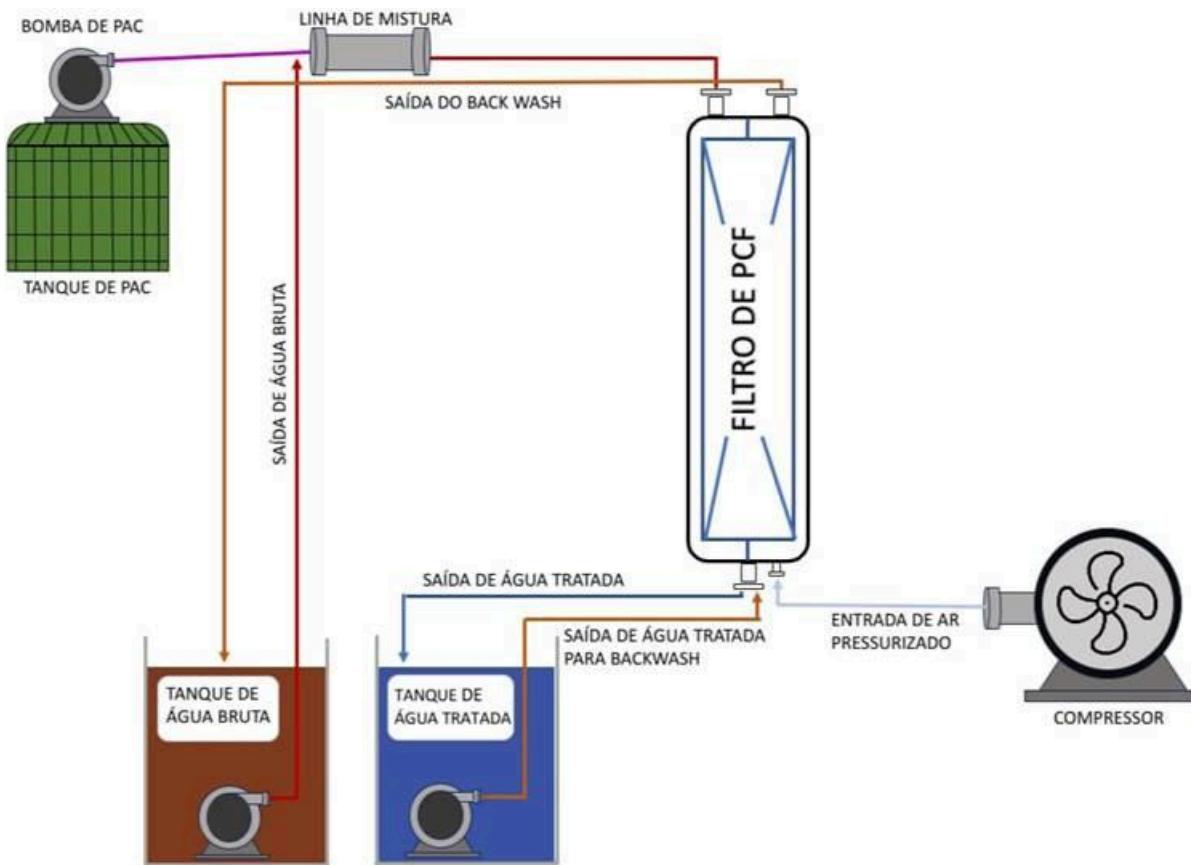
Parâmetros	Turbidez baixa	Média	Turbidez alta
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	124.7 - 128.3	134,58	133.1 - 160.3
Cor (UC)	101 - 141	147,82	144 - 211
pH	6.68 - 6.93	6,40	6.97 - 7.17
Turbidez (NTU)	25.4 - 35.58	58,14	50.07 - 98.91

Fonte: Os autores (2025).

FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO

O processo de tratamento é conduzido em dois modos operacionais principais: filtragem e retrolavagem. Na fase de filtragem, as aberturas entre as fibras são ajustadas, por meio da pressurização dos feixes de fibras na superfície interna perfurada do filtro. O efluente coagulado é então bombeado para o filtro. A retrolavagem é iniciada com a ampliação das aberturas entre as fibras, liberando o meio filtrante pressurizado. Concomitantemente, água e ar de retrolavagem são introduzidos no filtro: a água com a mesma vazão de filtragem e o ar na parte inferior do filtro. Os componentes e a estrutura do sistema podem ser observados na figura 1.

Figura 1 - Diagrama de fluxo esquemático do sistemas PCF



Fonte: Elaboração própria (2025).

MEIOS FILTRANTES

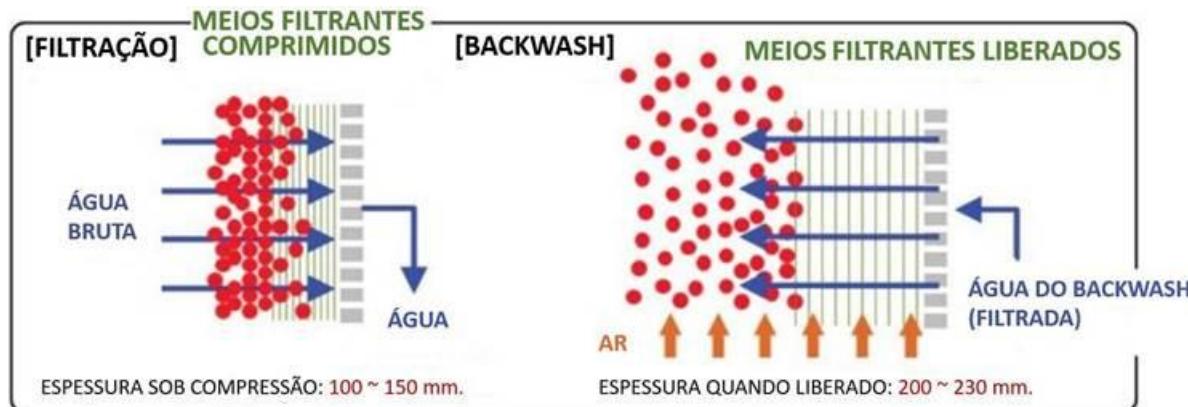
O Filtro PCF se destaca como uma tecnologia inovadora no tratamento de água devido à sua estrutura e mecanismo de operação. Trata-se de um filtro modular, com a capacidade de ter seus poros controlados, o que otimiza tanto a eficiência da filtração quanto a facilidade de sua limpeza. Cada filtro PCF é composto por 220 unidades de fibra, e cada uma dessas unidades, por sua vez, é formada por um aglomerado de 200 a 600 fibras de polipropileno. Essas fibras possuem um diâmetro de 43 µm e um comprimento de 920 mm, sendo intrinsecamente entrelaçadas (YUN et al, 2021, p.70). Essa configuração permite que os poros sejam ajustados precisamente, garantindo um desempenho superior na remoção de partículas e, simultaneamente, simplificando o processo de retrolavagem.

O funcionamento do PCF ocorre em duas etapas principais, ilustradas conceitualmente na Figura 2:

- Filtração (Lado direito da Figura 2): Nesta fase, o filtro é submetido a uma pressão física. A água a ser tratada flui através das fibras de polipropileno, e a estrutura porosa do filtro retém os detritos e impurezas, permitindo a passagem apenas da água limpa. A capacidade de ajuste dos poros é crucial aqui, ao permitir otimizar a remoção de partículas de diferentes tamanhos, adaptando-se às características da água bruta.
- Retrolavagem (Backwash - Lado esquerdo da Figura 2): Após um período de operação, os poros do filtro podem acumular sujeira, comprometendo sua eficiência. Para solucionar isso, o filtro é liberado da pressão de filtração e submetido a um processo de retrolavagem. Este processo consiste na aplicação de água limpa e, frequentemente, ar comprimido em sentido contrário ao fluxo de filtração. A inversão do fluxo e a agitação promovida pelo ar auxiliam no desprendimento das partículas acumuladas nas fibras, restaurando a capacidade de filtração do sistema. A facilidade de desprendimento das sujeiras é uma característica vantajosa do PCF, ao otimizar o tempo de inatividade para manutenção



Figura 2 - Funcionamento do filtro em modo filtração e modo BACKWASH



Fonte: Elaboração própria (2025).

