

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

JÚLIA VILLELA TOLEDO FERREIRA

**EMPREGO DE REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO CONTÍNUO® PARA A
POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM ÁREA
DESASSISTIDA POR COMPANHIA DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

CERRO LARGO/RS

2023

JÚLIA VILLELA TOLEDO FERREIRA

**EMPREGO DE REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO CONTÍNUO® PARA A
POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM ÁREA
DESASSISTIDA POR COMPANHIA DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof.^a Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves

Coorientadora: Prof.^a Dra. Aline Raquel Müller Tones

CERRO LARGO/RS

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Ferreira, Júlia Villela Toledo

EMPREGO DE REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO CONTÍNUO®
PARA A POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM
ÁREA DESASSISTIDA POR COMPANHIA DE TRATAMENTO DE ÁGUA /
Júlia Villela Toledo Ferreira. -- 2023.

67 f.

Orientadora: Doutora Alcione Aparecida de Almeida
Alves

Co-orientadora: Doutora Aline Raquel Müller Tones
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro
Largo,RS, 2023.

I. Alves, Alcione Aparecida de Almeida, orient. II. ,
Aline Raquel Müller Tones, co-orient. III. Universidade
Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

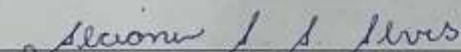
JÚLIA VILLELA TOLEDO FERREIRA

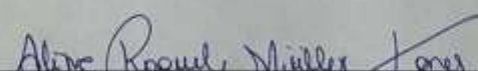
**EMPREGO DE REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO CONTÍNUO® PARA A
POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM ÁREA
DESASSISTIDA POR COMPANHIA DE TRATAMENTO DE ÁGUA**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 24/02/2023.

BANCA EXAMINADORA


Prof.ª Dr.ª Alcione Aparecida de Almeida Alves – UFFS
Orientadora


Prof.ª Dr.ª Alne Raquel Müller Tones -UFFS
Coorientadora


Bacharel Milena Santiago Chiquim
Avaliadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro ao universo pelo dom da vida, e por me proporcionar forças para enfrentar as pedras no caminho que surgiram.

Agradeço imensamente a minha família por todo incentivo e amor incondicional, independente da distância. Ao meu pai e grande mestre amigo que me acompanha no plano espiritual, saiba que esta etapa só foi possível de ser enfrentada diante do teu incentivo, nos momentos mais difíceis foi em você que pensei e assim tirei forças de onde achei que não possuía. A minha mãe por ser a mulher mais guerreira e forte que já conheci, agradeço por toda a inspiração e aos meus irmãos João Matheus, Livia e Ana Clara.

Agradeço a minha família do coração que foi consolidada durante a graduação, obrigada pelas broncas e incentivos.

Ainda agradeço aos colegas e aos técnicos do Laboratório de Águas e Ecotoxicologia por todo auxílio durante a realização do estudo.

Em especial a minha orientadora Alcione Alves e coorientadora Aline Tones por todo o conhecimento compartilhado, confiança e zelo. Este trabalho só foi possível de ser realizado devido a orientação de excelência.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e Chamada Universal MCTIC/CNPq nº28/2018, pelo financiamento do projeto e bolsa concedida.

Por fim, mas não menos importante a Universidade Federal da Fronteira Sul, pelo ensino de excelência e gratuito, pelo incentivo durante meu tempo como bolsista de pesquisa e extensão. Foi nestes anos de graduação que criei laços, conhecimentos e lutei junto aos estudantes pelo fim do desmonte da educação. Obrigada a todos os professores pelos conhecimentos compartilhados e apoio. Fica também meu agradecimento a todos os funcionários da instituição, sem eles não seria possível o bom funcionamento da universidade.

RESUMO

O abastecimento e a potabilização de água em áreas rurais é deficitário no Brasil, havendo quando existente, somente o processo de desinfecção que não é considerado eficaz para tornar a água potável dependendo da fonte de abastecimento, conforme o estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 alterada pela Portaria nº 888/2021. Assim sendo, fazem-se necessários estudos utilizando novas tecnologias com soluções alternativas no tratamento de água em áreas desassistidas seguindo os padrões de potabilidade descritos na Portaria nº 888/2021. Nesse sentido, o objetivo deste estudo consistiu em analisar e avaliar a construção de um Reator de leito fixo bi-fluxo contínuo (RLF-BFC) empregado para fins de potabilização de água para abastecimento em áreas desassistidas, bem como analisar a qualidade da água pré e pós-tratamento. O RLF-BF foi confeccionado em material inox, contendo dois leitos, um leito filtrante (descendente) e um leito adsorvente (ascendente), operando em sentido bi-fluxo. O leito filtrante foi constituído de areia média (0,25 mm) e o leito adsorvente de carvão ativado granular (CAG), ambos alocados acima de camada suporte de seixos rolados. Na operação do RLF-BF foram utilizadas taxas de aplicação superficial (TAS) de $120 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ para o leito filtrante e leito adsorvente, sendo alocado a seu montante um reservatório de água de 200 L que abastecia o Reator. A eficiência do RLF-BF foi avaliada por meio de amostras de água bruta (AB) coletadas na saída do reservatório e tratada por filtração (ATF), bem como água tratada por filtração e adsorção (ATF-A), ambas amostradas a cada 20 min de tratamento sendo analisados os seguintes parâmetros: cor aparente, cloro residual livre, pH, turbidez, coliformes totais e termotolerantes e glifosato+AMPA, considerando valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (MS) e suas alterações na Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021 do MS. Parâmetros não preconizados nas Portarias como absorvância ($\lambda - 254 \text{ nm}$), alcalinidade, condutividade elétrica e perda de carga do leito filtrante e do leito adsorvente também foram analisados. O estudo ocorreu nas dependências do Laboratório de Águas e Ecotoxicologia de Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo – RS. A operação do RLF-BFC sucedeu em 22 amostragens. Constatou-se a eficiência de remoção em relação aos parâmetros analisados na amostragem água tratada por filtração e adsorção (ATF-A): absorvância $\lambda - 254 \text{ nm}$ (22,4 %), condutividade elétrica (6,8 %), cor aparente (94,6%), pH (7,2 a 8,9) e turbidez (63,22 %), glifosato+AMPA (27,2 %), sendo que apenas um dos parâmetros analisados, cloro residual livre, ficou em desacordo com o estabelecido pela portaria nº 888/2021 do MS. Pode-se então concluir que a operacionalização do RLF-BFC é capaz de contribuir para a potabilização de

água para consumo humano. Sugere-se para estudos futuros: i) operacionalização do RLF-BFC por um maior período de tempo, a fim de determinar o tempo de operação até a completa colmatação do leito filtrante e colmatação e a saturação do leito adsorvente; ensaios de retrolavagem; realização da operação em diferentes vazões e TAS.

Palavras-chave: Tratamento de água; áreas rurais; filtração; adsorção; novas tecnologias.

ABSTRACT

The supply and potability of water in rural areas is deficient in Brazil, with only the disinfection process, when existing, which is not considered effective to make water potable depending on the supply source, as established by Consolidation Ordinance n° 5 /2017 amended by Ordinance n° 888/2021. Therefore, studies are needed using new technologies with alternative solutions for water treatment in underserved areas, following the potability standards described in Ordinance n°. 888/2021. In this sense, the aim of this study was to analyze and evaluate the construction of a continuous bi-flow fixed bed reactor (RLF-BFC) used for purifying water for supply in underserved areas, as well as to analyze the quality of the water before and post-treatment. The RLF-BF was made of stainless steel material, containing two beds, a filtering bed (descending) and an adsorbent bed (ascending), operating in bi-flow direction. The filtering bed consisted of medium sand (0.25 mm) and the adsorbent bed of granular activated carbon (GAC), both allocated above the support layer of rolled pebbles. In the RLF-BF operation, surface application rates (TAS) of $120 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ were used for the filtering bed and adsorbent bed, with a 200 L water reservoir being allocated upstream to supply the Reactor. The efficiency of the RLF-BF was evaluated using samples of raw water (AB) collected at the reservoir outlet and treated by filtration (ATF), as well as water treated by filtration and adsorption (ATF-A), both sampled every 20 min of treatment, the following parameters being analyzed: apparent color, free residual chlorine, pH, turbidity, total and thermotolerant coliforms and glyphosate+AMPA, considering maximum values allowed (VMP) by Ordinance GM/MS Consolidation n° 5, of September 28 of 2017 of the Ministry of Health (MS) and its amendments in Ordinance n° 888, of May 4, 2021 of the MS. Parameters not recommended in the Ordinances such as absorbance ($\lambda - 254 \text{ nm}$), alkalinity, electrical conductivity and head loss of the filtering bed and adsorbent bed were also analyzed. The study took place on the premises of the Water and Ecotoxicology Laboratory of the Federal University of Fronteira Sul, Campus Cerro Largo – RS. The RLF-BFC operation succeeded in 22 samplings. The removal efficiency was verified in relation to the parameters analyzed in the sampled water treated by filtration and adsorption (ATF-A): absorbance $\lambda - 254 \text{ nm}$ (22.4 %), electrical conductivity (6.8 %), apparent color (94.6%), pH (7.2 to 8.9) and turbidity (63.22%), glyphosate+AMPA (27.2%), and only one of the analyzed parameters, free residual chlorine, was in disagreement with the established by MS Ordinance n° 888/2021. It can then be concluded that the operationalization of the RLF-BFC is capable of contributing to the potability of water for human consumption. It is suggested for future studies: i) operating the RLF-BFC for a longer period of time, in order to determine

the operating time until complete clogging of the filtering bed and clogging and saturation of the adsorbent bed; backwash tests; carrying out the operation at different flow rates and TAS.

Keywords: Water treatment; rural areas; filtration; adsorption; new technologies.

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma” (Lavoisier, 1785).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Principais processos de tratamento de água para consumo humano.....	25
Figura 2 – Micrografia eletrônica de varredura do adsorvente CAG	28
Figura 3– Georreferenciamento do Poço de Abastecimento Público.....	35
Figura 4 – Determinação de presença/ausência de coliformes totais	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Alguns dos parâmetros de padrões de potabilidade respeitando os valores máximos permitidos estabelecido pela Portaria nº 888/2021 do MS	32
Tabela 2 – Metodologia de análises físico-químicas e bacteriológica	37
Tabela 3 – Absorbância da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC	39
Tabela 4 – Condutividade elétrica da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC	42
Tabela 5 – Cor aparente da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC	44
Tabela 6 – pH da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC.....	46
Tabela 7 – Turbidez da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC	49
Tabela 8 – Perda de Carga do RLF-BFC.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estudos utilizando reator de leito fixo para potabilização de água	30
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Absorbância ($\lambda - 254 \text{ nm}$) da água das amostras AB, ATF E ATF-A.....	40
Gráfico 2 – Condutividade elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$) da água das amostras AB, ATF E ATF-A.....	43
Gráfico 3 – Cor aparente (μH) da água das amostras AB, ATF E ATF-A	45
Gráfico 4 – pH da água das amostras da água das amostras AB, ATF e ATF-A.....	48
Gráfico 5 – Turbidez (uT) da água das amostras AB, ATF E ATF-A	50
Gráfico 6 – Perda de carga (cm) do leito adsorvente e filtrante no RLF-BF	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMAPA	Ácido aminometilfosfônico
ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
CA	Carvão Ativado
CAG	Carvão Ativado Granular
CALF	Coluna de adsorção em leito fixo
CALF-CAG	Colunas de Adsorção em Leito Fixo de Carvão Ativado Granular
CAP	Carvão Ativado em Pó
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
ETA	Estação de Tratamento de Água
FEPAM	Estadual de Proteção ao Meio Ambiente
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS/GM	Ministério da Saúde Gabinete do Ministro
MS/GM	Ministério da Saúde Gabinete do Ministro
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial Hidrogeniônico
RLF-BFC	Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo Contínuo
RS	Rio Grande do Sul
TAS	Taxa de Aplicação Superficial
THM	Trihalometanos
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
UH	Unidade Hazen

UT	Unidade de Turbidez
UV	Ultravioleta
VMP	Valores Máximos Permitidos
WHO	Organização Mundial da Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVO	20
1.1.1	Objetivo geral	20
1.1.2	Objetivos específicos	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	21
2.1.1	Agrotóxicos nas águas de abastecimento público.....	22
2.2	SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO ...	24
2.2.1	Sistema convencional de potabilização da água	24
2.2.2	Sistema avançado de potabilização de água	26
2.3	DISPOSITIVOS JURÍDICOS APLICADOS A POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA NO BRASIL.....	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
3.1	TIPO DE ESTUDO	34
3.2	ÁREA E ÁGUA DE ESTUDO	34
3.3	REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO CONTÍNUO	35
3.3.1	Operacionalização do RLF-BFC.....	36
3.4	PROCEDIMENTO ANALÍTICO.....	37
3.4.1	Fortificação da água bruta com Glifosato+AMPA e análise pré e pós- tratamento por RLF-BFC	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	EFICIÊNCIA DO RLF-BFC EM TERMOS DE PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS	39
4.1.1	Absorbância ($\lambda - 254 \text{ nm}$).....	39
4.1.2	Alcalinidade (mg L^{-1})	41
4.1.3	Cloro Livre (mg L^{-1}).....	41
4.1.4	Condutividade elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	42
4.1.5	Cor Aparente (μH)	44
4.1.6	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	46
4.1.7	Turbidez (uT).....	48
4.1.8	Coliformes totais e termotolerantes (p/a).....	51

4.1.9	Perda de carga no leito filtrante e adsorvente do RLF-BF	52
4.1.10	Glifosato+AMPA ($\mu\text{g L}^{-1}$)	54
	REFERÊNCIAS	56
	ANEXO A – Relatório de análise da AB emitido pelo laboratório	63
	ANEXO B – Relatório de análise da ATF-A emitido pelo laboratório	65

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é privilegiado pela abundância de recursos hídricos, entretanto não isenta o país de passar por crises hídricas relacionadas ao uso inadequado da água e ao abastecimento ineficiente (SCANTIMBURGO, 2013).

No país cerca 84,1 % da população tem acesso ao abastecimento de água para consumo humano, sendo que 43 % faz o uso de mananciais superficiais, 40 % subterrâneos e 17 % misto (SNIS, 2020).

Em relação ao cenário brasileiro, conforme estudo realizado por Rebouças (2006), as principais fontes poluidoras das águas subterrâneas estão fortemente atreladas ao crescimento desordenado da população que tem acarretado o lançamento de esgotos domésticos e industriais em corpos hídricos, descarte de resíduos sólidos, e a intensiva utilização de agrotóxico nas áreas rurais.

De acordo com Bernardes (2009), 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.

