

## **ESTUDO DE COMPARAÇÃO DE UM REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO EM ESCALA PILOTO E REAL PARA POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO RURAL**

**Alcione Aparecida de Almeida Alves** <sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pelo Centro Universitário Dinâmica das Cataratas (UDC), Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

**Júlia Villela Toledo Ferreira** <sup>(2)</sup>

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

**Stefani Sulzbacher Souza** <sup>(3)</sup>

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

**Renata Welter Martins** <sup>(4)</sup>

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

**Aline Raquel Müller Tones** <sup>(5)</sup>

Engenheira Ambiental pela Faculdade União das Américas (UNIAMERICA), Mestre em Tecnologias Ambientais Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira (UTFPR) e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua Jacob Reinaldo Haupenthal, 1580, São Pedro, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. CEP: 97900-000- Tel: +55 (55) 8102-2834- - e-mail: alcione.almeida@uffs.edu.br.

### **RESUMO**

Cerca de 16% da população brasileira reside em área rural, no entanto, no meio rural ainda é deficitária a potabilização de água. Não obstante, os estudos de aplicação de processos de tratamento de água nestes locais, ainda são incipientes e por vezes ocorrem apenas em escala laboratorial/piloto. Neste sentido, o estudo buscou realizar um comparativo entre a escala piloto e real de um Reator de leito fixo bi-fluxo (RLF-BFC) empregado na potabilização de água de poço de abastecimento rural. A eficiência do tratamento empregado foi avaliada por meio de amostras de água bruta (AB), tratada por filtração (ATF) e água tratada por filtração e adsorção (ATF-A), sendo analisados os parâmetros: cor aparente, pH e turbidez, considerando valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria nº 5/2017, alterada pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS). Com base nos VMP, para ambas escalas observou-se a operacionalização do RLF-BFC escala piloto foi capaz de contribuir para a potabilização de água para consumo humano, entretanto a maior eficiência foi observada para a escala real. Os resultados desta pesquisa são promissores para aplicação de RLF-BFC em escala real para áreas desassistidas por companhias de água, salientando-se a importância da continuidade das pesquisas na área.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento de água, reator de leito fixo, meio rural.

### **INTRODUÇÃO**

Um dos temas mais discutidos na atualidade brasileira é a gestão dos recursos hídricos, tal impacto do tema se dá principalmente pela variabilidade da distribuição hídrica no país e as fortes ameaças que estes recursos vêm sofrendo por conta da poluição (CAPOZZOLI; CARDOSO; FERRAZ, 2017).

No cenário brasileiro, diversas ações antrópicas contribuem fortemente para a poluição das águas subterrâneas, especialmente lançamento de esgotos domésticos e industriais em corpos hídricos, descarte de resíduos sólidos, e a intensiva utilização de agrotóxico nas áreas rurais (REBOUÇAS, 2006).

Em um estudo desenvolvido por Bernardes (2009) identificou-se que a contaminação das águas subterrâneas é uma preocupação em relação à qualidade da água, visto que, por ser um recurso menos visível que a água superficial, dificulta a identificação de fontes pontuais e difusas de contaminação.

Os sistemas convencionais de abastecimento e potabilização de água, que incluem etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração seguida da correção do pH, desinfecção e fluoretação (DI BERNARDO; DANTAS, 2005), têm sido majoritariamente aplicados em áreas urbanas, negligenciando as áreas rurais. Posto isto, se faz necessário a investigação e aplicação de sistemas de potabilização de água no meio rural, as quais permitam a distribuição de água potável a esta população, especialmente quando a fonte de

abastecimento não tem sido considerada como livre de poluição e/ou contaminação (PERES *et al.*, 2020).

No Brasil, para uma água ser considerada apta ao consumo humano, deve atender aos valores máximos permitidos dos parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do MS, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021).

Diversos processos podem ser aplicados para potabilização de água, em síntese vinculados à sistema simplificado, convencional ou avançado (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Dentre os processos de potabilização de água estudos têm destacado a aplicação da adsorção em carvão ativado combinada à tecnologia de filtração rápida, a qual gera melhores resultados no tratamento de água se comparado a aplicação de somente o processo de filtração (ALVES *et al.*, 2019; EBRAHIMZADEH *et al.*, 2022).