EQUIPAMENTOS USADOS PARA ANÁLISE

A Tabela 2 detalha os **modelos e marcas dos equipamentos** utilizados para a realização de cada análise laboratorial.

Tabela 2 - Equipamentos utilizados para cada análise

Parâmetros	Unidade	Instrumento	Modelo e Marca
CE	$\mu\text{S}/\text{cm}$	Multimedidor de bancada	HQ440D (Hach)
Cor	UC	AQUACOLOR COR	V.3.26B (Policontrol)
pH	-	Multimedidor de bancada	HQ440D (Hach)
Turbidez	NTU	Turbidímetro	Turbiquant1100IR (Merck)
MO, Ferro e Manganês	Mg/L	Espectrofotômetro	DR6000 (Hach)

Fonte: Os autores (2025).

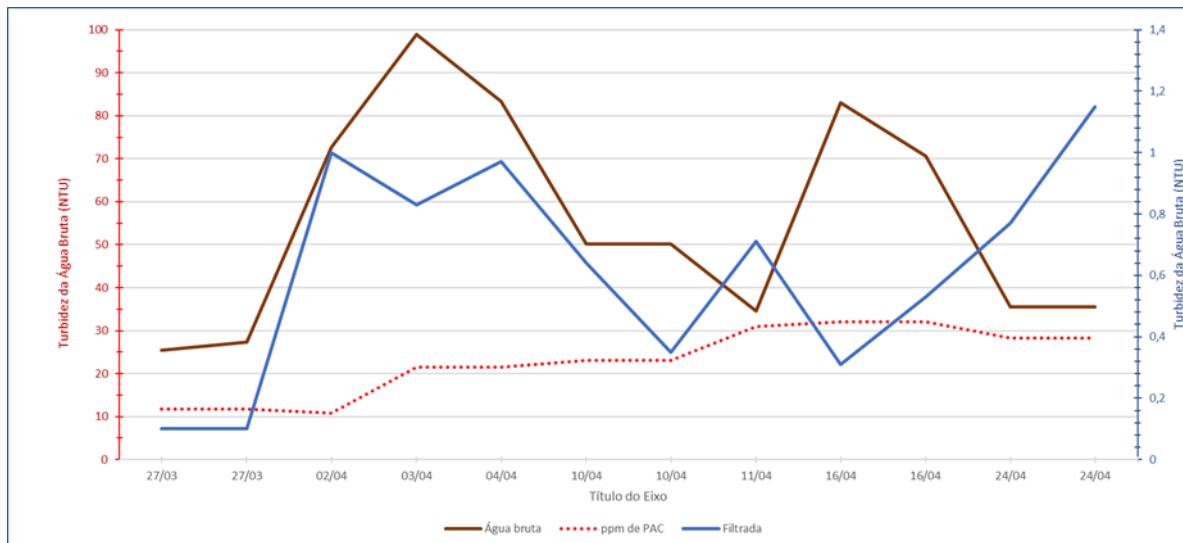
RESULTADO E DISCUSSÕES

TURBIDEZ

Subsequente aos testes com o equipamento, foram coletadas amostras de água tratada e submetidas a análises laboratoriais. O dispositivo em questão opera através de dosagem automática de coagulante, com base em uma relação de relação volume tempo predefinida, passando pela filtragem imediatamente após a adição. O que possibilitou a avaliação do comportamento de diferentes volumes de coagulantes na água. A figura 3 compara a turbidez inicial, da água bruta, com a final, da água filtrada. Observa-se três fatores preponderantes na eficiência do processo: a turbidez inicial, concentração usada de coagulante e a data da coleta das amostras.

