

**Avaliação de sistemas de desfluoretação com materiais de adsorção para tratamento de águas em zonas endêmicas para fluorose: uma revisão integrativa**

**Evaluation of the efficacy of defluorination systems with absorption materials for water treatment in endemic fluorose areas: an integrative review**

**Evaluación de la eficacia de los sistemas de desfluoración con materiales de absorción para el tratamiento de aguas en áreas endémicas de fluorosa: una revisión integrativa**

Recebido: 22/08/2020 | Revisado: 31/08/2020 | Aceito: 04/09/2020 | Publicado: 06/09/2020

**Tháilson Ramon de Moura Batista**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1293-2764>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

Email: [thalison.rr@hotmail.com](mailto:thalison.rr@hotmail.com)

**Tallys da Rocha Borges Leal**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6718-759X>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [leal.odontotallys@gmail.com](mailto:leal.odontotallys@gmail.com)

**Tauany Maria da Rocha Borges Leal**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4521-4144>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [tauanyleal17@gmail.com](mailto:tauanyleal17@gmail.com)

**Maria Luysa Almeida da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6219-2253>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [marialuysaalmeida8@gmail.com](mailto:marialuysaalmeida8@gmail.com)

**Matheus Harllen Gonçalves Veríssimo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2845-4832>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [matheusharllen@gmail.com](mailto:matheusharllen@gmail.com)

**Ramon Rodrigues de Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4493-1670>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [ramon.va@hotmail.com](mailto:ramon.va@hotmail.com)

**Morgana Maria Sousa Gadêlha de Carvalho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5001-4580>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [mmsg@servidor.uepb.edu.br](mailto:mmsg@servidor.uepb.edu.br)

**Fábio Correia Sampaio**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2870-5742>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [fcsampa@gmail.com](mailto:fcsampa@gmail.com)

## **Resumo**

O flúor é o 13º elemento mais abundante do mundo, sendo a água potável o maior contribuinte para a sua ingestão. A exposição ao flúor – em concentrações excessivas – provoca toxicidade, podendo se manifestar como fluorose dental. Assim, a desfluoretação trata-se de um mecanismo físico-químico que tem como finalidade a diminuição da concentração de flúor nas águas, como forma de prevenção da fluorose. Logo, o estudo objetiva avaliar a eficácia dos sistemas de desfluoretação com materiais de adsorção em zonas endêmicas de fluorose. Para isso, a metodologia utilizada caracteriza-se de uma revisão integrativa da literatura, consistindo das etapas de: elaboração da pergunta norteadora, coleta de dados, avaliação, análise e interpretação dos dados obtidos e apresentação dos resultados. De acordo com o encontrado, a maioria dos trabalhos verificou a possibilidade do uso da bauxita e outros materiais para a desfluoretação da água, alcançando a indicação da concentração de flúor preconizada pela Portaria de Consolidação/MS nº5/2017, Anexo XX. Um dos processos mais econômicos para a remoção de fluoretos em águas para consumo humano é a adsorção, que também apresenta vantagens econômicas. Portanto, conclui-se que os sistemas de desfluoretação para tratamento de águas em zonas endêmicas de fluorose consistem em mecanismos altamente eficazes para a redução da incidência da doença fluorose.

**Palavras-chave:** Flúor; Desfluoretação; Adsorção.

## **Abstract**

Fluoride is the 13th most abundant element in the world, with drinking water being the biggest contributor to its intake. Exposure to fluoride - in excessive conditions - causes toxicity and can manifest as dental fluorosis. Thus, defluoridation is a physical-chemical mechanism that reduces the concentration of fluoride in the water, as a way of preventing

fluorosis. Therefore, the study aims to evaluate the efficacy of the systems of defluoridation with adsorption materials in endemic areas of fluorosis. For that, the utilization used, if of an integrative literature review, consisting of the steps of: elaboration of the guiding question, data collection, evaluation, analysis and interpretation of the presented data and presentation of the results. According to what was found, most of the studies verified the possibility of using bauxite and other materials for the water defluoridation, reaching the indication of the fluoride concentration recommended by the Consolidation Ordinance / MS n°5 / 2017, Annex XX. One of the most economical processes for removing fluoride from water for human consumption is adsorption, which also provides benefits for efficiency. Therefore, it is concluded that defluoridation systems for water treatment in endemic areas of fluorosis consist of highly effective elements for reducing the incidence of fluorosis disease.