Para a potabilização da água comumente o processo adsorptivo por Carvão Ativado Granular (CAG) é aplicado após a filtração e neste sentido, foi desenvolvido por Alves (2018) um Reator de Leito Fixo Bi-fluxo como forma de potencializar as alternativas de tratamento em áreas rurais, as quais são desassistidas pelo sistema de potabilização convencional e por vezes, sem vigilância e monitoramento da água servida a população.

Os reatores de leito fixo se destacam por possuírem diversas vantagens, sendo elas: simplicidade de operação, baixo custo de construção e manutenção, além disso, não necessitam de quase nenhum equipamento

auxiliar pois as partículas ficam fixas no leito, também não é necessário nenhum dispendioso dispositivo de separação a jusante e, por fim, ainda há a flexibilidade de operação (MORAES, 2004).

Os reatores possuem como característica geral a utilização de ambos os fluxos ascendente e descendente, o controle da expansão do meio filtrante a possibilidade de aplicação no meio rural, logo após a exploração da água subterrânea e a economicidade nos custos de implantação. Tais vantagens apresentadas pelos reatores de leito fixo, têm destaque no cenário atual, em que há aumento das demandas por água potável a falta de tratamento efetivo no meio rural brasileiro (GHISI, 2019).

Sendo assim, com a intenção de atenuar os problemas supracitados, o estudo em questão propõe a avaliação do desempenho do emprego de dois Reatores de Leito Fixo Bi-fluxo (RLF-BFC) para a potabilização de água de abastecimento público, sendo um deles em escala piloto e outro em escala real. O estudo busca identificação a eficiência de tratamento considerando o preconizado na Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS, bem como a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS), equiparando os resultados em escala piloto e real.

## OBJETIVO

Avaliar o desempenho do RLF-BFC em escala piloto e real considerando os parâmetros físico-químicos: cor aparente, pH e turbidez, conforme preconizado na Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde e as suas alterações na Portaria nº 888/2021 do MS, pré e pós-tratamento da água.

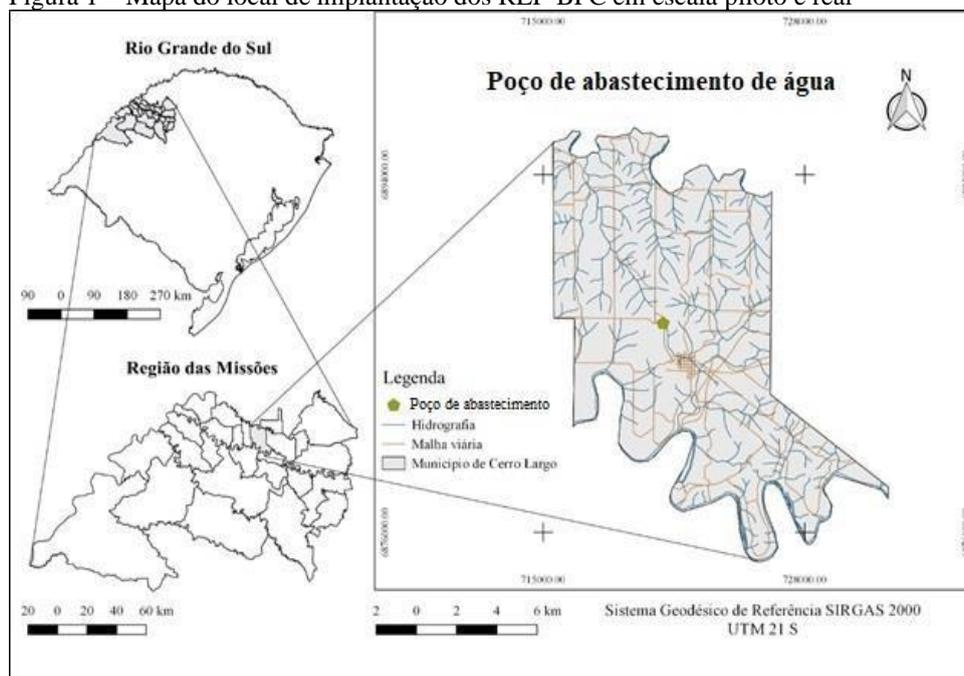
## METODOLOGIA

### Área e água do estudo

A área de estudo faz parte da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, na qual a localidade que tem abastecimento de água exclusivamente por águas subterrâneas, passando por tratamento simplificado. A região conta com captação de água com finalidade para consumo humano através 34 poços registrados (SILVEIRA, 2019).

O estudo foi realizado entre os anos de 2021 e 2023, sendo que, na Figura 1, está especificado o local de captação da água e instalação dos RLF-BFC em escala piloto e real.