Os menores valores de turbidez da água bruta foram registrados em 27 de março, estando na faixa de 25 - 27 NTU. Estes dados, em conjunto a dosagem de 11,8 ppm, apresentaram uma turbidez final de 0,1 NTU, indicando alta eficácia no tratamento quando comparado ao trabalho como o de Kim, Min e Cho (2010), o qual trabalhou com uma turbidez menores, com valores máximos em torno de 20 NTU, e obteve valores de seu filtrado permanecendo na faixa de 0,29 a 0,30 NTU.

Figura 3 - Variações entre turbidez da água bruta e águas com 3 ou 4 filtrações por PCF.



Fonte: Elaboração própria (2025).

ALTA TURBIDEZ

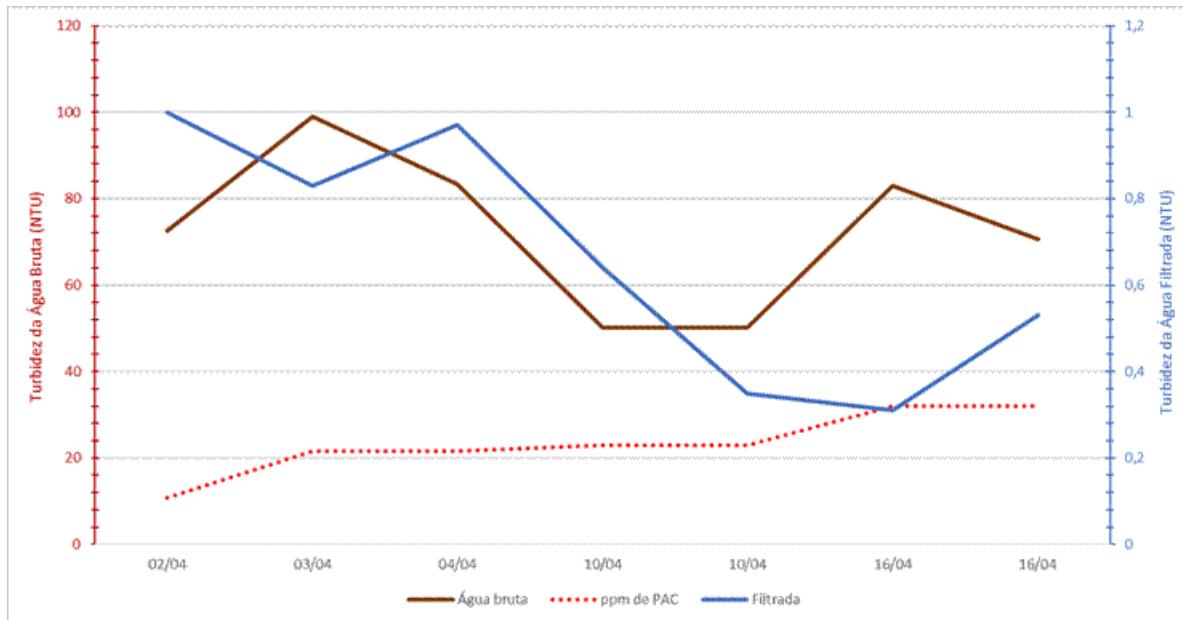
Cabe ressaltar que, ao comparar com os achados de Yun *et al.* (2021) e Lim & Kim (2019)—os quais apresentaram uma turbidez média de 24,9 NTU e uma taxa de remoção média de 99,7% e 5,7 NTU de entrada e uma taxa de 96%—este estudo lidou com uma turbidez inicial consideravelmente superior, com média de 58,14 NTU. Mesmo assim, obteve-se uma elevada taxa de remoção média de 98,9%, evidenciando a grande eficiência do sistema no tratamento de águas com altos níveis de turbidez.

A persistência de elevados níveis de turbidez em determinadas amostras, as quais não atendiam aos critérios de qualidade após a terceira filtração, demandou a aplicação de filtrações adicionais.