Considerando que o Brasil é uma das maiores *commodities* agrícolas, é conjuntamente um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo e, dentre os agrotóxicos mais aplicados, destaca-se o glifosato, sendo este um dos herbicidas mais utilizados na agricultura (GABOARDI, 2021). Os agrotóxicos utilizados na área rural de maneira errônea e exacerbada podem ocasionar contaminações dos solos e das águas subterrâneas por meio de infiltração ou ainda, por contato das águas superficiais e subterrâneas em aquíferos livres, atingindo os mananciais e provocando a poluição destes, incluindo os poços de abastecimento público de água para o consumo humano (IPEA, 2019).

É pertinente ressaltar que o avanço em relação ao acesso à água potável tem se demonstrado desigual comparando áreas urbanas e rurais no país (PERES *et al.*, 2020). Além disso, o sistema de potabilização de água aplicado em áreas urbanas, se comparado às áreas rurais, também apresenta divergências. Comumente o sistema convencional, compreendido pelas operações unitárias: coagulação, floculação, decantação, filtração seguida da correção do potencial hidrogeniônico (pH), desinfecção e fluoretação (DI BERNARDO; DANTAS, 2005), tem sido aplicado nos centros urbanos.

Nas localidades rurais, o modo pelo qual a distribuição populacional é disposta atrelada a fatores político-econômicos e a disponibilidade hídrica do local minimiza a empregabilidade do sistema de tratamento convencional por Estações de Tratamento de Água (ETA). Assim, a

população residente nessas áreas tem sido prejudicada em termos de tratamento das águas para consumo humano, ficando restrita a captação e abastecimento de águas subterrâneas que por sua vez não possui monitoramento e tratamento adequado, passando apenas pela desinfecção, quando existente, sendo este processo eficaz para a inativação de patógenos, mas pouco eficiente em relação a remoção de contaminantes (SCHIAVO, 2007).

Segundo Departamento de Engenharia de Saúde Pública da Funasa, 17,2% dos residentes rurais possuem atendimento precário quanto ao abastecimento de água e 18,2% não possuem abastecimento de água de 64,6% dos domicílios atendidos, ou seja, apenas 29,2 % possuem acesso ao abastecimento de água, logo a qualidade da água é praticamente desconsiderada (IBGE, 2010).

A precariedade da oferta de água potável na área rural faz com que seja de extrema importância estudos e soluções alternativas de tratamento de água. Além disso, é necessário que a tecnologia empregada considere os padrões de potabilidade atendendo as normas preconizadas na Portaria de Consolidação Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS) (BRASIL, 2021).

Uma das alternativas é a filtração direta, a qual tem sido empregada em sistemas de potabilização de água e apresenta vantagens que permitem sua aplicação em áreas rurais, tais como o menor número de unidades de tratamento envolvidas, menor consumo de produtos químicos durante o processo de tratamento, operação e manutenção mais simples e menor produção de lodo se comparada à filtração lenta. Entretanto, como toda tecnologia possui limitações, esta apresenta adversidade no tratamento da água bruta com elevada turbidez e a ineficiência na remoção de micropoluentes (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Para a remoção de poluentes específicos, como os multiresíduos de agrotóxicos, a adsorção por carvão ativado granular (CAG) tem apresentado alta viabilidade econômica, eficiência e proeminência na remoção de micropoluentes considerados quimicamente e biologicamente estáveis (REN *et al.*, 2011; WHO, 2011).

Para a potabilização da água comumente o processo adsorptivo por CAG é aplicado após a filtração e neste sentido, foi desenvolvido por Alves (2018) ¹ 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.

¹ Desenvolvido por Alves (2018) de acordo com a Chamada Universal MCTIC/CNPq nº28/2018.

Sendo assim, com a intenção de atenuar os problemas supracitados, o estudo em questão propõe o emprego de Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo Contínuo® (RLF-BFC) para a potabilização de água de abastecimento público em áreas desassistidas por companhia de tratamento de água, para fins de identificação de sua eficiência considerando o preconizado na Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS, bem como a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS).

1.1 OBJETIVO

Os objetivos do estudo estão elencados em geral e específicos.

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho de um RLF-BFC empregado para a potabilização de água utilizada para o abastecimento público em áreas desassistidas por companhia de tratamento.

1.1.2 Objetivos específicos

Avaliar o desempenho do RLF-BFC considerando os parâmetros físico-químicos e microbiológicos: absorvância λ -254 nm, alcalinidade, cloro livre, cor aparente, condutividade elétrica, pH, , turbidez, coliformes totais, *escherichia coli* e o agrotóxico glifosato+AMPA, 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;

Avaliar o desempenho do RLF-BFC quanto à remoção do agrotóxico glifosato+AMPA.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste tópico foram abordados pressupostos teóricos diante das problemáticas oriundas da potabilização de água para o consumo humano e possíveis contaminações, explicitando tecnologias aplicáveis, tais como, a filtração rápida e a adsorção em leito fixo de CAG.

2.1 POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Há relatos de que, a potabilização da água para o consumo humano ganhou maior destaque ao final do século XIX e no início do século XX, impulsionada pela descoberta da presença de microrganismos vivos, transmissores de doenças nas águas de consumo humano (COSME, 2006). Com o aumento do processo produtivo aliado as ocupações humanas desordenadas, ocorreu conjuntamente o aumento de contaminantes nas águas fazendo com que, parte das doenças estejam relacionadas a transmissão hídrica ocasionado pela falta de tratamento da água de consumo humano (BASSO *et al.*, 2005).

Heller e Pádua (2006) ressaltam que, o excesso de impurezas na água, sejam elas de origem biológica, química, física ou radiológica pode causar danos severos a saúde humana, impactando tanto nos fatores ambientais, econômicos e sociais daquela população.

No ano de 2010 a Resolução A/RES/64/292 estabelecida pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) e elo Conselho de Direitos Humanos, reconheceu a água potável como direito humano essencial para uma sadia qualidade de vida, assegurando que os Estados incorporem enquadramentos jurídicos regulatórios e que as políticas vigentes sejam fiscalizadas quanto ao cumprimento desse direito (UNGA, 2010).

O acesso à água potável é um dos serviços mais fundamentais e necessários para vida humana, levando em consideração o local desses indivíduos e controle dos fatores do meio físicos sociais e mentais, garantindo um meio ambiente mais equilibrado e preservado, socialmente justo e economicamente viável (HELLER; PÁDUA, 2006). Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), cerca de 60% das internações hospitalares estão relacionadas à falta de saneamento básico e 90% dessas doenças são decorrentes da má qualidade da água que considera inclusive a presença de substâncias tóxicas nas águas servidas às populações.

Nas áreas urbanas, a contaminação ocorre pela falta de saneamento básico, já nas áreas rurais, por possuírem áreas agrícolas, as águas tanto superficiais como subterrâneas são comumente contaminadas por agrotóxicos (REBOUÇAS, 2003).

A contaminação da água por agrotóxicos nas áreas rurais contribui de forma significativa para a degradação da biosfera e desequilíbrio ambiental afetando fauna e flora aquática e a saúde humana, especialmente dos indivíduos que residem próximos a fontes de contaminação. Além disso, quando o agrotóxico chega até a rede de abastecimento público de água, sabe-se que o sistema convencional de potabilização de água utilizado no Brasil não é capaz de remover eficientemente tais substâncias (BASSO *et al.*, 2021).

2.1.1 Agrotóxicos nas águas de abastecimento público

No Brasil a utilização dos agrotóxicos foi amplamente impulsionada por políticas públicas que visavam o ganho macroeconômico que a aplicação dos agrotóxicos traria e sua fabricação (PELAEZ; TERRA; 2009). Atualmente o país lidera ranking mundial de consumo de agrotóxicos, em especial os herbicidas e praguicidas, além do mais nos últimos quinze anos houve um aumento de 135 % do uso de agrotóxicos no país (IBAMA 2021)

Os agrotóxicos têm como prerrogativa assegurar uma produtividade positiva, porém quando utilizados de forma errônea e com o manejo inadequado pode afetar a saúde humana, fauna, flora e biota de corpos hídricos, como alterações nos mecanismos fisiológicos, danos oxidativos e interferência no sistema de defesa antioxidante, distúrbios reprodutivos, desregulação endócrina (RIGOTTO; VASCONCELOS; ROCHA, 2014; GALLEGOS *et al.*, 2018; PIRES, 2013).

A classificação dos agrotóxicos se dá por multiclassas, sendo elas: herbicidas, inseticidas, fungicidas, adjuvantes e acaricidas. Sendo esses compostos diferenciados por sua classificação toxicológica e o seu potencial de periculosidade. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) por meio da Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 296/2019, classifica esses compostos de acordo com o dano que podem causar em contato a boca (oral), com a pele (dérmico) e com o nariz (inalatório). (ASCOM/ANVISA, 2019).

Dentro das classes de uso dos agrotóxicos os mais utilizados no ano de 2021 foram os herbicidas com cerca de 407.62,73 toneladas, perfazendo um total 56,6% do total de agrotóxicos utilizados. Sendo que de todas as vendas do país, cerca de 76.081,85 das vendas foram no estado do Rio Grande do Sul. Em que os agrotóxicos mais comercializados em ordem crescente foram: Glifosato, 2,4-D; Mancozebe; Atrazina; Acefato; Malationa; Cletodim; Enxofre e S-metolacoloro, onde o glifosato e seus sais lidera o ranking de agrotóxicos comercializados no país com 219.585,51 toneladas (IBAMA, 2021).

Desta forma, mesmo sendo classificado como não carcinogênico e sem apresentar impeditivos na legislação brasileira, é importante avaliar os efeitos de toxicidade além da carcinogenicidade, impondo medidas seguras do seu uso e restrições (ANVISA, 2017). Segundo a ANVISA, a classificação toxicológica do glifosato no Brasil é categoria IV, sendo considerado pouco tóxico (faixa azul).

O transporte do glifosato e seu principal metabólito o ácido aminometilfosfônico (AMPA) do ambiente terrestre para o aquático, ocorre na forma de solutos cotransportados ligados a coloides no solo. As formas dissolvidas e particuladas podem se mover por lixiviação e pelo fluxo terrestre para águas superficiais. Nas águas superficiais o glifosato se dissipa rapidamente por ser degradado por microrganismos e adsorvido por sedimentos, e além de ser quimicamente estável, não sofre degradação fotoquímica. Já em águas subterrâneas, possui potencial mínimo de contaminação. O tempo de meia-vida do glifosato em água é de 7 a 21 dias, sendo mais curto do que em solos (MENDONÇA, 2018).

Com a inserção contínua desses agentes químicos no meio ambiente, estes conseqüentemente chegam às águas de consumo humano, tornando-se necessário avaliar os valores máximos permitidos (VMP) definidos pelos órgãos responsáveis afim de manter a saúde humana e a saúde ambiental (GABOARDI, 2020).

Os limites estabelecidos para as classes de águas superficiais no Brasil para o glifosato + AMPA, encontram-se na Resolução n° 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), a qual classifica a água de acordo com a sua qualidade e finalidade, sendo válida para águas superficiais e subterrâneas. Dentro da Resolução n° 357/2005, cada classificação estabelece um uso da água de acordo com seu grau de salinidade e atendimento de diversos parâmetros de qualidade da água. Em geral, a água doce é classificada em Classe Especial, 1, 2, 3 ou 4, sendo que a classe especial possui um uso mais exigente, por exemplo, o abastecimento para consumo humano, com desinfecção. Para a água Classe 1 e 2 o VMP para o glifosato é $65 \mu\text{g L}^{-1}$ enquanto que para Classe 3, o valor é de $280 \mu\text{g L}^{-1}$, não sendo estipulados valores para a Classe 4. Para classe especial não podem ser encontrados.

Quanto a regulamentação dos padrões de qualidade de águas subterrâneas a Resolução CONAMA n° 396/2008 define a quantidade de uso sem levar em consideração sua classe. Para tanto tal resolução estabelece limites de glifosato + AMPA, para o consumo humano de $500 \mu\text{g L}^{-1}$, a dessedentação de animais de $280 \mu\text{g L}^{-1}$ e a irrigação de $0,13 \mu\text{g L}^{-1}$, sem considerar subprodutos nas respectivas atividades (CONAMA, 2008).

Quanto aos procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade a Portaria nº 888 de 4 de maio de 2021 estabelece o limite para a potabilidade no Brasil para o glifosato + AMPA, é de $500 \mu\text{g L}^{-1}$ (BRASIL, 2021).

Em dispositivos jurídicos internacionais, a comparação entre os VMP do glifosato + AMPA listados, considera nos Estados Unidos da América, o valor de $700 \mu\text{g L}^{-1}$ (USEPA, 2009). Na Austrália, o VMP foi estabelecido em $1.000 \mu\text{g L}^{-1}$ (AUSTRÁLIA, 2011). No Canadá, o VMP foi estabelecido em $280 \mu\text{g L}^{-1}$ (CANADA, 2017). A Organização Mundial da Saúde (WHO – sigla em inglês), estipula o valor de $900 \mu\text{g L}^{-1}$.

Devido às exposições crônicas a herbicidas como o glifosato, que atua como herbicida seletivo inibindo a fotossíntese em plantas suscetíveis, e problemas a saúde humana como problemas cardiovasculares, degenerações da retina, etc. Torna-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamentos para a remoção deste contaminante da matriz ambiental (SALEH *et al.*, 2020).

2.2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

O tratamento de água comumente pode ser subdividido em três tipos: Sistema simplificado, o convencional e o avançado. Os sistemas simplificados compreendem os processos de tratamento por desinfecção, ou seja, a adição de cloro na água bruta anterior a distribuição, conjuntamente com a fluoretação onde ocorre a adição de flúor. Enquanto que, o sistema convencional, consolidado no país contempla processos de tratamento como clarificação, filtração e desinfecção e nos sistemas avançados são processos mais eficientes na remoção de contaminantes, como uso de membranas, adsorção entre outros (ROLLEMBERG; MAGALHÃES, 2020).