Figura 1 – Mapa do local de implantação dos RLF-BFC em escala piloto e real



Fonte: Autores (2023).

## Preparo do material filtrante (areia) e do material adsorvente (CAG)

O preparo do leito filtrante consistiu em lavagem com água ultrapura e secagem em estufa a 110 °C durante 24 h e com auxílio de peneiras optou-se por granulometria média (0,2 a 0,6 mm) de diâmetro.

O preparo do CAG consistiu na lavagem com água ultrapura até que todo o pó do CAG fosse removido e o pH da água de lavagem se mantivesse constante. Após, o material foi seco em estufa a 150 °C ± 1°C durante 4 h. Em ambos os leitos, adicionou-se camada suporte de seixos rolados de diferentes tamanhos e espessura da camada de 0,25 m.

## Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo contínuo (RLF-BFC) em escala piloto

Para a construção do RLF-BFC em escala piloto considerou-se estudos preliminares realizados por Alves *et al.* (2018), bem como a ABNT NBR n° 12.216/1992 que trata de projetos de Estações de Tratamento de Água (ETA) para abastecimento público, considerando filtros rápidos.

O leito filtrante foi constituído de areia com tamanho efetivo 0,25 mm, diâmetro médio de 100 mm e altura no leito fixo igual a 15 cm. O leito filtrante/adsorvente possuía 25 cm de altura, com diâmetro médio de 200 mm e foi constituído de CAG comercial oriundo do epicarpo do babaçu (*Orbignya phalerata*) e ativado fisicamente por vapor d'água.

## Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo Contínuo (RLF-BFC) em escala real

O RLF-BFC em escala real foi construído de material inox e considerou a ABNT NBR n° 12.216/1992, o qual direciona em relação as condicionantes para elaboração de projeto de ETA destinada à produção de água potável para abastecimento público. O sistema considera os aspectos construtivos e operacionais específicos para fins de remoção de poluentes e micropoluentes presentes na água destinada a consumo humano.

Para tanto, foi utilizado a Taxa de Aplicação Superficial máxima (TAS) de próximo a 120 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e o RLF-BFC em escala real tem em característica processo de filtração e filtração/adsorção, sendo que os materiais filtrantes são os estabelecidos na ABNT NBR n° 12.216/1992 e o material adsorvente refere-se a carvão ativado granular (CAG).

O CAG utilizado no estudo foi do tipo comercial com origem do epicarpo do babaçu (*Orbignya phalerata*), e ativado fisicamente por vapor d'água, o qual seguiu as informações do fabricante. Posteriormente foi realizado a limpeza do mesmo segundo os procedimentos descritos pela norma D6586 (ASTM, 2008).

O leito adsorvente foi constituído por seixos rolados com tamanho efetivo entre 0,05m e 0,013 m, com altura de 0,13 m. Posteriormente alocado o adsorvente, sendo ele o CAG, com tamanho efetivo variando entre 0,075 mm e 2,26 mm, com uma espessura de 0,05 m e altura de 0,12 m. Tanto camada suporte, quanto a camada adsorvente distribuída em ordem decrescente no sentido ascendente.

Em relação ao leito filtrante, a camada suporte foi alocado ao fundo do leito com tamanho efetivo entre 0,05 m e 0,13 m, com altura foi de 0,25 m. O preparo da areia iniciou no peneiramento utilizando a peneira de análise granulométrica com abertura de 0,25 mm, seguido do procedimento de lavagem, passando por lavagem com hipoclorito de sódio 10%, água e por fim água ultrapura. A areia limpa foi seca em estufa a 110 °C durante 24h e armazenada em bandejas esterilizadas e tampadas até a sua utilização. Posteriormente a areia já limpa foi alocada com altura total da camada filtrante de 0,25 m. No interior de ambos os leitos foram alocadas fitas métricas para monitoramento da perda de carga.

Antes de ser iniciada a operação do reator foram realizados testes de vazão para que fosse possível manter durante todo o processo de filtração uma TAS de 120 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

Foram coletadas três amostras a cada 20 minutos, sendo elas água bruta (AB), água tratada pelo leito filtrante (ATF) e a água tratada pelo leito adsorvente (ATF-A), além disso também foi aferida a vazão de saída do reservatório de água e a perda de carga dos leitos.