O comportamento do filtro foi compreendido através da avaliação do número de passagens (filtrações adicionais após *backwash*). Estes resultados demonstram a correlação positiva entre o número de passagens pelo filtro e a otimização do processo, embora se observe que as amostras coletadas no final do período de monitoramento nem sempre alcançaram os padrões desejados. Nesse sentido, a figura 4 corrobora a eficácia desta abordagem, indicando que após uma quarta passagem pelo filtro, reduziu-se a turbidez para valores em torno de 0,4 NTU (nos dias 10 e 16/04) e 0,7 NTU (para o dia 24/04). Esse efeito é melhor ainda delineado pelos dados da Tabela 3. Nela vemos que a eficiência de remoção da turbidez aumentou progressivamente com o incremento das filtrações. Isso confirma que a quarta etapa de filtração foi de suma importância para a adequação dos valores de turbidez desejados, reforçando as observações supracitadas.



Figura 4 - Variações entre altos valores de turbidez da água bruta e águas com 3 e 4 filtrações por PCF.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Ademais, a média de remoção, com somente uma filtração, já apresentou bom resultado, removendo 89,45% do material particulado. Em síntese, mesmo apresentando valores médios de turbidez altos, conseguiu-se obter uma de saída de até 0,31 NTU, valor próximo ao trabalho de Lim e Kim (2019) que com níveis baixos obteve uma média de 0,24 NTU.

Foi notável que, no final do período de pesquisas, a eficiência do tratamento decresceu. Este declínio é provavelmente atribuído ao desgaste progressivo das fibras filtrantes e ao acúmulo de material particulado, recalcitrando mesmo após ciclos de retrolavagem. Essa tendência é confirmada quando avaliada a questão da turbidez, ainda que com cerca de 35 NTU na entrada, e a necessidade de maiores dosagens coagulantes, os valores finais não se aproximaram dos obtidos no início da pesquisa. Em 24 de abril, por exemplo, a eficiência média de remoção foi de 97,3%, sugerindo uma limitação na capacidade de tratamento sob condições de degradação de material filtrante.

Tabela 3 - Eficiências de remoção da turbidez (NTU) com diferentes números de passagem pelo filtro.

Data	AB	1F	2F	3F	4F
27/03	25,4	1,32	0,34	0,1	-
27/03	27,4	4,88	0,78	0,1	-
02/04	72,6	4,55	1,01	1	-



03/04	98,91	13,02	1,26	0,83	-
04/04	83,35	10,02	1,3	0,97	-
10/04	50,7	2,13	3,8	0,64	0,35
11/04	34,5	3,21	1,33	0,71	0,72
16/04	83,07	5,02	2,22	1,72	0,31
16/04	70,54	7,82	2,7	0,9	0,53
24/04	35,58	9,36	3,93	1,15	0,77
Média	58,14	6,13	1,87	0,81	0,54
Remoção (%)	-	89,45	96,79	98,6	99,08

Fonte: Elaboração própria(2025).

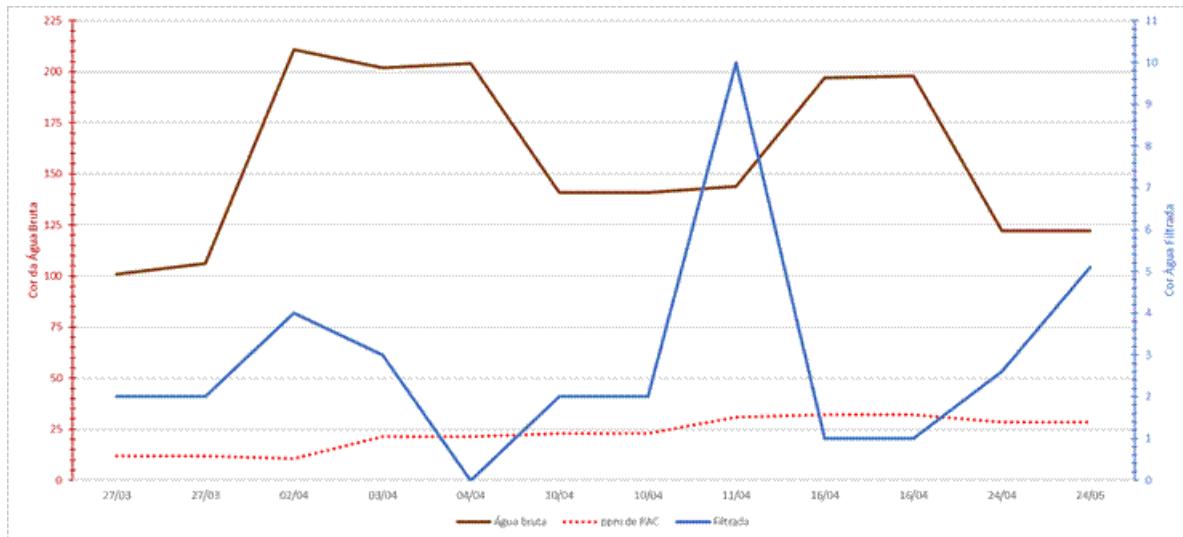
AB-água bruta; 1F-uma filtração; 2F-duas filtrações; 3F-três filtrações e 4F-quatro filtrações.