**Keywords:** Fluorine; Defluoridation; Adsorption.

### **Resumen**

El fluoruro es el decimotercer elemento más abundante en el mundo, siendo el agua potable el que más contribuye a su ingesta. La exposición al fluoruro, en condiciones excesivas, causa toxicidad y puede manifestarse como fluorosis dental. Así, la defluoruración es un mecanismo físico-químico que reduce la concentración de fluoruro en el agua, como forma de prevenir la fluorosis. Por tanto, el estudio tiene como objetivo evaluar la eficacia de los sistemas de defluorización con materiales de adsorción en áreas endémicas de fluorosis. Para eso, se utilizó, si de una revisión integradora de la literatura, los pasos de: elaboración de la pregunta orientadora, recolección de datos, evaluación, análisis e interpretación de los datos presentados y presentación de los resultados. De acuerdo con lo encontrado, la mayoría de los estudios verificaron la posibilidad de utilizar bauxita y otros materiales para la desfluoración del agua, alcanzando la indicación de la concentración de fluoruro recomendada por la Ordenanza de Consolidación / MS n°5 / 2017, Anexo XX. Uno de los procesos más económicos para eliminar el flúor del agua para consumo humano es la adsorción, que también proporciona beneficios para la eficiencia. Por tanto, se concluye que los sistemas de desfluoración para el tratamiento del agua en zonas endémicas de fluorosis consisten en elementos altamente eficaces para reducir la incidencia de la enfermedad por fluorosis.

**Palabras clave:** Flúor; Defluoruración; Adsorción.

## 1. Introdução

As substâncias orgânicas e inorgânicas estão presentes nas águas subterrâneas, sendo consumidas pela população, de forma cotidiana. O fluoreto, nesse sentido, é um exemplo dos micronutrientes inorgânicos presentes nas águas, que advém do intemperismo geoquímico das rochas e beneficia a formação óssea e do esmalte dental, quando em concentrações ideais. Entretanto, a sua ingestão em excesso no organismo humano pode resultar em sérios riscos, como por exemplo, a fluorose. A água potável é o principal contribuinte para a ingestão desse flúor (Chatterjee & Murkherjee, 2018; Ghosal & Gupta, 2018; George & Tembhurkar, 2019).

A fluorose dentária começou a ser relatada no início do século XX, a partir do crescente número de casos em diversas regiões do mundo, devido às águas não tratadas que apresentavam altas concentrações de fluoreto. A ingestão desse micronutriente está relacionada – na maioria das vezes – com o consumo de água subterrânea não tratada em países em desenvolvimento, que parte da população depende dessas águas, podendo ser encontrados altos níveis de flúor. Assim, pode atuar como nutriente essencial ao corpo humano ou ainda como contaminante prejudicial, se presente em altos níveis (Srisvastava & Flora, 2020; Unde, Patil & Dastoor, 2018; Salifu, et al., 2016).

A desfluoretação de águas potáveis é uma das formas de prevenção da fluorose, onde os níveis de flúor deverão equivaler a 1,5 mg/L, sendo este valor preconizado pela Portaria de Consolidação/MS nº5/2017, anexo XX (corroborando, portanto, com a concentração recomendada pela Organização Mundial da Saúde – OMS), evitando possíveis complicações na formação óssea, incidência de fluorose dentária e alterações na estrutura do DNA. Neste cenário, muitos países optam pela prevenção dos problemas ocasionados a partir da ingestão de altas concentrações de flúor. (Liu, 2019; George, et al., 2019; Ghosal, et al., 2018).

As técnicas de desfluoretação consistem em processos físico-químicos que levam à redução dos níveis de flúor nas águas. Dentre as técnicas utilizadas, podem ser citadas a adsorção, eletrocoagulação, osmose reversa, método eletro-químico, nano ou ultra-filtração, precipitação-coagulação, eletrodialise, entre outras (Srivastava, et al., 2020; Ghosal, et al., 2018; Salifu, et al., 2016).