## Procedimento Analítico

Os parâmetros físico-químicos foram analisados em triplicata e a água de estudo foi analisada sequencialmente a coleta pré e pós-tratamento pelo RLF-BFC. A avaliação considerou os parâmetros descritos no Tabela 1.

**Tabela 1 – Metodologia de análises físico-químicas**

Parâmetro Analisado	Método	Equipamento
Cor Aparente (uH)	2120 B APHA, 2005	Calorímetro Del Lab® DLA-COR
pH	4500 B APHA, 2005	pHmetro Hanna, HI 2221
Turbidez (UT)	2130 B APHA, 2005	Turbidímetro PoliControl AP 2000

Fonte: Autores (2023).

Realizou-se a determinação da qualidade da água em termos da potabilidade utilizando os VMP de acordo com os valores previamente definidos na Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS e as suas alterações na Portaria nº 888/21 do MS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para os parâmetros de pH, turbidez e cor aparente estão evidenciados a seguir para ambos os reatores investigados. Estes parâmetros são contemplados pela Portaria nº 888/2021, sendo padrões considerados para potabilidade da água.

### Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os resultados referentes ao parâmetro potencial hidrogeniônico (pH) nas amostras de água AB, ATF e ATF-A coletadas estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2 – pH da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC (escala piloto) e RLF-BFC (escala real)**

pH									
Amostra		AB	ATF	ATF-A	Amostra		AB	ATF	ATF-A
RLF-BFC (escala piloto)	0	9	9	8,4	RLF-BFC (escala real)	0	8,83	8,22	7,26
	1	9	9	7,6		1	8,34	8,4	7,45
	2	9	9	7,6		2	8,25	8,42	7,31
	3	9	9	7,6		3	8,9	8,7	7,6
	4	9	9	7,6		4	8,7	8,9	7,7
	5	9	9	7,6		5	8,7	8,9	7,7
	6	9	9	7,2		6	8,6	8,6	7,6
	7	9	9	7,6		7	8,7	8,9	7,8
	8	9	9	7,6		8	8,6	8,4	7,6
	9	9	9	7,2		9	8,9	8,3	7,5
	10	9	9	7,2	10	9	8,7	7,8	

Fonte: Autores (2023). Nota: Água bruta (AB); água tratada por filtração (ATF); água tratada por filtração e adsorção (ATF-A).

Conforme resultados observados, para o RLF-BFC em escala piloto, os valores de pH das amostras de água apresentaram resultados que variaram entre 7,2 e 9, mantendo-se em condições alcalinas. Nas amostras AB e ATF os valores se mantiveram em média com pH de 9 em toda a operação, enquanto para ATF-A as amostras variaram entre pH de 7,2 e 8,4, com tendência a neutralidade.

Enquanto para o RLF-BFCC em escala real, os valores de pH das amostras de água apresentaram resultados que variaram entre 7,26 e 9, mantendo-se em condições alcalinas. Em que, nas amostras AB e ATF os valores se mantiveram em média com pH de 8,68 em toda a operação. As amostras de ATF-A variaram entre pH de 7,31 e 7,8. Portanto, nas amostragens de ATF-A foi possível observar que o pH variou ao longo da operação, com tendência a neutralidade.

Segundo a Portaria nº 888/2021 do MS, a faixa de pH recomendada é de 6 a 9. Com isso, todas as amostras observadas se enquadram neste padrão de potabilidade. O controle do valor do pH é fundamental no controle da desinfecção, sendo que a cloração perde eficiência em pH elevado (HELLER e PÁDUA,2010)

### Turbidez (UNT)

Os resultados referentes a turbidez nas amostras de água AB, ATF e ATF-A coletadas estão descritos na Tabela 3.

**Tabela 3 – Turbidez da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC (escala piloto) e RLF-BFC (escala real)**

Turbidez (UNT)									
Amostra		AB	ATF	ATF-A	Amostra		AB	ATF	ATF-A
RLF-BFC (escala piloto)	0	0,54	1,09	8,07	RLF-BFC (escala real)	0	0,7	9,26	0,733
	1	0,32	1,18	4,53		1	0,88	11,167	0,913
	2	0,39	1,79	3,27		2	0,857	6,933	2,86
	3	0,33	1,2	3,1		3	0,857	4,037	0,923
	4	0,47	1,47	2,4		4	0,727	3,413	0,963
	5	0,53	1,56	1,78		5	0,697	2,9	0,783
	6	0,46	1,72	1,62		6	0,643	2,72	0,787
	7	0,52	1,57	1,48		7	0,613	2,587	0,907
	8	0,52	2,33	1,37		8	0,687	2,5	0,993
	9	0,55	1,72	1,17		9	0,513	2,403	0,883
	10	0,64	1,54	1,15		10	0,657	2,263	0,847

Fonte: Autores (2023). Nota: Água bruta (AB); água tratada por filtração (ATF); água tratada por filtração e adsorção (ATF-A).