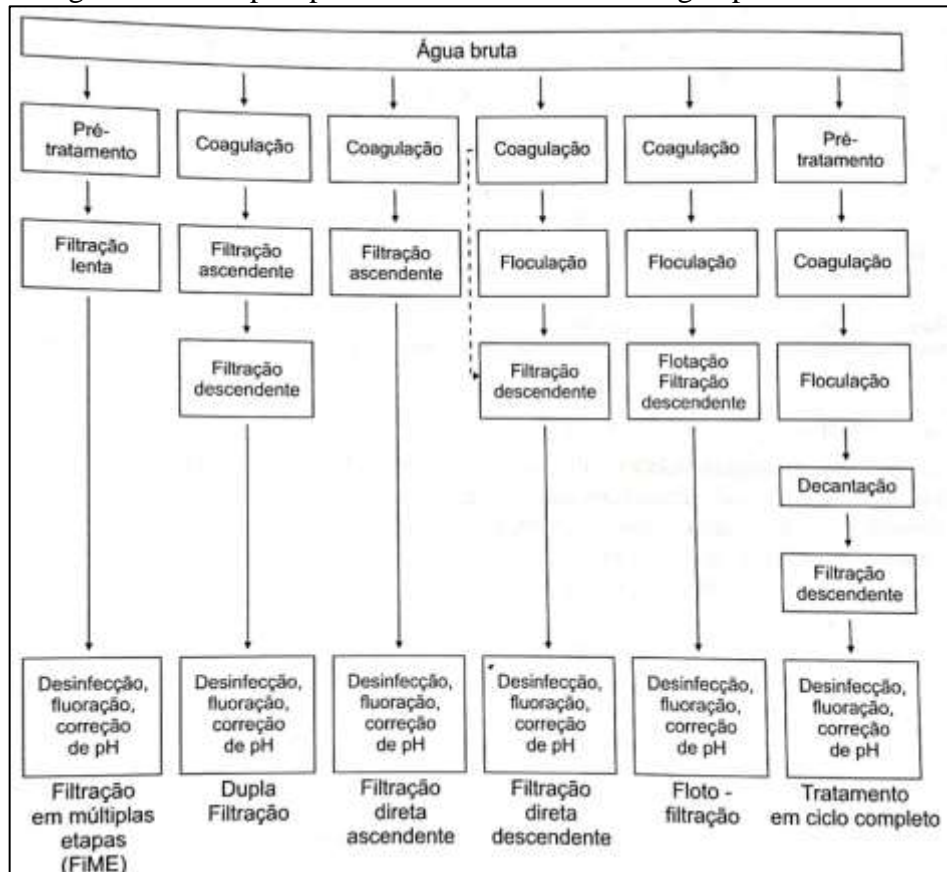
2.2.1 Sistema convencional de potabilização da água

No sistema convencional para potabilização de água para consumo humano é realizado por três etapas basicamente, sendo elas clarificação, filtração e desinfecção, os quais tem o objetivo de impedir a passagens de partículas, sejam suspensas ou dissolvidas e de microrganismo (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Como os processos do tratamento são em série, uma influência na outra, portanto caso alguma tenha um desempenho não tão satisfatório resultará em uma água com a qualidade inferior e não atendendo aos padrões de potabilidade (HELLER; PÁDUA, 2006).

Pode-se observar na Figura 1 os processos mais comumente utilizadas para potabilização de água, conforme o descrito por Di Bernardo e Dantas (2005).

Figura 1– Principais processos de tratamento de água para consumo humano



Fonte: Di Bernardo e Dantas (2005).

Na clarificação é empregado a coagulação e floculação seguidos da sedimentação. O processo de coagulação consiste na adição de agentes coagulantes, ocorre em mistura rápida, podendo ser hidráulica ou mecanizada, posterior aos flocos de impurezas serem coagulados, sendo esta etapa importantíssima e indispensável, pois é nela que ocorre a remoção adequada de partículas suspensas, coloidais, dissolvidas e outros contaminantes, que ditam a cor, odor, turbidez e sabor da água (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

De acordo com os mesmos autores, a floculação consiste num processo físico onde os flocos formados na coagulação são transportados das espécies hidrolisadas para que tenha contato com as impurezas presentes na água, formando assim flocos ainda maiores. Nesta é necessário agitação lenta para que seja possível o choque entre as partículas, posteriormente é destinado para decantação a qual é realizada de forma natural, onde as impurezas são aglutinadas ao fundo por conta da força gravitacional e densidade.

A filtração é realizada com a finalidade de remover partículas suspensas e coloidais ainda presente na água, sendo o processo final de remoção de impurezas (MACEDO, 2007).

Por fim, as etapas de fluoretação e desinfecção que tem como objetivo inativar microrganismos patogênicos, vírus e bactérias presentes na água. A fluoretação tem principal objetivo combater e prevenir cáries e a desinfecção corrigir e prevenir, ou seja, eliminar tais organismos supracitado, para tanto ainda quando destinada para rede de abastecimento é mantido um desinfetante para prevenir possíveis contaminações durante o percurso até a população atendida. Sendo ela realizada por físicos e químicos, sendo o físico (sola, radiação ultravioleta, calor) e químico (ozônio e peróxido de hidrogênio, dióxido de cloro, derivados clorados, bromo, permanganato de potássio, ácido peracético, iodo, íons metálicos e ferratos (DI BERNARDO; DANTAS, 2005 *apud* MACEDO, 2007).

O tratamento convencional aplicado a água destinada ao abastecimento para consumo humano apresenta benefícios, como tecnologia de baixo custo, fácil operacionalização entre outros. No entanto os sistemas de tratamento convencionais não possuem boa eficiência na detecção e remoção de alguns contaminantes. Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento e emprego de novas técnicas de tratamento avançado (FARTO *et al.*, 2021).

2.2.2 Sistema avançado de potabilização de água

Conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 o sistema avançado o para potabilização de água para consumo humano é mais comumente indicado para águas de Classe 3, onde os processos são por meio de membranas filtrante, oxidação e adsorção por Carvão Ativado Granular (CAG) e Carvão Ativado em Pó (CAP) (HELLER; PÁDUA, 2006).

Os processos de tratamento utilizando membranas tem apresentado grandes benefícios e uma crescente recomendação de especialistas para utilização da mesma, sendo em tratamento de água ou de esgotos e lixiviados. Ela tem alta capacidade de redução de turbidez sem a necessidade de utilização de coagulantes e reduz significativamente os microrganismos presente na água (OLIVEIRA, 2010). Pode-se destacar as principais membranas utilizadas, como, microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa, diante dos padrões de potabilidade exigidos para a água destinada a consumo humano é de suma importância a purificação de possíveis contaminantes orgânicos presentes na mesma, para tanto a mais recomendada e utilizada é a de ultrafiltração (MIERZWA *et al.*, 2008).

O uso das membranas traz uma variedade imensa, sendo está uma de suas vantagens, elas se adequam a necessidade do empreendimento e a qualidade da água ao final do processo.

A filtração por membranas não é um tratamento isolado e tem a necessidade de integração com pré e pós tratamento da água (KUMAR; CHOWDHURY, 2018). Apresenta ainda como limitações o custo elevado de implementação do processo em questão.

Quanto aos processos oxidativos avançados, responsáveis pela formação de um radical hidroxila ($\cdot\text{OH}$) como um agente oxidante, são capazes de reduzir concentrações de contaminantes inorgânicos e orgânicos. Entretanto, estes processos podem gerar subprodutos indesejados (METCALF; EDDY, 2016).

Sabendo disso, deve-se levar em consideração a necessidade de testes laboratoriais para verificar a quantidade a ser inserida destes oxidantes para que assim seja decidido aplicar tais tecnologias, pois este processo de remoção tem como principal inconveniente a destinação do subproduto, partindo do princípio de que as concentrações dos contaminantes ficam bem mais elevadas no subproduto (HELLER; PÁDUA, 2006).

O uso de adsorventes para potabilização de água destinada ao consumo humano, mostra-se mais eficiente, visto que o material adsorvente como CAG é facilmente regenerado, possui baixa taxa de uso do material por volume de água tratada (MWH, 2012).

2.2.2.1 Adsorção de micropoluentes na água por CAG

A adsorção nos processos de remoção de contaminantes inorgânicos e orgânicos pode ser representada pela reação $A+B \Leftrightarrow AB$, ou seja, A é a substância adsorvida e B o adsorvente. São inúmeros os tipos de forças químicas para manter os compostos na superfície adsorvente como forças de Van de Waals e interações dipolo-dipolo. Deve-se levar em consideração também que uma das principais características dos adsorventes é a quantidade de partículas ou substâncias que podem ser retidas em sua superfície (HELLER; PÁDUA, 2006).

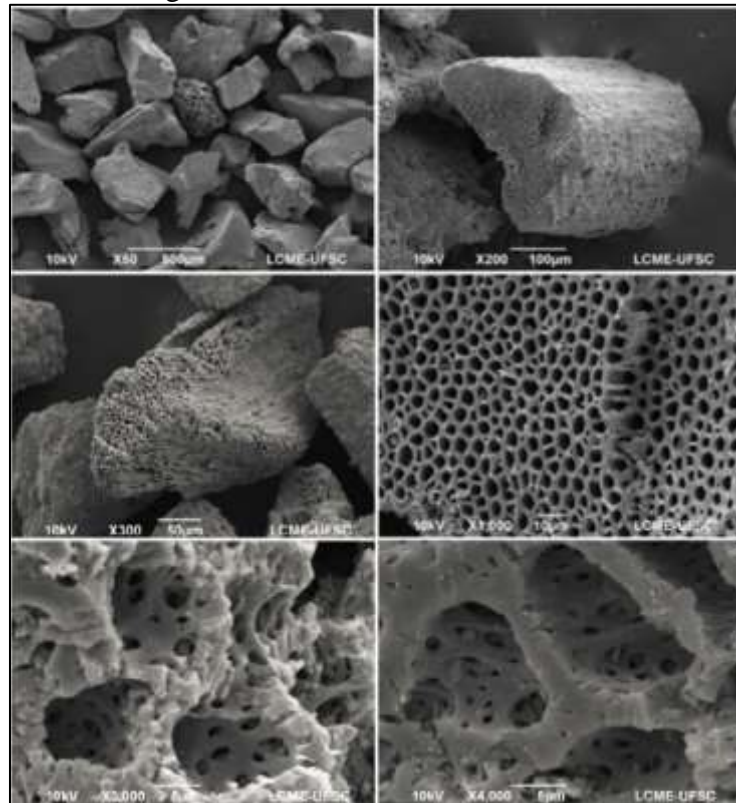
O carvão ativado tem em suas características uma alta porosidade interna, podendo ser classificada diante seu tamanho, sendo macro, meso e microporosidades, tendo uma rede de poros estreitos o que facilita o processo de adsorção, levando em consideração a área superficial e o tamanho do poro, sendo um ótimo processo para remoção de poluentes, sejam eles em forma líquida ou gasosa (MOHAMMAD-KHAH; ANSARI, 2009).

Os poros presentes no CAG são classificados como microporos primários com diâmetro menor que 1,2 nm ($< 12 \text{ \AA}$); Microporos secundários com diâmetro $< 2 \text{ nm}$ ($> 12 < 20 \text{ \AA}$); Mesoporos com diâmetro entre 2 e 50 nm ($> 20 < 500 \text{ \AA}$) e macroporos com diâmetro maior que 50 nm ($< 500 \text{ \AA}$), em que os micropoluentes são, na maioria das vezes, adsorvidos nos mesoporos e microporos enquanto os macroporos ficam responsáveis por realizar um caminho

preferencial para os micropoluentes a serem adsorvidos. Toda essa estrutura porosa é interligada (PÁDUA, 2006).

Na Figura 2 encontram-se imagens obtidas por meio de micrografia eletrônica de varredura, sendo possível ter percepção do quantitativo de macro, meso e microporos do CAG.

Figura 2 – Micrografia eletrônica de varredura do adsorvente CAG



Fonte: Alves (2017).

Pode-se observar por meio das imagens de microscopia eletrônica de varredura do CAG a estrutura porosa regular e bem definida do adsorvente, o que favorece de maneira significativa a adsorção de micropoluentes e compostos agrotóxicos, devido à presença de microporos e macroporos (MWH, 2012).

Na potabilização de água, o carvão ativado é um adsorvente comumente utilizado sob duas formas, sendo o CAG comumente utilizado em colunas (filtros) após a filtração em ETA e o CAP normalmente adicionado na água bruta ou pré-oxidada. A aplicação do CAP é mais comum quando identificada a contaminação por micropoluentes, porém o tempo do tratamento é muito maior e a possibilidade de regeneração é reduzida, fazendo com que o CAG seja uma alternativa mais viável, tanto ambientalmente como economicamente (AWWA, 2011).

A adsorção utilizando carvão ativado tem sido empregada principalmente para reduzir as concentrações dos compostos orgânicos indesejados, pois em comparação com a oxidação da água bruta, nota-se que a oxidação forma compostos com a massa molecular menor, mas não reduz a carga, diferente da utilização de CAG e CAP que atendem esta finalidade de remoção, sendo assim umas das técnicas mais utilizadas (HELLER; PÁDUA, 2006).

As vantagens do uso do CAP estão relacionadas ao tempo de contato longo, possui boa mistura, consegue-se obter um melhor contato da dosagem utilizada, já o CAG possui como principal vantagem a fácil regeneração, recomendável na presença contínua de microcontaminantes (MWH, 2012).

A sustentabilidade ambiental referente a possibilidade de regeneração do material utilizado no processo de potabilização de água apresenta resultados promissores na remoção de micropoluentes presente na água destinada a consumo humano. Sua forma granular ainda permite compostos orgânicos voláteis a grandes moléculas orgânicas (DI BERNARDO; DANTAS 2005; MWH, 2012, HELLER; PÁDUA, 2006).

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), o conhecimento do material adsorvente e a capacidade de remoção dos contaminantes é de extrema importância quando é escolhido o tipo do adsorvente, ou seja, não são todos os tipos de carvão ativado que serão capazes de adsorver determinada substância orgânica.

2.2.2.2 Reatores de leito fixo

Segundo Fogler (2009), reatores são espaços delimitados nos quais os processos que ocorrem em seu interior são controlados, visando sempre um propósito. Os reatores de leito fixo têm por sua característica ser um tubo recheado de partículas de catalisador sólido (SILVA FILHO; 2013). De acordo com Reddy *et al.* (1995), o termo “leito fixo” é descrito como o leito descendente, sendo o topo do leito mantido em nível constante.

Os reatores de leito fixo são reatores contínuos e, quando comparado a reatores fluidizados, apresentam maior resistência à transferência de massa, maior facilidade de desenvolvimento de sua modelagem e tendem a realizar caminhos preferenciais (ZAIAT, 2003). Além do mais, possui vantagens relacionadas à quantidade de matéria orgânica contida, simplicidade de construção, processo de baixo custo e manutenção, além de não possuir necessidade de equipamentos auxiliares como bombas (ESCUDIÉ *et al.*, 2005).

A estabilização do reator conta com um processo de contato onde a água a ser tratada passa pelos materiais sólidos, sejam eles ativos ou não, como, por exemplo, a adsorção realizada

pelo CAG ou pela retenção de sólidos presentes na água, na brita ou areia pertencente no leito do reator (YOUNG, 1991).

Estudos como o de Alves *et al.* (2018) utilizando o processo de adsorção em leito fixo de CAG aplicado para remoção dos agrotóxicos carbamatos carbaril, metomil e carbofurano em água de abastecimento público, apresentou resultados positivos quanto à remoção destes agrotóxicos, com resultados de remoção de até 100% dos carbamatos, além disso, o processo permitiu a melhoria da qualidade da água do estudo, reduzindo a turbidez e cor aparente da água bruta, demonstrando resultados positivos na capacidade de remoção de micropoluentes e desencadeando o fomento da implementação da mesma. De acordo com os autores, a utilização desse processo traz grandes avanços em relação à reduzida produção de subprodutos se comparados aos processos de oxidação.