Dessa forma, as técnicas de adsorção são mais utilizadas em países em desenvolvimento, devidos sua viabilidade e baixo custo. A execução de tais técnicas consiste, resumidamente, na aplicação de substâncias com alto potencial de adsorção do flúor, tais como bauxita, carvão ativado, argila, carvão ósseo, quartzo, olivina de alumínio e compósitos poliméricos condutores (Ghosal, et al., 2018; Salifu, et al., 2016).

Sendo assim, a desfluoretação influencia na prevenção de problemas crônicos de saúde como a fluorose, problemas renais e fragilidade óssea (Kumari, Behera & Meikap, 2018). Vale salientar que, em zonas endêmicas de fluorose, a alta prevalência desse nutriente na água implica em uma baixa incidência de cárie na população; entretanto, os efeitos prejudiciais se sobressaem, tornando a desfluoretação um processo primordial para a água potável dessas regiões (Liu, 2019).

Portanto, o objetivo desse estudo foi realizar uma revisão integrativa da literatura com a finalidade de avaliar se há eficácia nos sistemas de desfluoretação com materiais de adsorção no tratamento de águas em zonas endêmicas de Fluorose.

## 2. Metodologia

A metodologia utilizada caracteriza-se de uma revisão integrativa da literatura, consistindo das etapas de: elaboração da pergunta norteadora, coleta de dados, avaliação, análise e interpretação dos dados obtidos e apresentação dos resultados.

A problemática do estudo foi delineada a partir da seguinte questão: “Os sistemas de desfluoretação com materiais de adsorção são realmente eficazes no tratamento de águas em zonas endêmicas de Fluorose?”. Para a seleção dos artigos foram utilizados critérios de buscas, na base de dados do PubMed (U. S. National Library of Medicine – NLM), além de artigos clássicos brasileiros relacionados ao tema, em que estes foram selecionados mediante busca manual nas referências de outros artigos. Para busca dos artigos foram aplicados os seguintes descritores: Desfluoretação (*Defluoridation*), Fluorose (*fluorosis*), Adsorção (*Adsorption*) e Bauxita (*Bauxite*), em português e inglês. Tais descritores estão indexados nos Descritores em Ciências da Saúde.

Os critérios de inclusão selecionados foram: artigos em inglês; publicados na base de dados Pubmed, sem período de tempo pré-estabelecido como forma de abranger o maior número de artigos; aqueles com resumos disponíveis e também os que responderam à questão norteadora do estudo. Foram excluídos estudos no formato de dissertações e teses, relatos de experiências e artigos não condizentes com a proposta.

Inicialmente, foi realizada a leitura do título de todos os artigos buscados, seguida da leitura dos resumos dos artigos relacionados à proposta do estudo. A partir disso, os artigos que se enquadravam no estudo e eram condizentes com o tema, foram selecionados para compor a amostra final deste trabalho. O processo de seleção dos artigos está esquematizado no fluxograma (Figura 1) abaixo.

**Figura 1:** Fluxograma dos estudos, com delimitação das suas etapas.



Fonte: Próprios autores (2020).

Durante a pesquisa em base de dados, foram feitas associações entre os descritores. Também foi utilizado o sistema de formulário avançado “AND” para busca e seleção dos artigos. As palavras chaves utilizadas e os resultados encontrados são descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Distribuição dos artigos encontrados de acordo com os critérios de busca (palavras-chaves) utilizados na base de dados PubMed/Medline.

Base de dados	Palavras-chaves	Resultado da busca	Artigos selecionados
PubMed	“Fluorosis AND Defluoridation”	79	10
	“Defluoridation AND Absorption AND Bauxite”	1	1
	“Defluoridation AND Absorption”	6	3
	“Defluoridation AND Bauxite”	35	8

Fonte: Próprios autores (2020).

Essa estratégia de busca não ficou restrita somente aos descritores de assunto. Para torná-la mais sensível, optou-se por englobar também o vocabulário não controlado, que seria a utilização de palavras de texto, sinônimos, siglas, termos relacionados, palavras-chave e variações de grafia. Isto garantiu uma recuperação de artigos mais antigos, sendo desta forma incluídos os chamados “entryterms”, que se encontram dentro da definição do termo MeSH.

