

(X) Graduação () Pós-Graduação

**ENSAIOS PRELIMINARES DE ADSORÇÃO VISANDO A REMOÇÃO DE ÍONS
FLUORETO PRESENTES EM ÁGUA SUBTERRÂNEA**

Bruno Christiano Leal Lima
Universidade Federal de Santa Maria
bruno.leal@acad.ufsm.br

Rafaela Roberta Morelato
Universidade Federal de Santa Maria
rafaelarobertamorellato@hotmail.com

João Gabriel Munareto do Amaral
Universidade Federal de Santa Maria
joao_gabrielbiel@hotmail.com

Angélica Arndt Scalabrin
Universidade Federal de Santa Maria
angelicaascalabrin@gmail.com

Nátali de Paula
Universidade Federal de Santa Maria
eng.nataliedepaula@gmail.com

Elvis Carissimi
Universidade Federal de Santa Maria
elvis.carissimi@ufsm.br

RESUMO

A contaminação das fontes de água subterrâneas para abastecimento é um dos temas ambientais mais relevantes na atualidade. A presença de íons fluoreto nessas matrizes, em quantidades entre 0,5 e 1,5 mg/L, auxilia na saúde bucal da população, porém em altas concentrações (acima de 1,5 mg/L) pode causar doenças graves como a fluorose dental e óssea. Neste estudo, foram realizados testes preliminares de adsorção utilizando biochar, produzido a partir de biomassa da macrófita aquática *Salvinia Molesta*, combinado com chumbo, para a remoção de íons fluoreto contido em amostras de água contaminada. Como metodologia, produziu-se uma solução para simular amostras, contendo fluoreto em concentração de 5 mg/L, em pH 5. Em seguida, 20 mL da solução foram transferidos para frasco Erlenmeyer contendo 0,1g do material adsorvente e agitado por 1h em banho maria a 25°C, em 150 rpm. Posteriormente, filtrou-se a amostra com seringa e filtro de nylon. Por fim, as concentrações finais de íons fluoreto foram quantificadas por cromatografia iônica. Foi obtido um resultado satisfatório, onde o material apresentou eficiência de remoção de 80,47% e capacidade de adsorção 0,816 mg/g. Logo, fica destacada a necessidade de ampliar os estudos com o material, visando inclusive difundir seu uso em escala piloto.

Palavras-chave: Adsorção; Água subterrânea; Biochar; Chumbo; *Salvinia Molesta*;

1 INTRODUÇÃO

O flúor, classificado como o elemento mais reativo e leve do grupo dos halogênios, é encontrado na natureza na forma de fluoreto (F^-) (Biswas *et al.*, 2017; Reimann; Birke, 2010; Yadav *et al.*, 2018, *apud* Paula, 2021). As fontes de fluoreto causadas por fatores antropogênicos podem ser divididas em duas categorias: aquelas oriundas de atividades industriais e aquelas resultantes de práticas agrícolas (Fuge, 2019 *apud* Paula, 2021).

Após alcançar a superfície do solo, o fluoreto pode migrar para as zonas de águas subterrâneas por meio da infiltração da água (Kimambo *et al.*, 2019, *apud* Paula, 2021). As águas de matriz subterrâneas representam uma significativa fonte de abastecimento, visto que armazenam uma quantidade de água doce cerca de 30 vezes maior que as águas superficiais (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HIDRICOS, 2015 *apud* Paula, 2021)

Contudo, a ingestão excessiva desse elemento pode ter impactos adversos na qualidade da água destinada ao consumo humano. O consumo de água com elevadas concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L, por um período prolongado, principalmente nos estágios iniciais do desenvolvimento humano e animal, pode resultar em fluorose dental e óssea (Yadav *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2017 *apud* Paula, 2021). A seguir, a Figura 1 exibe casos da doença em estágios avançados.

Figura 1: Fluorose dental em estágios avançados.



Fonte: Núñez, (2023).

De acordo com a Portaria N° 10/99, da Secretaria Estadual de Saúde, fica estabelecido que o teor de concentração ideal do íon fluoreto, em água destinada ao consumo humano, é de 0,8 mg/L no Rio Grande do Sul (RS).

Contudo, um levantamento conduzido por Silva *et al.* (2002 *apud* Paula, 2021) descobriu 118 poços de perfuração com níveis de fluoreto excedendo os limites estabelecidos pela

regulamentação estadual. Foi constatado que as concentrações do íon fluoreto variavam entre 0,93 e 10,9 mg/L nos referidos poços. Ainda, segundo informações do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (2018 *apud* Paula, 2021), foram observadas concentrações de flúor de até 58 mg/L no estado. A região abordada pelo estudo é um dos locais de impacto no RS, denominada Quarta Colônia, localizada na Mesorregião do Centro Oriental Riograndense, próxima ao município de Santa Maria. A região abrange os municípios: Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Ivorá, Nova Palma, Pinhal Grande, Restinga Seca, São João do Polêsine e Silveira Martins.