Entretanto, como todo processo de tratamento, há de ser considerado que fatores ambientais podem interferir no bom desempenho do reator, fazendo-se necessário identificar parâmetros como temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH, concentração de matéria orgânica natural (MON) e condutividade elétrica (FREIHARDT; JEKEL; RUHL, 2017).

No Quadro 1 estão descritos alguns dos estudos que utilizaram reatores contendo coluna de leito fixo com a finalidade de potabilização de água para consumo humano.

Quadro 1 – Estudos utilizando reator de leito fixo para potabilização de água

Título do estudo	Processo tecnológico aplicado	Material utilizado no leito fixo	Link de acesso
Performance of the fixed-bed of granular activated carbon for the removal of pesticides from water supply	Adsorção	Carvão ativado granular (CAG)	DOI: https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1435731
Potabilização de águas subterrâneas em área rural por meio da tecnologia de adsorção em coluna de leito fixo de carvão ativado granular	Adsorção	Carvão ativado granular (CAG)	https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/2342
Reator de Leito Fixo Bi-fluxo (RLF-BF) aplicado a potabilização de água subterrânea do meio rural	Adsorção	Carvão ativado granular (CAG)	https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/5709
Oxytetracycline removal and E. Coli inactivation by decomposition of hydrogen peroxide in a continuous	Oxidação de Fenton com catalisador de hematita heterogênea	Fenton e Hematita Heterogênea	https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.120267

fixed bed reactor using heterogeneous catalyst			
Water disinfection using fixed bed reactors packed with silver nanoparticle immobilized glass capillary tubes	Adsorção	Nanopartículas de prata imobilizadas	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.482
Design and optimization of an electrocoagulation reactor for fluoride remediation in underground water sources for human consumption	Eletrocoagulação	Eletrodos de alumínio	https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100865

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

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 e a falta de tratamento efetivo no meio rural brasileiro (GHISI, 2019).

2.3 DISPOSITIVOS JURÍDICOS APLICADOS A POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA NO BRASIL

O Brasil prevê na Constituição Federal (1988), no Art. 6º do Capítulo IV que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, se impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Para tanto se fazem necessárias políticas públicas, como as leis que auxiliem neste processo para alcançar uma sadia qualidade de vida, levando em consideração que o abastecimento público de água potável aliado a um

saneamento básico de qualidade proporciona uma melhora social e de vida para os indivíduos presentes ali (BRASIL, 1988).

Os procedimentos de controle e vigilância da qualidade e os padrões de potabilidade das águas para fins de abastecimento público e consumo humano são estabelecidos pela Portaria de Consolidação GM/MS nº 05, de 28 de setembro de 2017, que preconiza normas sobre as Ações e os Serviços de Saúde do Sistema Único de Saúde e, referente à mesma norma, no Art. 129º do Capítulo V, na sessão II, trata do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade, no Anexo XX (BRASIL, 2017).

No dia 4 de maio de 2021 foi consolidada a Portaria GM/MS nº 888/2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017 e dispõe sobre os parâmetros de controle e vigilância da qualidade das águas tratadas para o abastecimento público e definições referindo-se a água para consumo humano (BRASIL, 2021).

As principais alterações no Anexo XX estão atreladas a atribuição da responsabilidade às autoridades públicas dos municípios de realizarem a vigilância da qualidade da água distribuída, levando em consideração os VMP de possíveis substâncias sejam elas físicas, químicas, biológicas, compostos inorgânicos e orgânicos presentes na água de abastecimento público (BRASIL, 2021).

Na Tabela 1 estão descritos alguns desses parâmetros norteadores dos VMP dos padrões de qualidade da água para consumo humano.

Tabela 1 – Alguns dos parâmetros de padrões de potabilidade respeitando os valores máximos permitidos estabelecido pela Portaria nº 888/2021 do MS

Parâmetros	Unidades	Valor Máximo Permitido (VMP)
Absorbância	$\lambda - 254 \text{ nm}$	-
Alcalinidade	$\text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$	-
Cloro livre	mg L^{-1}	5,0
Coliformes termotolerantes	Presença ou Ausência	Ausência em 100 mL
Coliformes totais	Presença ou Ausência	Ausência em 100 mL
Condutividade elétrica	$\mu\text{S cm}^{-1}$	-
Cor aparente	uH	15,0
pH	-	6,0 a 9,0
Turbidez	uT	5,0
Glifosato + AMPA	$\mu\text{g L}^{-1}$	500

Fonte: Adaptado da Portaria nº 888/2021 do MS.

Ainda no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017 alterado pela Portaria nº 888/2021, há indicação de que nas amostragens da qualidade da água para fins de consumo

humano referente aos mananciais subterrâneos deve ser levado em consideração a análise parâmetros, nitrogênio amoniacal total, fósforo total, pH, cor, turbidez, compostos agrotóxicos e compostos orgânicos e inorgânicos (BRASIL, 2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho tem como meio metodológico avaliar o desempenho do RLF-BFC quanto a eficiência na potabilização da água subterrânea, junto à organização e estrutura dos Laboratórios da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) *Campus* Cerro Largo/RS, com destaque ao Laboratório de Águas e Ecotoxicologia. Todos os resíduos gerados durante o estudo foram descartados de maneira ambientalmente correta, de acordo com as legislações e conforme o plano de gerenciamento de resíduos da UFFS *Campus* Cerro Largo.

3.1 TIPO DE ESTUDO

O estudo foi realizado por meio da pesquisa experimental, conforme descrito por Marconi e Lakatos (2003) considerando a realização de análises em laboratório e a campo, seguido de interpretação dos resultados obtidos.

3.2 ÁREA E ÁGUA DE ESTUDO

Segundo o IBGE (2021), Cerro Largo/RS município localizado no noroeste do estado do Rio Grande do Sul (RS), possui cerca de 14.243 habitantes com uma área territorial de 176,643 km², densidade demográfica de 74,79 hab/ km² e dados de 2010 apresentam que o IDHM é de 0,764, nível de escolarização de 98,2%, onde 83,0% das residências estão localizadas na área urbana e 17,0% localizado na área rural.

A área de estudo está localizada a uma latitude de -28,128530 sul e longitude de -54,750418 oeste. O local tem em sua predominância um clima subtropical úmido, com temperatura média anual de 20,7 °C, com o índice pluviométrico médio anual de 1.842 mm (IBGE, 2010).

O município ainda conta com 7.500 hectares de área plantada, que impacta diretamente na economia da cidade que tem como sua base a agricultura, sendo 81% das áreas agrícolas usuárias de agrotóxicos, com 181 hectares de lavouras permanentes e 6909 hectares de lavouras temporárias, possuindo como principais culturas o milho, a soja, o trigo, o triticale e a mandioca (IBGE, 2017).

O município tem seu abastecimento de água exclusivamente por águas subterrâneas, passando por tratamento simplificado, ou seja, apenas desinfecção. Atualmente a captação de

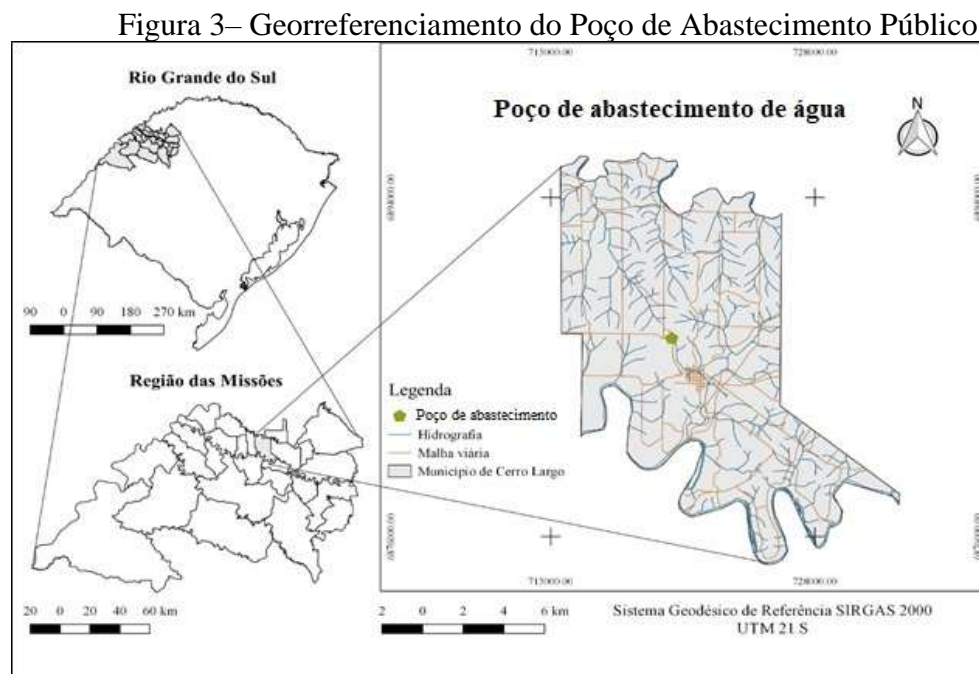
água com finalidade para consumo humano possui 34 poços registrados, entre eles sendo de responsabilidade da Prefeitura Municipal e CORSAN (SILVEIRA, 2019).

A água de estudo foi determinada considerando os seguintes critérios:

- Monitoramento prévio a este estudo, detectou a presença de micropoluentes, abaixo do VMP estabelecidos na Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde e suas alterações na Portaria nº 888/21 do MS;

- Possibilidade de implantação do RLF-BFC, visto que o local se apresenta em área desassistida companhia de abastecimento de água.

Na Figura 3, está especificado o local de captação da água e instalação do RLF-BFC.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.3 REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO CONTÍNUO

O RLF-BFC confeccionado, dimensionado e construído com finalidade de auxiliar e contribuir para potabilização de água de abastecimento público em meio rural, incluindo a remoção de micropoluentes por compostos agrotóxicos, seguindo o descrito por Alves (2018).

2

² Desenvolvido por Alves (2018) de acordo com a Chamada Universal MCTIC/CNPq nº28/2018.

O mesmo 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 $120 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e o RLF-BFC 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.

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. Sendo ambos eles, 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 $110 \text{ }^\circ\text{C}$ 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.

3.3.1 Operacionalização do RLF-BFC

Para a operação do RLF-BFC utilizou-se em média 400 L de água bruta coletada do poço de água subterrânea localizado em Cerro Largo/RS fortificada com glifosato+AMPA na concentração máxima de quatro vezes o VMP estipulado pela Portaria n° 888/21 do MS.

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 $120 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

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), e aferidas avazão de saída do reservatório de água e a perda de carga dos leitos.

O processo de operacionalização foi realizado por 440 minutos, em um total de 22 coletas de amostras. No entanto, testes preliminares foram realizados em termos de passagem de fluido para averiguação de possíveis vazamentos e sequencialmente realizaram-se os testes operacionais.

3.4 PROCEDIMENTO ANALITÍCO

Os parâmetros químicos, físicos e bacteriológicos foram analisados em triplicata e a água de estudo foi analisada sequencialmente a coleta pré e pós-tratamento pelo RLF-BFC. Todos os procedimentos ocorreram no Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). A avaliação considerou os parâmetros descritos no Tabela 2.

Tabela 2 – Metodologia de análises físico-químicas e bacteriológica

Parâmetro Analisado	Método	Equipamento
Absorbância (λ -254 nm)	5910 B (APHA ⁽¹⁾ , 2012)	Espectrofotômetros UV-Visíveis
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	9211 (APHA, 2012)	Kit Pool Test®
Cloro livre (mg L ⁻¹)	9211 (APHA, 2012)	Kit Pool Test®
Coliformes Totais	SM 9221 C APHA, 2005	Kit COLItest ®
Condutividade Elétrica (uS cm ⁻¹)	2510 B APHA, 2005	Sonda multiparâmetro YSI professional plus
Cor Aparente (uH)	2120 B APHA, 2005	Calorímetro Del Lab® DLA-COR
<i>Escherichia Coli</i> (NMP 100 mL ⁻¹)	SM 9221 F APHA, 2005	Kit COLItest ®
Agrotóxico (Glifosato)	LC-MS	HPLC-MS
pH	4500 B APHA, 2005	pHmetro Hanna, HI 2221
Turbidez (UT)	2130 B APHA, 2005	Turbidímetro PoliControl AP 2000

Fonte: Elaborada pela autora (2022). Notas: (LC-MS) Cromatografia Líquida de Alta Eficiência Acoplada a Espectrometria de massas, do inglês Liquid Chromatography Mass Spectrometry; (1) American Public Health Association 2005.

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.

3.4.1 Fortificação da água bruta com Glifosato+AMPA e análise pré e pós-tratamento por RLF-BFC

A fortificação da AB foi realizada por meio da inserção de glifosato+AMPA, próximo a quatro vezes o VMP estabelecido pela Portaria nº 888/21 do MS, sendo ele $500 \mu\text{g L}^{-1}$. Este procedimento foi realizado para que seja possível determinar a eficiência de remoção deste composto químico pelo RLF-BFC.

Para tanto foram enviadas duas amostras a um laboratório certificado pela Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente (FEPAM), sendo uma com a AB fortificada e outra da ATF-A.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item serão abordados os resultados e discussões em relação ao funcionamento do RLF-BFC, levando em consideração os parâmetros analisados e suas comparações com o preconizado na Portaria de Consolidação nº 888/21 do MS e a eficiência do tratamento e limitações.

4.1 EFICIÊNCIA DO RLF-BFC EM TERMOS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

4.1.1 Absorbância ($\lambda - 254$ nm)

Os resultados referentes ao parâmetro absorbância ($\lambda - 254$ nm) nas amostras de água AB, ATF e ATF-A coletadas do RLF-BFC estão descritas na Tabela 3 e Gráfico 1.