Estes termos representam sinônimos, indexações prévias ou derivações do assunto, que contribuiu para sensibilização da estratégia.

Os termos seguintes foram escolhidos, e utilizados na estratégia de pesquisa:

*"fluorosis"[All Fields] AND defluoridation[All Fields] AND ("absorption"[MeSH Terms] OR "absorption"[All Fields]) AND ("aluminum oxide"[MeSH Terms] OR ("aluminum"[All Fields] AND "oxide"[All Fields]) OR "aluminum oxide"[All Fields] OR "bauxite"[All Fields])*

Portanto, a partir dessa estratégia de busca, foram consultados 121 trabalhos na íntegra; dentre os selecionados, 1 artigo encontrava-se duplicado nas estratégias de busca, totalizando, assim, 21 trabalhos selecionados após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

### 3. Resultados e Discussão

A água é um recurso natural fundamental para o desenvolvimento da sociedade em todos os aspectos. Compreender as questões relativas à administração desta fonte natural é imprescindível para assegurar a continuidade do atual processo de desenvolvimento mundial (Sankannavar & Chaudhahri, 2019; Stefanenko, et al., 2018).

A contaminação da água, seja por fenômenos naturais ou resíduos químicos, pode ser consequência do rápido crescimento industrial da urbanização desordenada. A utilização de fontes contaminadas é uma das principais preocupações ecológicas do mundo contemporâneo (Srisvastava, et al., 2020; Ghosal, et al., 2018; Cherukumilli, et al., 2018; Larsen, Pearce & Ravnholt, 1994).

O flúor é o 13º elemento mais abundante do mundo, estando presente no ar, solos, rochas e água. Entretanto, a água potável é o maior contribuinte para a ingestão diária deste elemento (Srivastava, et al., 2020; Ranasinghe, et al., 2019; Yadav, et al., 2019).

A exposição ao flúor – em concentrações ideais – é útil para prevenir cárie dentária. Contudo, a presença de fluoreto em excesso provoca toxicidade. A toxicidade do flúor pode se manifestar como fluorose dental, fluorose esquelética e fluorose sistêmica (Quadro 1) (Patil, Lakhar & Patil, 2018). Segundo Cherukumilli et al. (2017), cerca de 200 milhões de pessoas, no mundo todo, bebem água subterrânea contaminada (em valores não ideais) pelo flúor. Destas, estima-se que 70 milhões sofram de fluorose.

**Quadro 1.** Principais diferenças entre as formas de manifestação da fluorose.

Leite & Ferreira	2019	A <b>Fluorose Esquelética</b> pode ser caracterizada – principalmente – pela imobilização das articulações, exostoses, osteoesclerose, osteomalácia e/ou osteoartrose.
Kurdi, M.S.	2016	A <b>Fluorose Sistêmica (ou crônica)</b> não só afeta o esqueleto e os dentes como também tem efeitos consideráveis nas funções cardiovascular, respiratória, gastrointestinal e endócrina.
Ferreira, J. E. V. et al.	2016	A <b>Fluorose Dentária</b> resulta da ingestão excessiva e crônica de flúor durante o período de desenvolvimento dos dentes, podendo causar mudanças na estrutura do esmalte dentário.

Fonte: Próprios autores (2020).

No que diz respeito às características clínicas, a fluorose dentária pode desenvolver aspectos diferentes de acordo com o grau de severidade em que a doença atinge o indivíduo. Dessa forma, as manifestações clínicas podem apresentar-se com sintomatologia leve (com a característica de finas estrias horizontais esbranquiçadas ao longo das faces livres dos dentes); com sintomatologia moderada (apresentando-se como manchas acastanhadas como consequência da adsorção de substâncias da dieta); ou até mesmo às características clínicas mais graves (desprendimento de porções de esmalte dentário) (Sharma, et al., 2019; Patil, et al., 2018; Ferreira, et al., 2016). De acordo com os autores, é possível observar simetria em relação ao grau em que os dentes homólogos afetados.

Atingindo mais de 35 países, atualmente a fluorose é caracterizada como um problema mundial de saúde pública. Nesses países, especialmente os em desenvolvimento, a concentração de flúor na água é superior a 1,5mg/L, sendo esta concentração recomendada pela Portaria de Consolidação/Ministério da Saúde nº5/2017 - Anexo XX e pela Organização Mundial da Saúde (Ghosal, et al., 2018; George, et al., 2019).