COR

Diferentemente da literatura disponível sobre o PCF, este trabalho inovou com a inclusão do parâmetro de cor para a qualidade do filtrado. A cor verdadeira é um parâmetro analítico com relação muito forte com a turbidez, que quando calculado obtém-se 0,94 na relação de Pearson, que se torna acessível após a efetiva remoção da turbidez. Assim, o processo de coagulação demonstra ser altamente eficaz na remoção de ambos os parâmetros. Ao longo do período experimental, a água bruta consistentemente exibiu níveis elevados de cor. Contudo, a eficiência do processo na remoção da turbidez se manteve dentro dos padrões, com os valores de saída da água filtrada permanecendo nos limites ideais conforme a portaria 888, 2021 (BRASIL, 2021), não necessitando de etapas de filtração adicionais exclusivas para este parâmetro. Conforme os resultados, apresentados na figura 5, demonstraram uma relação inversamente proporcional entre a dosagem de coagulante e os valores de cor da água filtrada, em consonância com os princípios abordados na literatura. Adicionalmente, elevações abruptas na cor da água bruta no início do processo impactaram a cor da água tratada, demandando um ajuste da dosagem de coagulante para restabelecer a qualidade desejada, como visto na figura, o dia 04/04 serve como exemplo de resposta eficaz. Por fim, os dados de 16/04 exemplificam um comportamento padronizado do sistema de filtração na remoção da cor, onde dosagens de coagulante consistentes resultaram em desempenho similar para entradas de cor da água bruta comparáveis.



Figura 5-Variações entre a cor da água bruta e das águas com 3 ou 4 filtrações por PCF.



Fonte: Elaboração própria (2025).

pH E CE

A Tabela 4 apresenta os parâmetros de pH e CE monitorados. A redução do pH verificada está conforme as expectativas da literatura, dada a adição de Policloreto de Alumínio (PAC), que, por sua natureza ácida, tende a diminuir o pH da solução aquosa. Já a condutividade elétrica, embora a remoção de partículas suspensas por coagulação e filtração possa diminuir a concentração de íons, a introdução de íons provenientes do PAC pode influenciar o valor final da condutividade. Dessa forma, a análise da CE serve como um parâmetro complementar na avaliação da eficiência do tratamento e na indicação da presença de substâncias dissolvidas na água.

Tabela 4- Comparação de pH e CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) entre água bruta e após filtragens

Data	Água bruta		Água filtrada	
	CE	pH	CE	pH
27/03	128	6,93	155,9	6,54
27/03	124,7	7,01	138,4	6,85
02/04	126,4	6,68	150,3	6,73



03/04	140,9	7,02	166,5	6,83
04/04	137	6,97	162,1	5,97
10/04	133,14	6,9	172,5	6,43
11/04	134	6,81	157,7	6,71
16/04	160,3	7,06	167,8	6,73
16/04	133,1	7,17	167,7	7,01
24/04	128,3	7,16	172,1	7,63
Média	134,58	6,97	146,45	6,13

Fonte: Elaboração própria (2025).