Tabela 3 – Absorbância da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC

Tempo	Absorbância ($\lambda - 254$ nm)					
	AB	Desvio padrão	ATF	Desvio padrão	ATF-A	Desvio padrão
0	0,022	$\leq 0,01$	0,047	$\leq 0,01$	0,029	$\leq 0,01$
1	0,020	$\leq 0,01$	0,053	$\leq 0,01$	0,033	$\leq 0,01$
2	0,027	$\leq 0,01$	0,037	$\leq 0,01$	0,032	$\leq 0,01$
3	0,022	$\leq 0,01$	0,025	$\leq 0,01$	0,032	$\leq 0,01$
4	0,025	$\leq 0,01$	0,030	$\leq 0,01$	0,030	$\leq 0,01$
5	0,027	$\leq 0,01$	0,028	$\leq 0,01$	0,031	$\leq 0,01$
6	0,022	$\leq 0,01$	0,027	$\leq 0,01$	0,033	$\leq 0,01$
7	0,022	$\leq 0,01$	0,025	$\leq 0,01$	0,028	$\leq 0,01$
8	0,022	$\leq 0,01$	0,024	$\leq 0,01$	0,033	$\leq 0,01$
9	0,023	$\leq 0,01$	0,025	$\leq 0,01$	0,037	$\leq 0,01$
10	0,024	$\leq 0,01$	0,023	$\leq 0,01$	0,034	$\leq 0,01$
11	0,024	$\leq 0,01$	0,024	$\leq 0,01$	0,043	$\leq 0,01$
12	0,023	$\leq 0,01$	0,023	$\leq 0,01$	0,040	$\leq 0,01$

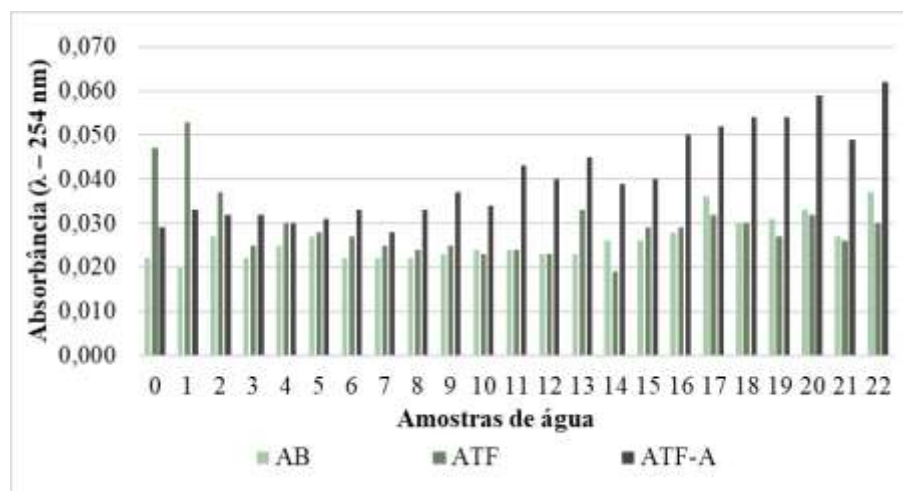
(continua)

(continuação)

Tempo	Absorbância ($\lambda - 254 \text{ nm}$)					
	AB	Desvio padrão	ATF	Desvio padrão	ATF-A	Desvio padrão
13	0,023	$\leq 0,01$	0,033	$\leq 0,01$	0,045	$\leq 0,01$
14	0,026	$\leq 0,01$	0,019	$\leq 0,01$	0,039	$\leq 0,01$
15	0,026	$\leq 0,01$	0,029	$\leq 0,01$	0,040	$\leq 0,01$
16	0,028	$\leq 0,01$	0,029	$\leq 0,01$	0,050	$\leq 0,01$
17	0,036	$\leq 0,01$	0,032	$\leq 0,01$	0,052	$\leq 0,01$
18	0,030	$\leq 0,01$	0,030	$\leq 0,01$	0,054	$\leq 0,01$
19	0,031	$\leq 0,01$	0,027	$\leq 0,01$	0,054	$\leq 0,01$
20	0,033	$\leq 0,01$	0,032	$\leq 0,01$	0,060	$\leq 0,01$
21	0,027	$\leq 0,01$	0,026	$\leq 0,01$	0,049	$\leq 0,01$
22	0,037	$\leq 0,01$	0,030	$\leq 0,01$	0,064	$\leq 0,01$

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

Gráfico 1 – Absorbância ($\lambda - 254 \text{ nm}$) da água das amostras AB, ATF E ATF-A



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os resultados de absorvância ($\lambda - 254 \text{ nm}$) variaram ao longo dos pontos amostrais, entre 0,019 a 0,062 u.a. Em relação a AB as amostras atingiram a mínima 0,020 u.a na amostra 1 e máxima na amostragem 22.

A comparação entre as amostras de água da AB e ATF apresentou uma redução média de 8,07 % na absorvância ($\lambda - 254 \text{ nm}$), tal resultado pode ter influência do leito filtrante (areia), ou seja, a matéria orgânica ficou retida no leito filtrante. Nas amostras AB para ATF-A não se

obteve redução da absorvância ($\lambda = 254$ nm), o que pode ter sido causado pelo arraste de partículas de CAG, quem podem ter influenciado no resultado.

As amostras ATF em comparação com ATF-A foi indicado uma redução média de 22,4 % da absorvância ($\lambda = 254$ nm), indicando que houve eficiência de remoção utilizando o CAG no leito adsorvente. Portando o RLF-BFC ao longo das amostragens ATF-A obteve 22,4 % de eficiência de remoção.

A Portaria nº 888/2021 do MS não considera a absorvância como um parâmetro de potabilidade, entretanto ela relaciona a presença de matéria orgânica presente nos corpos d'água, podendo ser um indicador de poluição, ou uma indicação de material particulado na matriz analisada (VON SPERLING, 1996), sendo visível nos resultados acerca do aumento da absorvância durante o tempo de operação do RFL-BFC.

4.1.2 Alcalinidade (mg L⁻¹)

Todos os resultados de alcalinidade das amostragens de água de AB, ATF e ATF-A foram de 180 mg L⁻¹. Segundo Gastmans *et al.* (2013), os poços de água subterrânea que os valores elevados de alcalinidade estão relacionados a presença de calcita, a qual faz o papel de retirada de cálcio das águas subterrâneas sob a forma de carbonatos, ocasionando o aumento da alcalinidade e pH dessas águas.

A Portaria nº 888/2021 do MS não estabelece VMP para alcalinidade, no entanto o conhecimento do parâmetro em questão auxilia no controle de possíveis problemas no sistema de abastecimento, podendo exigir ou não a adição de alcalinizante com a finalidade de estabilidade do carbonato de cálcio (DI BERNADO; DANTAS 2005).

De acordo com a FUNASA (2014), valores elevados de alcalinidade estão relacionados ao processo de decomposição de matéria orgânica e à alta taxa respiratória de micro-organismos, em que a maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg L⁻¹.

4.1.3 Cloro Livre (mg L⁻¹)

Os resultados para cloro livre das amostras AB, ATF e ATF-A foram $\leq 0,01$. Segundo a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS, o VMP para o cloro residual livre em captação de mananciais subterrâneos é de 2 mg L⁻¹.

Entretanto, a referida Portaria especifica a obrigação de possuir no mínimo $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ de cloro residual livre ou 2 mg L^{-1} de cloro residual combinado ou de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição de água para consumo humano. Senso assim, as amostras AB, ATF E ATF-A estão em desconformidade com o estabelecido na Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS, mostrando que possivelmente o poço de captação de água subterrânea coletada para o estudo prática não possui realização de tratamento de cloração ou é ineficaz.

O cloro residual livre na água possibilita a descontaminação de possíveis patógenos, portanto a inexistência de residual na água pode facilitar infecções causadas por bactérias à população (BRASIL, 2021).

4.1.4 Condutividade elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$)

Os resultados referentes ao parâmetro condutividade elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$) nas amostras de água AB, ATF e ATF-A coletadas do RLF-BFC estão descritos na Tabela 4 e Gráfico 2.

Tabela 4 – Condutividade elétrica da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC

Tempo	Condutividade elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$)					
	AB	Desvio padrão	ATF	Desvio padrão	ATF-A	Desvio padrão
0	272,9	$\leq 0,01$	310,8	$\leq 0,01$	279,3	$\leq 0,01$
1	285	$\leq 0,01$	293	$\leq 0,01$	335,3	$\leq 0,01$
2	290	$\leq 0,01$	293,2	$\leq 0,01$	327	$\leq 0,01$
3	291,5	$\leq 0,01$	283	$\leq 0,01$	310,4	$\leq 0,01$
4	280	$\leq 0,01$	267,4	$\leq 0,01$	301,7	$\leq 0,01$
5	293,5	$\leq 0,01$	250,1	$\leq 0,01$	267,6	$\leq 0,01$
6	239,7	$\leq 0,01$	245,9	$\leq 0,01$	290,6	$\leq 0,01$
7	281,3	$\leq 0,01$	252,1	$\leq 0,01$	270,1	$\leq 0,01$
8	265,2	$\leq 0,01$	263,8	$\leq 0,01$	280,5	$\leq 0,01$
9	258,7	$\leq 0,01$	274,8	$\leq 0,01$	274,2	$\leq 0,01$
10	295,5	$\leq 0,01$	273,3	$\leq 0,01$	252,6	$\leq 0,01$
11	289,8	$\leq 0,01$	274,5	$\leq 0,01$	276,9	$\leq 0,01$
12	254,9	$\leq 0,01$	271,8	$\leq 0,01$	245,9	$\leq 0,01$

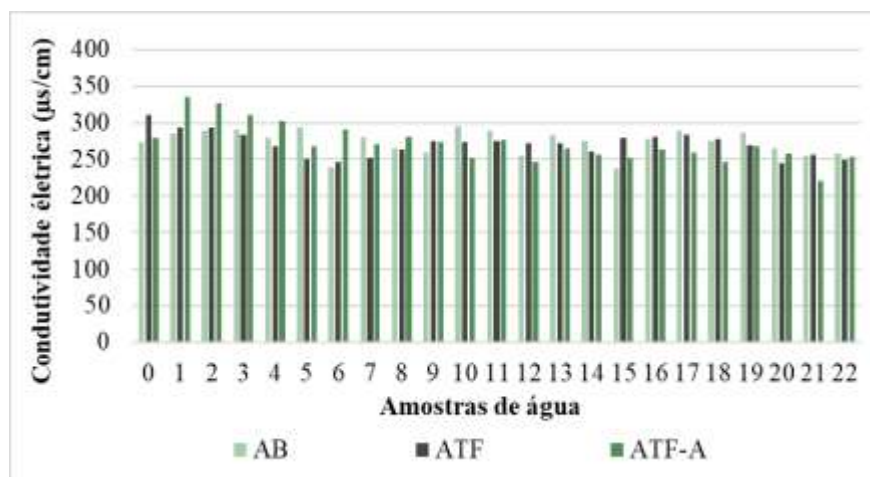
(continua)

(continuação)

Tempo	Condutividade elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$)					
	AB	Desvio padrão	ATF	Desvio padrão	ATF-A	Desvio padrão
13	283,2	$\leq 0,01$	272,3	$\leq 0,01$	265,7	$\leq 0,01$
14	275,7	$\leq 0,01$	260,5	$\leq 0,01$	256,9	$\leq 0,01$
15	237,1	$\leq 0,01$	279,6	$\leq 0,01$	252	$\leq 0,01$
16	278,6	$\leq 0,01$	280,1	$\leq 0,01$	262,9	$\leq 0,01$
17	289,2	$\leq 0,01$	283,7	$\leq 0,01$	259,1	$\leq 0,01$
18	274,4	$\leq 0,01$	278,5	$\leq 0,01$	245,9	$\leq 0,01$
19	286,3	$\leq 0,01$	269,1	$\leq 0,01$	267,9	$\leq 0,01$
20	264,7	$\leq 0,01$	245,2	$\leq 0,01$	258,4	$\leq 0,01$
21	255	$\leq 0,01$	256,3	$\leq 0,01$	220,7	$\leq 0,01$
22	257,5	$\leq 0,01$	249,2	$\leq 0,01$	253,3	$\leq 0,01$

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

Gráfico 2 – Condutividade elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$) da água das amostras AB, ATF E ATF-A



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os resultados de condutividade elétrica das amostras de água ao longo das 22 coletas variaram de $220,7 \mu\text{s cm}^{-1}$ a $335,3 \mu\text{s cm}^{-1}$. Segundo Rajendran e Mansiya (2015) para as águas subterrâneas, em geral a condutividade elétrica varia entre $650 \mu\text{s cm}^{-1}$ e $1200 \mu\text{s cm}^{-1}$ o que tem relação com a quantidade de íons dissolvidos na água, ou seja, quando maior a quantidade de íons presentes na água, maior será sua condutividade, não representando risco a saúde humana.

Nas amostras de AB obteve-se resultados mais elevados do que nas amostras ATF-A. E, durante a operação do RLF-BFC a amostra AB em comparação a ATF apresentou redução média de 6% da condutividade elétrica, indicando que, possivelmente o leito filtrante não foi capaz de reter totalmente substâncias dissolvidas. Nas amostras AB em comparação ATF-A houve uma redução média de 7,04 % e na amostra ATF obteve-se uma redução média de 7 % da condutividade elétrica se comparado a ATF-A.

Identificou-se uma redução próxima a 7 % de condutividade elétrica em ambas amostragens ATF e ATF-A. Ou seja, houve uma eficiência de 7 % com o emprego do RLF-BFC na remoção de íons dissolvidos na água bruta.

Estes resultados confirmam com resultados descritos por Alves (2017) em estudo que avaliou a condutividade elétrica utilizando água de abastecimento público, onde demonstram que os sólidos dissolvidos na água tratada por tratamento de desinfecção, foram parcialmente retidos por meio da adsorção em leito fixo de CAG.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS, alterada pela portaria nº 888/2021 não estabelece VMP para variável condutividade elétrica. Desta forma, a variável em questão não pode ser comparada com valores de referência.

4.1.5 Cor Aparente (μH)

Os resultados referentes ao parâmetro cor aparente (μH) nas amostras de água AB, ATF e ATF-A coletadas do RLF-BFC estão descritos na Tabela 5 e Gráfico 3.