De acordo com Garlich *et al.* (2021), a planta aquática conhecida como *Salvinia molesta*, popularmente chamada de *Salvínia gigante*, é originária do sudeste do Brasil e pertence à família *Salvineaceae*. Desde sua descoberta fora da região em que é nativa, em 1939, no Sri Lanka, tornou-se uma preocupação significativa devido à sua propensão invasiva. Esse vegetal foi responsável também por sérios problemas “[...] em lavouras de arroz, onde sua infestação reduz o fluxo dos canais de irrigação e bloqueia a navegação nos canais de transporte” (Gettys *et al.*, 2014 *apud* Garlich *et al.*, 2021).

Figura 3: *Salvinia molesta* (a) e biochar (b).



Fonte: Center for aquatic and invasive plants, University of Florida (a) e Earth.org (b), (2023).

Segundo Mitchell e Tur (1975 *apud* Henry-silva; Camargo, 2008), a *Salvinia molesta* pode apresentar uma produtividade de até 110 toneladas/hectare/ano. Essas características tornam a planta potencialmente atrativas do ponto de vista econômico, devido à grande disponibilidade de matéria prima para a produção do biochar.

Para simular amostras de água subterrânea com alta concentração de íons fluoreto nos testes preliminares, uma solução é preparada utilizando um balão volumétrico de 1 L.

Inicialmente, 0,221 g de fluoreto de sódio são dissolvidos em água destilada, resultando em uma concentração inicial de 100 mg/L. Em seguida, 50 mL dessa solução são transferidos para outro balão de 1 L e diluídos novamente para alcançar uma concentração de 5 mg/L. Após isso, o pH da solução é ajustado para 5,0 e a solução segue para o ensaio com o material adsorvente.

Após essa preparação, 20 mL da solução é transferida para frascos Erlenmeyer de polipropileno contendo 0,1g do biochar de *Salvinia molesta* com chumbo. Então, os frascos são agitados por uma hora em um banho-maria a 25°C, em 150 rpm. Posteriormente, a amostra é filtrada utilizando uma seringa e um filtro de nylon com diâmetro de 13 mm e poros de 0,45 µm. Por fim, as concentrações finais dos íons fluoreto são determinadas por meio de cromatografia iônica.

2 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

De acordo com Morelato *et al.*, (2023), o material frequentemente empregado na adsorção dos íons fluoreto encontrados em águas subterrâneas é a alumina ativada (AA). No entanto, sua eficiência de remoção é de apenas 30%, com uma capacidade de adsorção de 0,27 mg/g, fato esse que evidencia a necessidade do presente estudo.

Os resultados revelaram que o biochar de *Salvinia molesta* com chumbo alcançou uma eficiência de remoção de 80,47% e uma capacidade de adsorção de 0,816 mg/g. Esse resultado demonstra a alta capacidade de remoção do material proposto pelo estudo em relação a AA, que é geralmente empregada.

3 CONCLUSÕES

O material testado, além de possuir alta capacidade de remoção e baixos custos de produção devido aos baixos custos de produção da matéria prima, também se apresenta como uma opção com baixo impacto ambiental. Em suma, os resultados deste estudo fornecem uma validação clara de que o material testado não só atende às expectativas de desempenho, mas também se destaca como uma opção economicamente viável. Além disso, sua notável característica de baixo impacto ambiental o posiciona como uma alternativa promissora em um cenário onde a sustentabilidade é cada vez mais valorizada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao EDITAL FIEIX PRE/UFSM N.083/2022, pelo investimento nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- GARLICH *et al.* Controle químico de *Salvinia molesta* e monitoramento ambiental de agrotóxicos em corpos hídricos. **Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB**, v. 17, e211701, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.4322/1980-0029.162021>>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A. F. M. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, v. 24, n. 2, p. 519-526, 2002. Disponível em:<<http://acervodigital.unesp.br/handle/11449/67094>>. Acesso em: 28 mar. 2024.
- RIBEIRO, A. C. Avaliação da capacidade de remoção de fluoretos da água através da adsorção em mica. **Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente**. Instituto Superior de Agronomia. Universidade de Lisboa, 2018.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. **PORTARIA N.º 10/99**, de 16 de agosto de 1999. Define teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano fornecidas por Sistemas Públicos de Abastecimento. Disponível em: <<https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201705/11120018-portaria-n-10-99-de-16-deagosto-de-1999.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2024.
- MORELATO *et al.* **Ensaio Preliminares de Adsorção Utilizando Óxido de Titânio II para remoção de Íons Fluoreto presentes em Matriz de Água Subterrânea**. In: 38ª Jornada Acadêmica Integrada – JAI. Universidade Federal de Santa Maria, 2023.
- PAULA, N. de. Alumina ativada modificada por ozonização: preparação, caracterização e aplicação na remoção de íons fluoreto presentes em água subterrânea. **Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.