FERRO, MANGANÊS E MATÉRIA ORGÂNICA

A remoção de matéria orgânica (MO) em tratamentos convencionais é condicionada por um teor adequado de oxigênio dissolvido (OD) e um tempo de retenção suficiente no meio filtrante. Nesses sistemas, a filtração lenta é o método usualmente empregado em ETAs convencionais, com eficiências de remoção variando entre 23 e 30% (KIM, MIN e CHO., 2011, p. 342). Em contrapartida, os resultados da tabela 5 evidenciam eficiências de 88% a 95%, alcançadas em tempos de tratamento substancialmente menores que os convencionais. A eficácia na remoção de ferro foi notável, atingindo 100% do presente na água bruta, patamar superior ao da filtração lenta, que geralmente se situa em torno de 92,7% (VERAS, 1999, p. 83). A remoção de manganês também se destacou, com uma eficiência de até 93,2%. Esses resultados eram esperados, com o bom desempenho já demonstrado na remoção de cor e turbidez, uma vez que compostos orgânicos, ferro e manganês são frequentemente responsáveis pela coloração indesejada.



Tabela 5 - Mg/L de ferro, manganês e MO da água bruta e após filtrações.

Parâmetros	AB	1F	2F	3F	4F
Ferro	2,29	0,16	0,6	0,04	0
Manganês	0,3	0,06	0,03	0,03	0,05
MO	35,54	3,91	2,38	1,98	1,65

Fonte: Elaboração própria (2025).

AB-água bruta; 1F-uma filtração; 2F-duas filtrações; 3F-três filtrações e 4F-quatro filtrações.

CONCLUSÕES

Este estudo alcançou seu objetivo principal de avaliar o comportamento individual de um filtro PFC. Com a ausência de um período de repouso para a água após a adição do coagulante, as análises efetuadas forneceram informações fundamentais para nortear futuras investigações aprofundadas sobre novas tecnologias no saneamento ambiental.

Os parâmetros analisados demonstraram que o filtro PFC manteve-se na maioria dos Valores Permitidos Máximos (VPMs) para consumo humano para potabilidade da água, estabelecidos pela portaria 888/2021 (BRASIL, 2021). Contudo, para afirmar sua aplicabilidade em larga escala no tratamento de água, são imprescindíveis pesquisas mais aprofundadas e em um período estendido, incluindo a análise de mais parâmetros e a utilização de uma planta em tamanho convencional.

Durante o período de análises, observaram-se significativas alterações nas condições da água bruta, o que, por um lado, possibilitou a avaliação do desempenho do sistema em diferentes cenários. Por outro lado, essa variabilidade dificultou a operação sob condições mais homogêneas para a observação de padrões consistentes. Para baixos valores de turbidez na entrada, o sistema demonstrou alta eficiência de remoção. Em situações de elevada turbidez, a média de remoção foi ligeiramente menor. A cor acompanhou o padrão da turbidez, mantendo-se em conformidade com a sua VPM estabelecida. Os parâmetros de pH e CE apresentaram resultados consistentes com a literatura. Em relação ao ferro, manganês e matéria orgânica, os valores obtidos foram considerados excelentes, superando a eficiência de sistemas convencionais nessas três categorias.

Em suma, o filtro PFC demonstra um grande potencial para inovação nas tecnologias de saneamento básico. Sua utilização representa uma solução eficaz para o tratamento descentralizado e desafogamento às ETAs convencionais em períodos de maior consumo. Além disso, seu potencial como substituto de ETAs tradicionais deve ser considerado. O espaço físico reduzido demandado e a velocidade do processo são dois fatores cruciais para a implantação do sistema, uma vez que a maior velocidade de tratamento permite um maior volume de água tratada em um curto período, com custos de construção e operação potencialmente menores.