Tabela 5 – Cor aparente da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC

Tempo	Cor aparente (μH)					
	AB	Desvio padrão	ATF	Desvio padrão	ATF-A	Desvio padrão
0	0	$\leq 0,01$	9,367	0,115	0	$\leq 0,01$
1	0	$\leq 0,01$	8,967	0,289	0	$\leq 0,01$
2	0	$\leq 0,01$	3,033	0,961	0	$\leq 0,01$
3	0	$\leq 0,01$	0	0,000	0	$\leq 0,01$
4	0	$\leq 0,01$	0	0,000	0	$\leq 0,01$
5	0	$\leq 0,01$	0	0,000	0	$\leq 0,01$
6	3,067	0,306	4,400	0,400	0,267	0,252

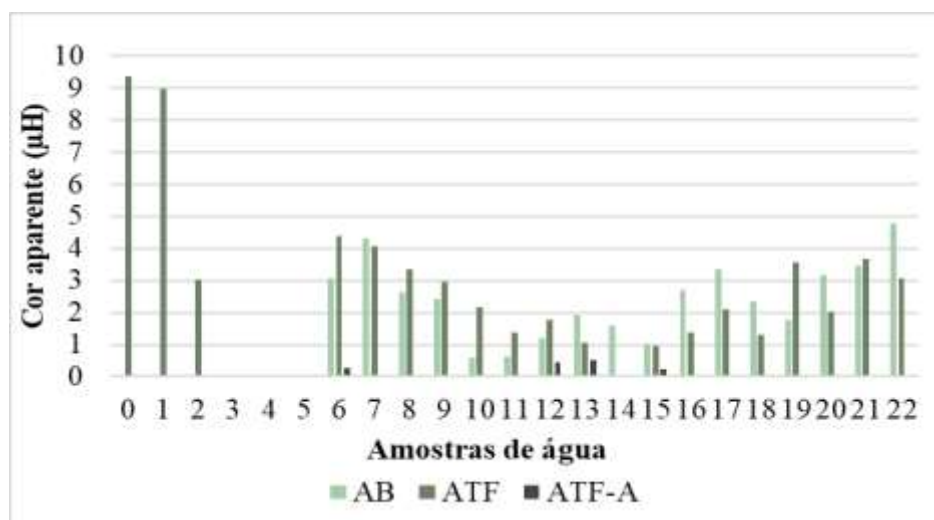
(continua)

(continuação)

Tempo	Cor aparente (μH)					
	AB	Desvio padrão	ATF	Desvio padrão	ATF-A	Desvio padrão
7	4,3	1,217	4,067	0,058	0	$\leq 0,01$
8	2,633	1,274	3,333	0,153	0	$\leq 0,01$
9	2,42	0,243	2,967	0,252	0	$\leq 0,01$
10	0,6	0,173	2,167	0,321	0	$\leq 0,01$
11	0,633	0,115	1,367	0,513	0	$\leq 0,01$
12	1,2	0,265	1,763	0,579	0,433	0,451
13	1,9	0,200	1,067	0,115	0,500	0,346
14	1,6	1,127	0,000	0,000	0,000	$\leq 0,01$
15	1,033	0,416	0,933	0,231	0,233	0,404
16	2,7	0,300	1,367	0,451	0	$\leq 0,01$
17	3,333	0,493	2,100	0,300	0	$\leq 0,01$
18	2,333	0,493	1,300	0,436	0	$\leq 0,01$
19	1,767	0,306	3,567	0,379	0	$\leq 0,01$
20	3,167	0,306	2,033	0,153	0	$\leq 0,01$
21	3,467	0,808	3,667	0,231	0	$\leq 0,01$
22	4,767	0,611	3,067	0,115	0	$\leq 0,01$

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

Gráfico 3 – Cor aparente (μH) da água das amostras AB, ATF E ATF-A



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os valores de cor aparente das amostras apresentaram resultados que variaram de 0 a 9,4 uH. Onde o maior valor de cor aparente foi na amostra ATF 0.

Ao se comparar as amostras AB em relação ATF se identificou uma redução média de 44,45 % de cor aparente, indicando que o leito filtrante foi capaz de reter partículas dissolvidas na água, chegando a máxima remoção/eficiência (100 %) na amostra ATF 14.

Nas amostras de AB em comparação a ATF-A, a redução média foi de 89,2 %, destacando-se que, nas amostras 7, 8, 9, 10, 11, 14, 16, 14, 18, 19, 20, 21, 22 apresentaram redução de 100%, indicando assim uma possível adsorção de material coloidal no CAG do leito adsorvente.

Nas amostragens ATF em comparação a ATF-A, houve uma redução média de 94,6 % de cor aparente e nas amostras ATF-A 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 houve remoção de 100 % em relação a remoção da cor aparente. Assim sendo, o emprego do RLF-BFC alcançou uma eficiência de remoção de cor aparente de 94,6 %.

Atualmente no Brasil o VMP para o padrão de potabilidade da Portaria nº 05/2017 do MS relacionada a cor aparente é de 15 uH, sendo assim os resultados obtidos ficaram dentro do permitido pela legislação.

A cor aparente está relacionada a matéria orgânica e outros compostos dissolvidos na água, mesmo se tratando de um parâmetro auxiliar, o parâmetro quando fora do VMP pode indicar um problema em alguma etapa do tratamento ou do processo empregado, além do mais é um fator ruim quando analisado o aspecto estético da água a ser consumida pela população (SOUSA, 2022).

4.1.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os resultados referentes ao parâmetro potencial hidrogeniônico (pH) nas amostras de água AB, ATF e ATF-A coletadas do RLF-BFC estão descritos na Tabela 7 e Gráfico 5.

Tabela 6 – pH da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC

Tempo	Potencial hidrogeniônico (pH)					
	AB	Desvio padrão	ATF	Desvio padrão	ATF-A	Desvio padrão
0	8,83	≤0,01	8,22	≤0,01	7,26	≤0,01
1	8,34	≤0,01	8,4	≤0,01	7,45	≤0,01

(continua)

(continuação)

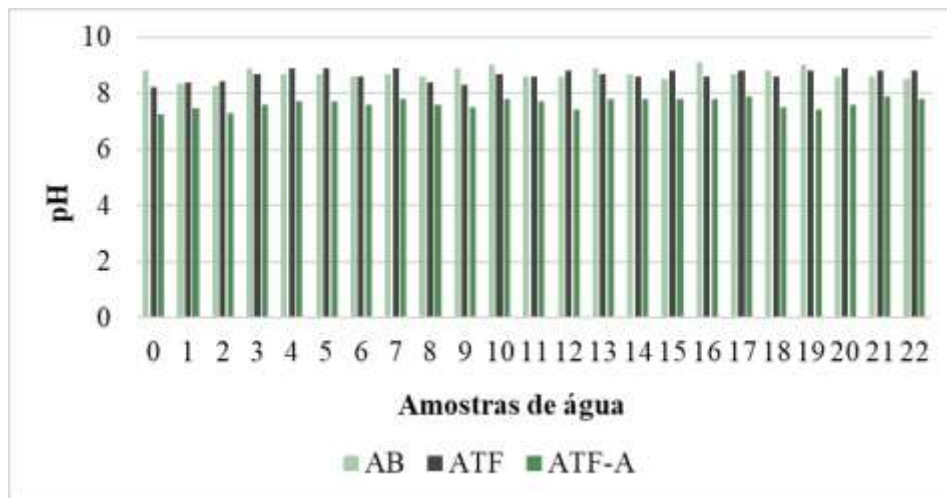
Tempo	Potencial hidrogeniônico (pH)					
	AB	Desvio padrão	ATF	Desvio padrão	ATF-A	Desvio padrão
2	8,25	≤0,01	8,42	≤0,01	7,31	≤0,01
3	8,9	≤0,01	8,7	≤0,01	7,6	≤0,01
4	8,7	≤0,01	8,9	≤0,01	7,7	≤0,01
5	8,7	≤0,01	8,9	≤0,01	7,7	≤0,01
6	8,6	≤0,01	8,6	≤0,01	7,6	≤0,01
7	8,7	≤0,01	8,9	≤0,01	7,8	≤0,01
8	8,6	≤0,01	8,4	≤0,01	7,6	≤0,01
9	8,9	≤0,01	8,3	≤0,01	7,5	≤0,01
10	9	≤0,01	8,7	≤0,01	7,8	≤0,01
11	8,6	≤0,01	8,6	≤0,01	7,7	≤0,01
12	8,6	≤0,01	8,8	≤0,01	7,4	≤0,01
13	8,9	≤0,01	8,7	≤0,01	7,8	≤0,01
14	8,7	≤0,01	8,6	≤0,01	7,8	≤0,01
15	8,5	≤0,01	8,8	≤0,01	7,8	≤0,01
16	9,1	≤0,01	8,6	≤0,01	7,8	≤0,01
17	8,7	≤0,01	8,8	≤0,01	7,9	≤0,01
18	8,8	≤0,01	8,6	≤0,01	7,5	≤0,01
19	9	≤0,01	8,8	≤0,01	7,4	≤0,01
20	8,6	≤0,01	8,9	≤0,01	7,6	≤0,01
21	8,6	≤0,01	8,8	≤0,01	7,9	≤0,01
22	8,5	≤0,01	8,8	≤0,01	7,8	≤0,01

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

Os valores de pH das amostras de água apresentaram resultados que variaram entre 7,26 e 9,1, mantendo-se em condições alcalinas. Em que, nas amostras AB e ATF os valores se mantiveram em média com pH de 8,6 em toda a operação. As amostras de ATF-A variaram entre pH de 7,6 e 7,9. Portanto, nas amostragens de ATF-A foi possível observar que o pH variou ao longo da operação, com tendência a neutralidade.

Os valores de pH das amostras de água apresentaram resultados que variaram entre 7,26 e 9,1, mantendo-se em condições alcalinas.

Gráfico 4 – pH da água das amostras da água das amostras AB, ATF e ATF-A



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Em que, nas amostras AB e ATF os valores se mantiveram em média com pH de 8,6 em toda a operação. As amostras de ATF-A variaram entre pH de 7,6 e 7,9. Portanto, nas amostragens de ATF-A foi possível observar que o pH variou ao longo da operação, com tendência a neutralidade.

Comparando as amostras de AB (pH 8,7) em relação a ATF (pH 8,6), houve uma variação média de 0,1 em relação ao pH, enquanto que, nas amostras AB para ATF-A se obteve uma variação de 8,6 a 7,6 do pH. Portanto, durante a operacionalização do RLF-BFC nas amostragens ATF-A o pH variou de 7,2 a 7,9, o que representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas presente na água de estudo.

De modo geral, todos os resultados encontrados estão dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº 05/2017 do MS que estabelece o valor de pH entre 6 a 9. E, os valores corroboram aos estudos realizados por Silveira (2019), acerca de águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral, no município de Cerro Largo/RS, em que o autor identificou valores de pH para a faixa alcalina, enquanto que Karlinski (2017), em estudos sobre a avaliação da água subterrânea de abastecimento individual no município de Três de Maio/RS, encontrou valores de pH entre 6,23 a 10,2, ou seja, valores estes semelhantes aos identificados no presente estudo.

4.1.7 Turbidez (uT)

Os resultados referentes ao parâmetro turbidez (uT) nas amostras de água AB, ATF e ATF-A coletadas do RLF-BFC estão descritas na Tabela 8 e Gráfico 6.

Tabela 7 – Turbidez da AB, ATF e ATF-A do RLF-BFC

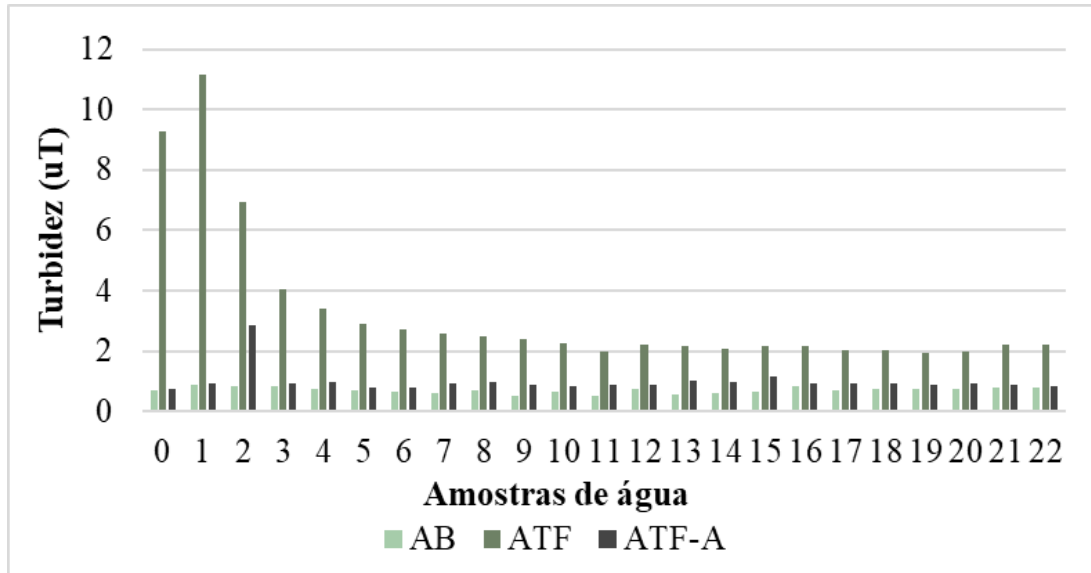
Tempo	Turbidez (uT)					
	AB	Desvio padrão	ATF	Desvio padrão	ATF-A	Desvio padrão
0	0,700	0,0265	9,260	0,165	0,733	0,055
1	0,880	0,1127	11,167	0,100	0,913	≤0,01
2	0,857	0,0252	6,933	0,286	2,860	≤0,01
3	0,857	0,0603	4,037	0,065	0,923	≤0,01
4	0,727	0,0839	3,413	0,126	0,963	0,049
5	0,697	0,0643	2,900	0,044	0,783	0,086
6	0,643	0,0321	2,720	0,159	0,787	0,078
7	0,613	≤0,01	2,587	0,096	0,907	≤0,01
8	0,687	0,0416	2,500	0,118	0,993	0,126
9	0,513	0,1940	2,403	0,091	0,883	≤0,01
10	0,657	0,0666	2,263	0,103	0,847	0,140
11	0,517	0,0757	2,000	0,161	0,877	0,153
12	0,753	0,0577	2,210	0,053	0,877	0,032
13	0,577	0,0404	2,153	0,031	1,000	0,044
14	0,603	0,0577	2,067	0,055	0,953	0,050
15	0,657	0,0737	2,143	≤0,01	1,140	0,044
16	0,830	0,1253	2,177	≤0,01	0,907	≤0,01
17	0,717	≤0,01	2,033	≤0,01	0,927	0,012
18	0,747	0,0404	2,033	0,029	0,930	≤0,01
19	0,720	≤0,01	1,947	0,075	0,863	≤0,01
20	0,747	≤0,01	1,993	≤0,01	0,937	≤0,01
21	0,780	0,1039	2,227	0,150	0,900	≤0,01
22	0,807	≤0,01	2,227	≤0,01	0,857	≤0,01

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

Os resultados de turbidez variaram de 0,513 uT a 11,167 uT, sendo que os VMP estabelecido pela Portaria nº 05/2017 do MS é de 5 uT, portanto foram ultrapassados nas amostragens da ATF no tempo 0, 1, 2, indicando de que provavelmente foi ocasionado pelo araste 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.

Gráfico 5 – Turbidez (uT) da água das amostras AB, ATF E ATF-A



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Nas amostras AB em comparação a ATF-A também não obteve remoção de turbidez, indicando uma possível interferência do CAG nas primeiras amostras de água, o que pode ter ocasionado o aumento da turbidez da ATF-A. No entanto, ao comparar os resultados das amostragens ATF comparadas a ATF-A houve uma redução média de 63,22 % da turbidez na água, ou seja, o CAG foi eficiente na redução do parâmetro em questão, além do mais demonstrou tendência em diminuir ao longo da operação do RLF-BFC indicando uma necessidade de continuidade do estudo para maiores períodos de operação do RLF-BF.

Tais resultados corroboram com o descrito por Alves (2017), em estudo que avaliou o mesmo parâmetro utilizando água de abastecimento público, confirmando que os resultados obtidos da turbidez onde o CAG foi responsável por determinar a turbidez da água tratada.