A Portaria nº 888/21 do MS estabelece um valor máximo permitido de 5,00u.c. Para o RLF-BFC em escala piloto, nas amostras de ATF e ATF-A identificou-se um aumento da turbidez em relação às amostras de AB. Entretanto, comparando-se os valores das amostras de ATF-A com as de ATF, observa-se que a partir da 5ª amostragem houve uma redução média de 22% da turbidez. Com isso, o único valor incompatível com o estabelecido pela normativa vigente foi o observado na amostra 0 de ATF-A, sendo que todos os demais foram identificados como abaixo do valor máximo permitido (VMP).

Ainda nota-se que para o RLF-BFC em escala real, não houve diferenças significativas nas amostras de AB para ATF e ATF-A. Este comportamento pode ser compreendido pela possibilidade de ter ocorrido arraste de partículas dos leitos durante a operação do sistema. Entretanto, cabe destacar que, quando comparadas as amostras de ATF-A e ATF, houve reduções médias, evidenciando melhores resultados quando aplicado o método de filtração seguido de filtração/adsorção em CAG.

Ao tempo em que para o RLF-BFC (escala real), os resultados indicaram variações de turbidez de 0,513 UNT a 11,167 UNT, portanto foram ultrapassados nas amostragens da ATF no tempo 0, 1, 2, indicando de que provavelmente foi ocasionado pelo arraste de areia do leito filtrante. Foi possível constatar que, quando comparado AB em relação a ATF, não ocorreu redução da turbidez, fato este que pode estar relacionado a não retenção por parte do leito filtrante em relação a parte das partículas sólidas suspensas na água, principalmente nas 3 primeiras amostragens.

### Cor Aparente ( $\mu\text{C}$ )

Os resultados referentes a cor aparente nas amostras de água AB, ATF e ATF-A coletadas estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4 – Cor aparente da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC (escala piloto) e RLF-BFC (escala real)**

Cor Aparente (µC)									
Amostra				Amostra					
		AB	ATF	ATF-A			AB	ATF	ATF-A
RLF-BFC (escala piloto)	0	1	10,67	11,5	RLF-BFC (escala real)	0	0	9,367	0
	1	6,17	11,9	10,5		1	0	8,967	0
	2	6,33	13,5	13,9		2	0	3,033	0
	3	5,77	13,2	8,83		3	0	0	0
	4	3,47	11,9	7,9		4	0	0	0
	5	3	10,6	9,37		5	0	0	0
	6	3,07	10,9	6,1		6	3,067	4,4	0,267
	7	2,3	10,8	7,27		7	4,3	4,067	0
	8	3,3	9,5	6,57		8	2,633	3,333	0
	9	2,77	9,8	6,4		9	2,42	2,967	0
	10	1,97	8,27	4,29		10	0,6	2,167	0

Fonte: Autores (2023). Nota: Água bruta (AB); água tratada por filtração (ATF); água tratada por filtração e adsorção (ATF-A).

A cor aparente é um dos parâmetros importantes de se avaliar em um estudo de potabilização de água visto que o parâmetro está relacionado com a matéria orgânica e outros compostos dissolvidos na água. O parâmetro quando fora do VMP pode indicar um problema em alguma etapa do tratamento ou do processo empregado (SOUZA, 2022).

Para o parâmetro cor aparente VMP descrito na Portaria nº 888/21 é de 15,00 uC, para o RLF-BFC em escala piloto se comparando a ATF e a ATF-A, houve uma redução média de 33,2% da cor aparente, sendo CAG se mostrou eficiente na redução deste parâmetro, demonstrando tendência em diminuir ao longo da operação. Desse modo, o RLF-BFC em escala piloto atendeu ao estabelecido pela referida Portaria.

Para o RLF-BFC em escala real, os valores de cor aparente das amostras apresentaram resultados que variaram de 0 a 9,4 uC, onde o maior valor de cor aparente foi na amostra ATF 0. Se comparadas as amostras AB em relação ATF se identificou uma redução significativa de cor aparente, indicando que o leito filtrante foi capaz de reter partículas dissolvidas na água, tendendo a máxima remoção/eficiência.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as condições propostas neste estudo, ambas as escalas avaliadas se mostraram satisfatórias para potabilização de água para abastecimento público conforme as Portarias nº 5/2017 e nº 888/2021 do MS, satisfazendo os VMP.