No contexto da fluorose no Brasil, Ferreira et al. (2016) realizaram um mapeamento dos níveis de flúor e pH em águas da zona rural do município de Belém - PB, por meio de uma coleta de amostras das águas de 15 sítios dessa região. A metodologia utilizada no estudo consistiu da identificação do pH das águas e da presença de flúor por meio de eletrodo-íon-específico. Verificou-se, portanto, que todos locais investigados apresentaram teores residuais de flúor e a água de algumas localidades apresentavam valores acima de 4 ppmF, traduzindo em uma água não potável e imprópria para o consumo. Também foi possível observar uma variação desses valores de uma região para outra do mesmo município e em alguns casos no

mesmo sítio. Além disso, nenhuma das amostras apresentou pH ácido, estando todas entre 7 e 8 (além de um pH alcalino), não detectando relação direta entre teores de flúor e o pH. Nesse contexto, os autores enfatizaram a necessidade de técnicas de desfluoretação a fim de atingir valores e concentrações ideais de flúor nas águas, como forma de prevenção de fluorose.

Nessa perspectiva, a desfluoretação trata-se de um mecanismo físico-químico que tem como finalidade a diminuição da concentração de flúor nas águas. Esse processo é necessário para a prevenção de distúrbios de saúde relacionados ao flúor, tais como a fluorose, uma vez que ainda não existe um tratamento efetivo para estes. A falta de aceitabilidade, o custo e até mesmo a necessidade de ajuste do pH para a eficiência de algumas técnicas, são alguns desafios ressaltados em estudos que investigam o potencial de desfluoretação de diversos materiais (Salifu, et al., 2016).

Partindo desse cenário, um estudo realizado por Cherukumilli et al. (2018), na Índia – país que contempla um terço da carga de fluorose do mundo – avaliou a eficácia da ativação térmica e/ou a acidificação das águas subterrâneas para aumentar a adsorção de flúor pela bauxita em regiões próximas a zonas endêmicas de fluorose. Alguns dos motivos que justificaram a escolha da Bauxita foram seus baixos custos e seu alto potencial para remediar a contaminação por flúor de águas subterrâneas em comunidades pobres. Assim, o estudo revelou uma grande eficácia do uso da bauxita tratada com calor a 300 ° C sem acidificação das águas subterrâneas, equilibrando as vantagens de doses mais baixas do material e logística simplificada, uma vez que o uso de ácidos para a redução do pH exige restrições de segurança implicando no aumento de custos trabalhistas e operacionais.

Outro estudo, realizado em Gana, verificou a possibilidade da alteração de propriedades físico-químicas da bauxita por meio de tratamento térmico e do revestimento de alumínio para a desfluoretação da água. Para isto, o estudo foi focado na análise da capacidade de desfluoretação da Baixa revestida por alumínio (GACB) e da Bauxita Crua (RB). Os autores trouxeram como principais resultados que a GACB teve melhor desempenho na redução dos níveis de flúor presentes nas águas. Dessa forma, conseguiu uma redução da concentração de flúor das águas subterrâneas de  $5 \pm 0,2$  mgL a 1,5 mgL, alcançando a indicação da Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Portaria de Consolidação/Ministério da Saúde nº5/2017 - Anexo XX. Contudo, essa técnica apresentou maior grau de complexidade, demandando processos de adsorção determinados a partir de análises cinéticas e isotérmicas, incluindo cálculos termodinâmicos e análises espectroscópicas (Sharma, et al., 2019; Salifu, et al., 2016).

Ainda assim, foi possível observar nos resultados do estudo que o bicarbonato e o sulfato implicaram no retardo de 25 a 35% na capacidade de adsorção de fluoreto pela bauxita revestida de alumínio, enquanto o Nitrato, Cloreto e Fosfato demonstraram efeitos insignificantes ou até mesmo nenhum efeito em concentrações encontradas nas águas subterrâneas. Esse fato deve ser considerado antes da execução de projetos em campo (Salifu, et al., 2016).