Zerwes *et al.* (2015), em estudo relacionado a qualidade da água de dois poços subterrâneos em zonas rurais do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul, encontraram valores semelhantes em relação a AB, com valores de turbidez entre 0,02 e 11,69 uT. Segundo os autores, a determinação da turbidez da água é diretamente relacionada pela presença de material sólido em suspensão, o que resulta na transparência das amostras.

4.1.8 Coliformes totais e termotolerantes (p/a)

Os resultados obtidos das amostragens da água do poço de captação de água subterrânea (AB-P), água bruta no tempo 0 (AB0) e água tratada por filtração seguida de adsorção na amostragem 22 (ATF-A22), apresentaram ausência da presença de coliformes totais e termotolerantes (p/a) em 100 mL de água, ou seja, tanto na água coleta do poço de abastecimento de água subterrânea, quanto no reator não houveram contaminação, eliminando assim a possível contaminação cruzada.

A Portaria nº 05/2017 do MS estabelece que em água para consumo humano deve haver ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL de amostra de água, portanto a água subterrânea do poço onde foi realizada a coleta da AB e a água após passar pelo RLF-BFC estão em acordo com a portaria vigente.

Na Figura 4 observa-se as amostras de água de AB e ATF-A pelo RLF-BFC, onde a cor amarelada confirma a presença de coliformes totais e a amostra sem alteração de coloração, ausência. Sendo assim, as amostras não apresentam coloração amarelada, confirmando a ausência destes microrganismos.

Figura 4 – Determinação de presença/ausência de coliformes totais



Fonte: Elaborado pela autora (2023). Nota: Água bruta poço rural (AB-P), água bruta (AB0), água tratada por filtração seguida de adsorção (ATF-A22).

A presença de bactérias na água traz indícios de poluição das águas, e a presença de *E. coli* é resultante de contaminação fecal de animais de sangue quente, consequentemente a

possibilidade de haver presença de microrganismo patogênicos na água, colocando a saúde e bem estar da população atendida por aquele abastecimento de água (CAMPOS *et al.*, 2019; VON SPERLING, 1996).

4.1.9 Perda de carga no leito filtrante e adsorvente do RLF-BF

Os resultados da perda de carga (cm) do leito filtrante e do leito adsorvente foram obtidos por meio do monitoramento da lâmina de água do leito filtrante e adsorvente ao longo do tempo de operação do RLF-BFC, os quais estão apresentados na Tabela 8 e Gráfico 4.

Tabela 8 – Perda de Carga do RLF-BFC

Amostra	Perda de carga no leito filtrante (cm)	Perda de carga no leito adsorvente (cm)	Tempo de operação (min)
0	7,5	18,6	0
1	19,5	18,6	20
2	27	18,6	40
3	28,2	18,6	60
4	28,2	18,6	80
5	29,6	18,6	100
6	29,7	18,6	120
7	28,7	18,6	140
8	27,5	18,6	160
9	24,6	18,6	180
10	26,2	18,6	200
11	27	18,6	220
12	27,5	18,6	240
13	27	18,6	260
14	26	18,6	280
15	24	19,7	300
16	25,7	19,7	320
17	25,5	19,7	340
18	24,5	19,7	360

(continua)

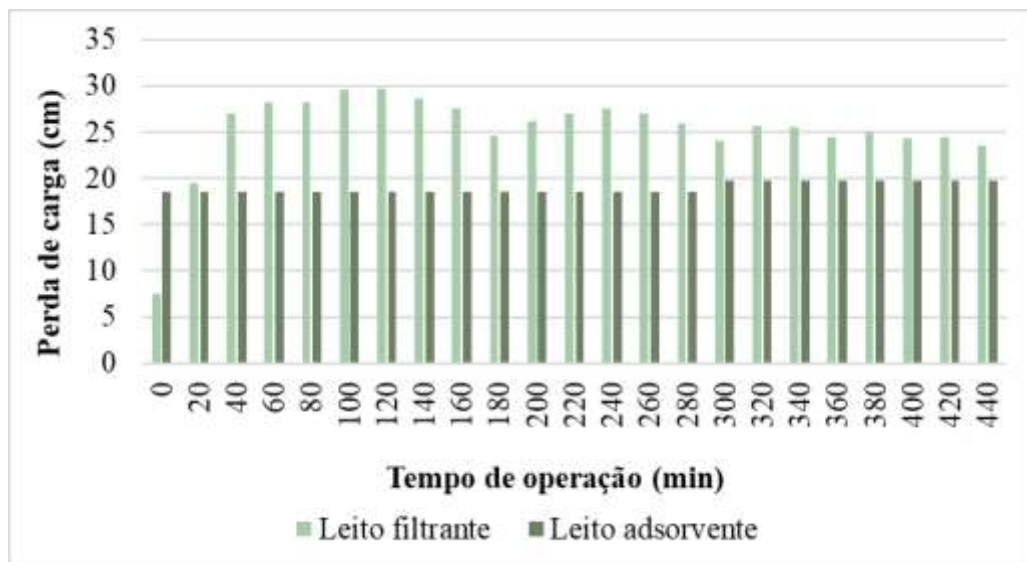
(continuação)

Amostra	Perda de carga no leito filtrante (cm)	Perda de carga no leito adsorvente (cm)	Tempo de operação (min)
19	25	19,7	380
20	24,3	19,7	400
21	24,5	19,7	420
22	23,5	19,7	440

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os resultados obtidos da perda de carga no leito filtrante foram de oram de 7,5 a 29,5 cm ao longo da operação do RLF-BFC (7 h 20 min), onde no tempo 0 a perda de carga foi de 7,5 cm e no tempo de 120 min foi atingido 29,7 cm de perda de carga, indicando um aumento da perda de carga durante a operacionalização do RLF-BFC. Além do mais a partir do tempo 40 min o reator se estabilizou em uma perda de carga de 26,4 cm, o qual pode ser observado no Gráfico 4.

Gráfico 6 – Perda de carga (cm) do leito adsorvente e filtrante no RLF-BF



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No leito adsorvente a perda de carga se manteve na média de 18,9 cm durante as 7h 20 min de operacionalização.

No estudo realizado por Alves (2018), com aplicação de coluna de adsorção em leito fixo de CAG para a potabilização de água de abastecimento público, o aumento da perda de

carga pode ser relacionada principalmente a remoção de cor aparente e turbidez, ou seja, os sólidos presentes na água eram retidos pelo leito filtrante e pelos poros disponíveis no CAG do leito adsorvente, o que levou a diminuição da vazão de saída, o aumento da perda de carga e consequentemente a colmatção dos leitos.

No entanto, o RLF-BFC não apresentou a máxima de perda de carga, ou seja, não chegou em seu ponto máximo de colmatção, o que possivelmente aconteceria em um maior tempo de operacionalização e por conseguinte, num maior volume de água tratada.

4.1.10 Glifosato+AMPA ($\mu\text{g L}^{-1}$)

Os resultados referentes ao parâmetro glifosato+AMPA ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas amostras de água AB e ATF-A coletadas do RLF-BFC e enviadas a um laboratório certificado pela FEPAM, estão descritas no Anexo A e Anexo B.

Os resultados em comparação da AB para ATF-A apresentaram remoção de 27,2 % do composto agrotóxico glifosato+AMPA. Portanto o RLF-BFC atingiu uma eficiência de remoção de 27,2 % do composto agrotóxico.

Tais resultados podem estar atrelados pela quantidade de composto adsorvente no leito adsorvente, visto que a coluna possuía 0,13 m. De acordo com estudos de Kumar *et al.*, 2014 o aumento da eficiência de remoção do composto agrotóxico glifosato+AMPA tem relação com a ampliação da área de superfície disponível para adsorção, em decorrência da interferência entre os locais de ligação de doses de adsorvente.

Adotando-se os resultados de eficiência de remoção de glifosato+AMPA obtidos e realizando-se uma estimativa de redução deste herbicida em situações reais de contaminação de água para amostras contaminadas de origem subterrânea (Sanchís *et al.*, 2012; Jayasumana *et al.*, 2015; Van Stempvoort *et al.*, 2016) em que os valores detectados variaram de 0,02 a 427 $\mu\text{g L}^{-1}$, adotando uma remoção de 27,2 % seria suficiente para se alcançar a concentração do glifosato+AMPA em água tratada, de acordo com o estabelecido pela Portaria nº 05/2017 do MS e ao estabelecido pelas normativas do Canadá e Estados Unidos (BRASIL, 2017; CANADA, 2017; USEPA, 2009).

5 CONCLUSÃO

Ao considerar os objetivos e os resultados obtidos no estudo, pode-se concluir que:

O dimensionamento e instalação do RLF-BFC, se mostrou eficiente quando a empregabilidade com fins de potabilização de água por processo de filtração e adsorção;

A construção seguiu o descrito na ABNT NBR n° 12.216/1992, sendo possível o funcionamento dos processos de filtração e adsorção por gravidade;

A ATF-A para os parâmetros de pH, turbidez, cor aparente e coliformes totais ficaram de acordo com o estipulado pela Portaria n° 05/2017 do MS. Enquanto que, os parâmetros não estabelecidos pela referida portaria apresentaram eficiências máximas de 22,4 % para a redução da absorbância ($\lambda - 254$ nm), 6,8 % para a condutividade elétrica e mante-se a alcalinidade em 180 mg L^{-1} . Apenas o parâmetro cloro residual livre ficou em desacordo com os valores preconizados na portaria 05/2017 do MS, devido à ausência do composto, o qual estipula valor mínimo de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ que deve conter nas águas de consumo humano e o parâmetro turbidez nas amostragens ATF 0,1 e 2.

O RLF-BFC foi capaz de melhorar a qualidade da água de abastecimento rural quando comparado as amostragens AB para ATF-A, mesmo com a ocorrência de arraste da areia do leito filtrante, para os parâmetros de absorbância $\lambda - 254$ nm (22,4 %), condutividade elétrica (6,8 %), cor aparente (89,2%), pH (7,2 a 8,9) e glifosato+AMPA (27,2 %).

Portanto, pode-se concluir preliminarmente que o emprego do RLF-BFC é capaz de contribuir para a potabilização de água de consumo humano e para a remoção de compostos agrotóxicos.

Por se tratar de uma nova configuração de reator para a potabilização de água, sugere-se para estudos futuros a operacionalização por mais tempo do RLF-BFC, a fim de determinar o tempo de operação até a colmatação do leito filtrante e a saturação e colmatação do leito adsorvente, bem como a realização de ensaios de retrolavagem e da aplicação de distintas TAS.

REFERÊNCIAS

- 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.
- 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.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Glifosato prossegue sob análise na Anvisa. Brasil: Regulamentação, 2017.** Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2017/glifosato-prossegue-sob-analise-na-anvisa>. Acesso em: 29 jul. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 12216/1992:** Projeto estação de tratamento de água para abastecimento público: procedimento. Rio de Janeiro, 1992. BRASIL
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- **ABNT NBR 10.561:** Águas, Determinação de resíduo sedimentável (sólidos sedimentáveis) – Método do cone de Imhoff, Rio de Janeiro, 1988. BRASIL
- 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.
- AUSTRÁLIA. National Health and Medical Research Council, National Resource Management Ministerial Council. **Australian Drinking Water Guidelines Paper 6 National Water Quality Management Strategy-Updated March 2021.** Canberra, 2011. 1170 p.
- AWWA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22th ed. Washington: APHA-AWWA-WEF, 2012.
- BACK, L. E. K. **Potabilização de águas subterrâneas em área rural por meio da tecnologia de adsorção em coluna de leito fixo de carvão ativado granular.** 2018. 107 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo – RS, 2018.
- BASSO, C. *et al.* Impactos na saúde humana e no meio ambiente relacionados ao uso de agrotóxicos: uma revisão integrativa. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 10, n. 8, p. 1-14, 15 jul. 2021. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17529>.
- 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.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 2004.

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.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 888, de 4 de maio de 2021. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF 2021.

BRITO, M, A; YADA, M, M. **Impactos do Herbicida Glifosato na Saúde Humana: riscos provenientes da exposição e consumo residual**. V Simpósio de Tecnologia da Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga. São Paulo, 2018.

CAMPOS, L. *et al.* Qualidade da água destinada ao consumo humano em Iguatama, MG, Brasil. **Enciclopedia biosfera**, v. 16, n. 29, 2019

CANADA. Health Canada. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Table**. Ottawa, 2020.

CONAMA. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - **CONAMA nº 396, de 13 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

CONAMA. Conselho nacional do meio ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

COSME, J. As Preocupações Higio-Sanitárias em Portugal (2ª metade do século XIX e princípio do século XX). **Revista da Faculdade de Letras – História**, III Série, Vol. 7, pp. 181-195, Porto. 2006.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2 ed. São Paulo: RIMA, 2005.

ESCUDIÉ, L. W. *et al.* Hydrodynamic and biolnetic models od na anaerobic fixed-bes reactor. **Process Biochemistry**. V.40, p. 2311-2323, 2005.

FARTO, C. D.; JÚNIOR, G. B. A.; DE SENA, R. F.; ROSENHAIM, R. Contaminantes Emergentes No Brasil Na Década 2010-2019—Parte Ii: Tecnologias De Tratamento E Eficiências De Remoção em ETES E ETAs. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, n. 2021, 2021.

FOGLER, H. S. **Elementos de engenharia das reações químicas**. 4ª ed. Rio de Janeiro, LTC, 2009

Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. Disponível em:

<http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023

FREIHARDT, M.J.; JEKEL, M.; RUHL, A.S. Comparing test methods for granular activated carbon for organic micropollutant elimination. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 5, p. 2542-2551, 2017

GABOARDI, S. C. **O uso de agrotóxicos no sudoeste do paran a a partir de uma perspectiva geográfica multiescalar**. 2021. 236 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Gradua o em Geografia – Doutorado, Centro de Ciências Humanas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioste, Francisco Beltrão - Pr, 2021.

GALLEGOS, C.E *et al.* Perinatal Glyphosate-Based Herbicide Exposure in Rats Alters Brain Antioxidant Status, Glutamate and Acetylcholine Metabolism and Affects Recognition Memory. **Neurotoxicity research**, v. 34, p. 363-374, 2018.

GASTMANS, D.; MENEG RIO, A. A.; MOURA, C. C. **Hidrogeoquímica das águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral na porão centro sul do Estado de São Paulo**.  guas Sub terr neas, Rio Claro, v. 27, n. 3, p. 27-44, 2013. Disponível em: file:///E:/27391-Texto%20do%20artigo-100931-2-10-20131112.pdf. Acesso em: 30 jan. 2022

GHISI, D. B. **Análise hidráulica de um filtro rápido bifluxe em escala piloto de dupla camada filtrante com descarga de fundo intermediária para tratamento de água de abastecimento**. 2019. 203 f. Pós-gradua o - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/214501>. Acesso em: 21 fev. 2022.