Os resultados após o tratamento indicaram que ambas as escalas apresentaram melhores resultados na remoção/redução dos parâmetros cor aparente e pH para ATF-A, salientando o aumento na eficiência de tratamento quando aplicado o método de filtração seguido de filtração/adsorção em CAG.

Todavia, as maiores eficiências de tratamento para os parâmetros considerados foram observadas para ATF-A para o RLF-BFC (escala real), relacionando um melhor desempenho em termos de qualidade da água após tratamento devido as condições operacionais, maior rigor no manuseio, na frequência e na qualidade do monitoramento.

Os resultados satisfatórios para o RLF-BFC em escala real observados neste estudo são de suma importância para viabilizar a aplicação destes sistemas em áreas desassistidas por companhias de água, garantindo a qualidade de abastecimento de forma homogênea entre a população. As tecnologias de tratamento de água encontram-se em estágio relativamente elevado de desenvolvimento, porém, ainda são poucos os estudos, dados de operação e eficiência de sistemas em escala real, destacando a importância da continuidade de pesquisas para o RLF-BFC em escala real.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, A. A. A. **Emprego da tecnologia de adsorção em leito fixo de carvão ativado granular para a remoção de agrotóxicos carbamatos da água de abastecimento público**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2017.
2. ALVES, A. A. A. *et al.* Combined microfiltration and adsorption process applied to public water supply treatment: water quality influence on pesticides removal. **Environmental Technology**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1567605>.
3. ALVES, A. *et al.* Performance of the fixed-bed of granular activated carbon for the removal of pesticides from water supply. **Environmental Technology**, v. 26, p. 1-11, 2018.
4. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). (2008) ASTM D 6586-03: **Standard Practice for the Prediction of Contaminant Adsorption on GAC in Aqueous Systems Using Rapid Small-Scale Column Tests**. Filadélfia: ASTM International.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 12216/1992**: Projeto estação de tratamento de água para abastecimento público: procedimento. Rio de Janeiro, 1992.
6. AWWA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22<sup>th</sup> ed. Washington: APHA-AWWA-WEF, 2012.
7. BERNARDES, A. M. **Uso e ocupação do solo e qualidade da água na bacia do córrego do Engenho, Viçosa, Minas Gerais**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/Mg, 2009.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2017.
9. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 888, de 4 de maio de 2021. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF 2021.
10. CAPOZZOLI, Caluan Rodrigues; CARDOSO, Andrea de Oliveira; FERRAZ, Simone Erotildes Teleginski. Padrões de Variabilidade de Vazão de Rios nas Principais Bacias Brasileiras e Associação com Índices Climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 243-254, jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863220006>.
11. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2 ed. São Paulo: RIMA, 2005.
12. EBRAHIMZADEH, Salma *et al.* Removal of organic micropollutants in a drinking water treatment plant by powdered activated carbon followed by rapid sand filtration. **Journal of Water Process Engineering**, 2022, v. 47. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102792>.
13. GHISI, D. B. Análise hidráulica de um filtro rápido bifluxo em escala piloto de dupla camada filtrante com descarga de fundo intermediária para tratamento de água de abastecimento. 2019. 203 f. Pós-graduação - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
14. HELLER, Léo; PÁDUA, Valter de Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.
15. MORAES, E. R. Modelagem e simulação de reatores catalíticos de leito fixo: avaliação de diferentes configurações para o fluido refrigerante. 2004. 209 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
16. PERES, R. M *et al.* Potential microbial transmission pathways in rural communities using multiple alternative water sources in semi-arid Brazil. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. Brasil. v. 224, 2020.

17. REBOUÇAS, A. C. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras. 2006. Acesso em: 04 ago. 2022.
18. SOUZA, F. F. G. *et al.* **Qualidade da Água do Sistema de Abastecimento numa Comunidade Rural em Município de Pequeno Porte no Sudeste do Brasil**. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, v. 26, n. 1, p. 59-64, 2022.
19. SUN, Siao *et al.* Water transfer infrastructure buffers water scarcity risks to supply chains. **Water Research**, [S.L.], v. 229, p. 119442, fev. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2022.119442>.