Já Ghosal & Gupta (2018), em sua pesquisa, objetivaram explorar o potencial de adsorção da Olivina impregnada com alumínio para diminuição dos níveis de flúor das águas. Para análise do equilíbrio da adsorção foi aplicado modelos isotérmicos lineares de dois parâmetros ou multiparâmetros nos dados isotérmicos, sendo realizados em diferentes concentrações iniciais de flúor. A análise do material de base foi realizada antes e após a adsorção do flúor, em que perceberam os picos de impregnação de alumínio na Olivina. Por meio dos testes realizados, os autores constataram, a partir dos seus resultados, que a olivina permite a ocorrência de mecanismos de adsorção e quimiosorção, com presença de uma multicamada e a formação de ligações entre as substâncias de alumínio com o fluoreto, se tornando propício à remoção do mesmo. Caracteriza-se, portanto, como um material também propício à desfluoretação pela formação de compostos de fluoreto de alumínio.

A capacidade de desfluoretação utilizando-se carvão produzido a partir de várias partes dos ossos (compactos e esponjosos) e um tendão carbonizado de um boi também foi investigada a partir da relação entre a preparação do carvão e sua capacidade de desfluoretar. O procedimento de carbonização reduziu a matéria orgânica do osso intacto de 44-26% para 3,4% no osso carbonizado a 400°C, e a quase 0% quando carbonizado a 550°C durante 48h. Por conseguinte, os carvões que foram produzidos a 400°C permitiram uma maior redução da concentração de flúor do que os que foram produzidos a 500°C. Sendo assim, confirmando que o cristal de apatita e sua captação de flúor dependem do processo de carbonização, uma vez que o aquecimento com baixa temperatura por um curto período de tempo favorece baixa cristalinidade, porém, alta adsorção de flúor. Já a adsorção de flúor pelo tendão carbonizado mostrou-se desprezível podendo influenciar no retardamento da taxa de adsorção de flúor pelo mineral ósseo (Larsen, Pearce & Ravnholt, 1994).

Nesse contexto, Chatterjee et al. (2018) avaliaram em seu estudo a desfluoretação a partir da farinha óssea carbonizada tratada quimicamente com sulfato de alumínio e óxido de cálcio, visto que o realinhamento de estruturas de apatita corrobora para o aumento na adsorção de flúor, como também pela aplicação de grupos químicos funcionais. No entanto, foi observado que o tempo e a temperatura de carbonização influenciam no grau de

desfluoretação, bem como a presença do fosfato interfere significativamente na captação do flúor.

Assim, diversas são as técnicas de desfluoretação e os materiais utilizados para a remoção do flúor em excesso nas águas. A única prevenção para fluorose é reduzir o flúor da água. Dentre os processos descritos, um dos mais econômicos para a remoção de fluoretos em águas para consumo humano é a adsorção, devido a sua fácil aplicabilidade, baixo custo e baixo impacto ambiental (Srivastava, et al., 2020; Yadav, et al., 2018).

#### **4. Considerações Finais**

Diante o exposto, os sistemas de desfluoretação para tratamento de águas em zonas endêmicas de fluorose consistem em mecanismos altamente eficazes para a redução da incidência da doença fluorose.

A bauxita, portanto, caracteriza-se como um material eficiente na remoção dos íons de flúor das águas.

Portanto, a fluorose sendo um problema mundial de saúde pública, os países atingidos devem cada vez mais investir em sistemas de desfluoretação para evitar o consumo em excesso desse nutriente; assim, evitando maiores complicações.

#### **Referências**

Chatterjee, S., & Murkherjee, M. (2018). Defluoridation using novel chemically treated carbonized bone meal: batch and dynamic performance with scale-up studies. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(18), 18161-18178. doi: 10.1007 / s11356-018-2025-z.

Cherukumilli, K., Delaire, C., Amorose, S., & Gadgil, A. J. (2017). Factors Governing the Performance of Bauxite for Fluoride Remediation of Groundwater. *Environ. Sci. Technol.*, 51(4), 2321-2328. doi: 10.1021/acs.est.6b04601.

Cherukumilli, A. K. K., et al. (2018). Effective Remediation of Groundwater Fluoride with Inexpensively Processed Indian Bauxite. *Environ. Sci. Technol.*, 52(8), 4711-18. doi: 10.1021/acs.est.7b05539.