GUIMARAES FILHO, M.B.G. **Análise da implementa o do sistema de membranas ultrafiltrantes em uma ETA de ciclo completo a partir do estudo de caso da ETA Meia Ponte**. Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Gradua o em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2017. 51 f.

HELLER, L.; DE PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

HELLER, L.; DE PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. rev. atual, Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Boletim de comercializa o de agrotóxicos 2021**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>. Acesso em: 20 nov 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Características da popula o e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Abastecimento de água e esgotamento sanitário, pesquisa nacional de saneamento básico**. Rio de Janeiro, 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estado-Cerro Largo/RS**. Rio de Janeiro, 2021.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Agrotóxicos no Brasil: Padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Texto para discussão. Brasília: IPEA, 2019.

JAYASUMANA, C. *et al.* Drinking well water and occupational exposure to Herbicides is associated with chronic kidney disease, in Padavi-Sripura, Sri Lanka. **Environmental Health**, v. 14, n. 1, p. 6, 2015

KARLINSKI, T. L. **Avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos em água subterrânea de abastecimento individual no município de Três de Maio–RS**. 2017. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS. 2017.

KUMAR, K; CHOWDHURY, A. **Use of novel nanostructured photocatalysts for the environmental sustainability of wastewater treatments**. 2020.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3º Ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007.

MARMO, C. R.; SANTOS, B. V. A. P.; JÚNIOR, R.B. Remoção de trihalometanos (THM) em águas de abastecimento por tratamento convencional e adsorção em carvão ativado em pó (CAP). **Revista DAE**, p. 19-25, 2010. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_182_n_1461.pdf>. Acesso em 18 jul. 2022.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MENDONÇA, C. **Determinação do glifosato e AMPA nas águas superficiais da Bacia do Paraná 3**. Aline Theodoro Toci. 2018. 129. Programa de pós graduação em química, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Instituto de Química de Araraquara, Araraquara. 2018.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. 2012 p. Tradução de Ivanildo Hespanhol e José Carlos Mierzwa

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. **Eng. San. Ambiental**, v.13, n. 1, p. 78-87, 2008.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. SNIS, 2020. **Abastecimento de água**. Disponível em:

<https://www.gov.br/mdr/ptbr/assuntos/saneamento/snis/painel/ab> Acesso em: 10 de fev 2023.

MOHAMMAD-KHAH, A.; ANSARI, R. Carvão ativado: preparação, caracterização e aplicações: um artigo de revisão. **Int J Chem Tech Res**, v. 1, n. 4, p. 859-864, 2009.

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. Disponível em: <https://1library.org/document/zw094m1y-modelagem-simulacao-reatores-cataliticosaavaliacao-diferentes-configuracoes-refrigerante.html>. Acesso em: 29 nov. 2022.

MWH. **Water treatment: principles and design**. 3th ed. Jersey: John Wiley & Sons, 2012.

OLIVEIRA, T.F. **Tratamento de água para abastecimento público por sistema de separação por membrana de ultrafiltração: estudo de caso na ETA Alto Boa Vista (São Paulo, SP)**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2010. 85 f.

PÁDUA, V. L. (Coord.). **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES Projeto PROSAB, p. 418, 2006.

PELAEZ, V.; TERRA, F. H. B. **A História da Indústria de Agrotóxicos no Brasil: Das Primeiras Fábricas na Década de 1940 aos anos 2000**. Curitiba – PR, 2009.

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.

PIRES, F. S. **Disrupção endócrina em testículos de *Poecilia reticulata* causada pelo herbicida glifosato**. Dissertação apresentada ao Programa de Pósgraduação em Biologia, área de concentração Biologia Celular e Molecular. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás. 2013.

REBOUÇAS, A. D. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia análise & dados**, v. 13, p. 341-345, 2003.

REBOUÇAS, A. C. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras. 2006. Acesso em: 04 ago. 2022.

REEDD, S.; FARELL, A.; STANFORD, T. Evaluation and implementation of control strategies for moving-bed coal gasifiers using MGAS. **The Chemical Engineering Journal**, v. 59, n. 2, p. 133-141, 1995.

REN, L; ZHANG, J; LI, Y; ZHANG, C. Preparation and evaluation of cattail fiber-based activated carbon for 2,4 dichlorophenol, and trichlorophenol removal. **Chemical Engineering Journal**, v. 168, n. 2, p. 553-561, 2011

RIGOTTO, R. M.; VASCONCELOS, D. P.; ROCHA, M. M. **Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – BA, 2014.

ROLLEMBERG, S.; MAGALHÃES, J. TÉCNICAS SIMPLIFICADAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 2, 2020.

RUIZ-TOLEDO, J.; CASTRO, R.; RIVERO-PÉREZ, N.; BELLO-MENDOZA, R.; SÁNCHEZ, D. Occurrence of glyphosate in water bodies derived from intensive agriculture in a tropical region of southern Mexico. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 93, n. 3, p. 289-293, 2014

SCANTIMBURGO, A. L. **O Banco Mundial e a política nacional de recursos hídricos**. Cultura Acadêmica, 2013.

SALEH, I. A. *et al.* Removal of pesticides from water and wastewater: chemical, physical and biological treatment approaches. **Environmental Technology & Innovation**, [S.L.], v. 19, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eti.2020.101026>.

SANCHÍS, J. *et al.* Determination of glyphosate in groundwater samples using an ultrasensitive immunoassay and confirmation by on-line solid-phase extraction followed by liquid 53 chromatography coupled to tandem mass spectrometry. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 402, n. 7, p. 2335-2345, 2012.

SCHIAVO, M. L. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento**. Orgs. Luis Alcides Schiavo Miranda e Luis Olinto Monteggia. Porto Alegre: (S. n.), 2007.

SILVA FILHO, A. A. **Transporte de calor em reator de leito fixo: modelagem, simulação e otimização**. 2013. 170 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/ Paraíba, 2013.

SILVEIRA, L. M. **Estudo sobre a ocorrência de arsênio nas águas subterrâneas do sistema aquífero Serra Geral, no município de Cerro Largo – RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

SOUZA, S. S. **Reator de leito fixo bi-fluxo (rlf-bf) aplicado a potabilização de água subterrânea do meio rural**. 2022. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo/RS, 2022.

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

United Nations General Assembly (UNGA). Human Right to Water and Sanitation Geneva: UNGA; 2010. **UN Document A/RES/64/292**.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **National Primary Drinking Water Regulations - EPA 816-F-09-004**. Washington, D.C., 2009.

VAN STEMPVOORT, D. R. *et al.* Glyphosate residues in rural groundwater, Nottawasaga River Watershed, Ontario, Canada. **Pest management science**, v. 72, n. 10, p. 1862-1872, 2016

YOUNG, J. C. Factors affectinf the desin and performance of upflow anaerobic filters. **Water Science and Technology**, v. 24, p. 133-155, 1991.

WHO. World Health Organization. 4th ed. **Guidelines for drinking-water quality**. Geneva: World Health Organization, 2011

ZAIAT, M. **Desenvolvimento e análise de biorreatores anaeróbios contendo células imobilizadas para tratamento de águas residuárias**: reator anaeróbio horizontal de leito fixo reator anaeróbio operado em bateladas sequencias. 2003. Texto (Livre docência em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2003.

ZERWES, C. M. *et al.* Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p.651-663, 2015.

ANEXO A – Relatório de análise da AB emitido pelo laboratório



Relatório de ensaio : 13373/2023-1.0_N

Emitido em: 16/02/2023

Cliente: ALCIONE APARECIDA DE ALMEIDA ALVES

Endereço da coleta: Avenida JACOB REINALDO HAUPENTHAL 1580 BLOCO A - UFFS SÃO FERNANDO - Cerro Largo - RS

Identificação do projeto: Água para consumo humano

Contato: Alcione Aparecida de Almeida Alves

Identificação da amostra: Amostra 1 - Bruto

Matriz: Água para Consumo Humano

Data da amostragem: 30/01/2023 00:00

Data de recebimento: 30/01/2023

Responsável pela amostragem: Cliente

Objetivo: Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021

RESULTADOS:

Encontra(m)-se na(s) Tabela(s) da(s) página(s) seguinte(s) e referem-se exclusivamente à(s) amostra(s) analisada(s)

Análises terceirizadas - Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021 - Completo								
Parâmetro	Unidade	Resultado	Diluição	LQ	Incerteza	VP ¹	CQ	Ref.
Glifosato + Ampa	µg/L	2014	--	500	209,2	<=500	79148	387
Glifosato	µg/L	1992	5	500	199,2	---	79148	387
AMPA	µg/L	< 100	1	100	10	---	79148	387

Referências dos Métodos de Análises terceirizadas							
Ref.	Descrição	Metodologia	Data Preparo	Data Análise	Laboratório	Id. do relatório	CRL
387	Glifosato + AMPA	POP 3329	03/02/2023	16/02/2023	CEIMIC NTO	---	0165

Observações:

Cadastro na FEPAM N° 00020/2019 válido até 22/05/2023

*** As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste Laboratório ***

Declaração de Conformidade:

A amostra não atende aos Padrões do(a) Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021 em relação ao(s) parâmetro(s) analisado(s) Glifosato + Ampa.

Regra de decisão:

Na avaliação dos riscos associados à realização dos ensaios, a CEIMIC definiu que as incertezas informadas nos relatórios de ensaio não serão consideradas na conclusão/declaração da conformidade a uma especificação ou norma, ficando a critério do cliente e/ou parte interessada a aplicação ou não das incertezas declaradas.

"Este Relatório de Ensaio somente pode ser reproduzido na sua totalidade e sem alterações. A reprodução parcial requer aprovação escrita do Laboratório."
Página 1 de 2

CM-005-A, registro aplicável ao POP 005 Emissão, aprovação e alteração em relatórios de ensaio e relatórios de estudo.

CEIMIC REGIONAL SUL ANÁLISES QUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS LTDA
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre / RS Fone: (51) 3333-9129



Relatório de ensaio : 13373/2023-1.0_N
Emitido em: 16/02/2023

Legendas:

LQ = Limite de Quantificação.

LD = Limite de Detecção.

CQ = Controle de Qualidade.

***H** = Valor fora dos limites de CQ devido à interferência de matriz da amostra.

***J** = Valor estimado entre o LD e LQ.

***J¹** = Valores não atendem às legislações requeridas tendo base o Limite de detecção (LD)

N.A. = Não aplicável.

N.D. = Não determinado.

VP¹ = Critério de Aceitação Portaria GM/MS n° 888

A descrição do material ensaiado, plano e procedimento de amostragem são de inteira responsabilidade do cliente e os resultados se aplicam a amostra conforme recebida.

Resultado conferido e aprovado eletronicamente por:


Francine Aparecida A. Guimarães
Coordenadora Lab. Regional
CRQ-V 05101870

Código de autenticidade do relatório de ensaio: f511e34c4961e850fb81a13dca750890

A autenticidade deste relatório pode ser verificada fazendo click no próximo link: [C-Link](#).

FIM DO RELATÓRIO DE ENSAIO

ANEXO B – Relatório de análise da ATF-A emitido pelo laboratório



Relatório de ensaio : 13374/2023-1.0_N
Emitido em: 16/02/2023

Cliente: ALCIONE APARECIDA DE ALMEIDA ALVES
Endereço da coleta: Avenida JACOB REINALDO HAUPENTHAL 1580 BLOCO A - UFFS SÃO FERNANDO - Cerro Largo - RS
Identificação do projeto: Água para consumo humano
Contato: Alcione Aparecida de Almeida Alves

Identificação da amostra: Amostra 2 - Tratado

Matriz: Água para Consumo Humano
Data da amostragem: 30/01/2023 00:00
Data de recebimento: 30/01/2023
Responsável pela amostragem: Cliente
Objetivo: Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021

RESULTADOS:

Encontra(m)-se na(s) Tabela(s) da(s) página(s) seguinte(s) e referem-se exclusivamente à(s) amostra(s) analisada(s)

Análises terceirizadas - Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021 - Completo								
Parâmetro	Unidade	Resultado	Diluição	LQ	Incerteza	VP ¹	CQ	Ref.
Glifosato + Ampa	µg/L	1465	—	500	153,8	←=500	79148	387
Glifosato	µg/L	1438	5	500	143,8	—	79148	387
AMPA	µg/L	< 100	1	100	10	—	79148	387

Referências dos Métodos de Análises terceirizadas							
Ref.	Descrição	Metodologia	Data Preparo	Data Análise	Laboratório	Id. do relatório	CRL
387	Glifosato + AMPA	POP 3329	03/02/2023	16/02/2023	CEIMIC NTO	—	0165

Observações:

Cadastro na FEPAM N° 00020/2019 válido até 22/05/2023

***** As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste Laboratório *****

Declaração de Conformidade:

A amostra não atende aos Padrões do(a) Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021 em relação ao(s) parâmetro(s) analisado(s) Glifosato + Ampa.

Regra de decisão:

Na avaliação dos riscos associados à realização dos ensaios, a CEIMIC definiu que as incertezas informadas nos relatórios de ensaio não serão consideradas na conclusão/declaração da conformidade a uma especificação ou norma, ficando a critério do cliente e/ou parte interessada a aplicação ou não das incertezas declaradas.

"Este Relatório de Ensaio somente pode ser reproduzido na sua totalidade e sem alterações. A reprodução parcial requer aprovação escrita do Laboratório."
 Página 1 de 2

CM-005-A, registro aplicável ao POP 005 Emissão, aprovação e alteração em relatórios de ensaio e relatórios de estudo.

CEIMIC REGIONAL SUL ANÁLISES QUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS LTDA
 Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre / RS Fone: (51) 3333-9129



Relatório de ensaio : 13374/2023-1.0_N
Emitido em: 16/02/2023

Legendas:

LQ = Limite de Quantificação.

LD = Limite de Detecção.

CQ = Controle de Qualidade.

***H** = Valor fora dos limites de CQ devido à interferência de matriz da amostra.

***J** = Valor estimado entre o LD e LQ.

***J¹** = Valores não atendem às legislações requeridas tendo base o Limite de detecção (LD)

N.A. = Não aplicável.

N.D. = Não determinado.

VP¹ = Critério de Aceitação Portaria GM/MS nº 888

A descrição do material ensaiado, plano e procedimento de amostragem são de inteira responsabilidade do cliente e os resultados se aplicam a amostra conforme recebida.

Resultado conferido e aprovado eletronicamente por:


Francine Aparecida A. Guimarães
Coordenadora Lab. Regional
CRQ-V 05101870

Código de autenticidade do relatório de ensaio: 6d0665fb6fcf14e71403c2ddab0590cb

A autenticidade deste relatório pode ser verificada fazendo click no próximo link: [C-Link](#).

FIM DO RELATÓRIO DE ENSAIO