FORMATO DO TRABALHO

Todo o trabalho deverá ser formatado para um **tamanho de página A4** (210 X 297 mm), com espaçamento entre linhas SIMPLES, estilo normal, seguindo a orientação de retrato (**a orientação de paisagem não é**



permitida), limitado por margens superior de 3 cm, inferior de 2,54 cm, esquerda e direita de 2,66 cm. Definir o cabeçalho de 1 cm e o rodapé de 1,5 cm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde, [2021]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 15/05/2025.
2. CAVAZZANA, T.L., MATSUMOTO, T., LIBÂNO, M. Avaliação da Floco-decantação de manta de lodo associada à decantação de alta taxa no tratamento de águas de consumo humano. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/knDzT9GqkMXRmpZkshXCQCC/#:~:text=O%20presente%20trabalho%20objetiva%20avaliar%20a%20efici%C3%A1ncia%20de,%20turbidez%2C%20utilizando%20pol%C3%ADmero%20cati%C3%B4nico%20como%20coagulante%20prim%C3%A1rio>. Acesso em: 15/05/2025
3. DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/tNyfCDcDBYK9VMwXMMQqnJP/>. Acesso em: 15/05/2025.
4. GRANEMANN, A.R.B., ESPINOSA, H.R.M. Horizonte temporal do uso dos recursos hídricos na bacia do rio Camboriú. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013_PAP012496.pdf#:~:text=Resumo%20-%20A%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica%20do%20rio%20Cambori%C3%BA,temporal%20de%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20dos%20recursos%20h%C3%A1dricos%20da%20bacia. Acesso em: 15/05/2025.
5. KIM, S.-H.; MIN, C.-S.; CHO, J. Comparison of different pretreatments for seawater desalination. Desalination and Water Treatment, v. 32, n. 2011, p. 339-344, ago. 2011.
6. LIBÂNO, Marcelo. Fundamentos de qualidade e tratamento de água 4. ed. Campinas: Editora Átomo, 2016.
7. LIM, H.; KIM, S. Comparison and application method of seawater desalination pre-treatment process. Journal of Korean Society of Water and Wastewater, v. 33, n. 6, dez. 2019.
8. MIERZWA, J. C. et al. Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 78-87. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/k9TqqXXDXmcxRnyqHPXKQfd/#:~:text=Neste%20trabalho%20%C3%A9%20apresentada%20uma%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20comparativa%20preliminar,junto%20%C3%A0%20apta%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1gua%20no%20Reservat%C3%B3rio%20Guarapiranga>. Acesso em: 15/05/2025.
9. MORUZZI, R. B.; REALI, M. A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 4, n. 1, p. 29-43, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/134886>. Acesso em: 15/05/2025
10. NASCIMENTO, C.A.; STAGGEMEIER, R.; LUCENA, C.L.; OSORIO, D.M.M.; SPILKI, F.R. I-199 - Comparação da eficiência de remoção de coliformes termotolerantes e turbidez entre sistema convencional e floco decantador de manta de lodo em tratamento de água para consumo humano (estudo de caso). Disponível em: https://abes-dn.org.br/anaiseletronicos/22_Download/TrabalhosCompletosPDF/I-199.pdf. Acesso em: 15/05/2025.
11. PATRIZZI, Leila Jorge. Remoção de ferro, manganês e substâncias húmidas de águas para abastecimento, com uso de flotação por ar dissolvido de alta taxa e oxidação química. São Carlos, 2002. Tese de



doutorado-Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: <http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/4886>. Acesso em: 15/05/2025.

12. RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETO, J. M. Tratamento de água: tecnologia atualizada. 5. reimpr. São Paulo: Edgard Blucher, 2013.

13. SISAR. O notável modelo de acesso à água de qualidade. ÁGUAS DO BRASIL. [s. l.], 2017. Disponível em: <https://aguasdobrasil.org/artigo/sisar/>. Acesso em: 15/05/2025.

14. VERAS, Luciana Rodrigues Valadares. Tratamento de água superficial por meio de diferentes alternativas da tecnologia de filtração em múltiplas etapas. São Carlos, 1999. Tese de doutorado-Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1999. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-18062024-154518/publico/Veras_Luciana_tese.pdf. Acesso em: 15/05/2025.

15. YUN, C. *et al.* Performance evaluation for the improved PCF filter to apply to the water treatment plant (WTP). Desalination and Water Treatment, [s. l.], v. 227, p. 68-85, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398624087952>. Acesso em: 15/05/2025.