Ferreira, J. E. V., Carvalho, M. M. S. G., Sampaio, F. C., & Leite, C. N. (2016). Mapeamento dos níveis de flúor e ph em águas da zona rural do município de Belém-PB. *Revista A Barriguda*, 6(1), 112-124.

George, A. M., & Tembhurkar, A. R. (2019). Optimization of defluoridation using *Ficus benghalensis* leaf biosorbent through Taguchi's method. *Water Environment Research*, 31, 340-350. doi: 10.1002/wer.1051.

Ghosal, P. S., & Gupta, A. K. (2018). Sorptive equilibrium profile of fluoride onto aluminum olivine [(FexMg1-x)2SiO4] composite (AOC): Physicochemical insights and isotherm modeling by non-linear least squares regression and a novel neural-network-based method. *Journal of Environmental Science and Health*, 0(0), 1-13. doi: 10.1080/10934529.2018.1474590.

Kumari, U., Behera, S. K., & Meikap, B. C. (2018). Defluoridation of synthetic and industrial wastewater by using acidic activated alumina adsorbent: characterization and optimization by response surface methodology. *Journal of Environmental Science and Health*, 54, 79-88. doi: 10.1080/10934529.2018.1521674.

Kurdi, M. S. (2016). Chronic fluorosis: The disease and its anaesthetic implications. *Indian J Anaesth.*, 60(3), 157-162. doi: 10.4103/0019-5049.177867.

Larsen, M. J.; Pearce, E. L. F., & Ravnholt, G. (1994). The effectiveness of bone char in the defluoridation of water in relation to its crystallinity, carbon content and dissolution pattern. *Archs oral Biol*, 39(9), 807-816. doi: 10.1016/0003-9969(94)90010-8.

Leite, C. N., & Ferreira, J. E. V. (2019). Mapeamento do flúor na água de consumo humano e avaliação do risco de fluorose dentária na zona rural de municípios do interior da Paraíba: relato de experiência. *Experiências Multiprofissionais- USP*, 45-50.

Liu, R. P. (2019). Principle and techniques for fluoride pollution control in drinking water. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 30(1), 30-36. doi: 10.13287/j.1001-9332.201901.005.

Patil, M. M., Lakhkar, B. B., & Patil, S. S. (2018). Curse of Fluorosis. *The Indian Journal of Pediatrics*, 85(5), 375-383. doi: 10.1007/s12098-017-2574-z.

Ranasinghe, N., et al. (2019). The heterogeneous nature of water well fluoride levels in Sri Lanka: An opportunity to mitigate the dental fluorosis. *Community Dent Oral Epidemiol.*, 47(3), 236-242. doi: 10.1111/cdoe.12449.

Salifu, A., et al. (2016). Defluoridation of groundwater using aluminum-coated bauxite: Optimization of synthesis process conditions and equilibrium study. *Journal of Environmental Management*, 181, 108-117. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.06.011.

Sankannavar, R., & Chaudhari, S. (2019). An imperative approach for fluorosis mitigation: Amending aqueous calcium to suppress hydroxyapatite dissolution in defluoridation. *Journal of Environmental Management*, 245, 230-237. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.05.088.

Sharma, S., et al. (2019). Defluoridation of water using autochthonous bacterial isolates. *Environ Monit Assess.*, 191(12), 781. doi: 10.1007/s10661-019-7928-8.

Srivastava, S., & Flora, S. J. S. (2020). Fluoride in Drinking Water and Skeletal Fluorosis: a Review of the Global Impact. *Current Environmental Health Reports*, 7(2): 140-146. doi: 10.1007/s40572-020-00270-9.

Stefanenko, I. V., Semenova, E. A., Klimenko, O. V., & Bondarenko, V. A. (2018). Fundamentals of Methodology of Development of the Technical Theory of Natural and Technical Systems in Use of Water Resources. *Applied Mechanics and Materials*, 875, 141-144. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.875.141.

Unde, M. P.; Patil, R. U., & Dastoor, P. P. (2018). The Untold Story of Fluoridation: Revisiting the Changing Perspectives. *Indian J Occup Environ Med.*, 22(3), 121-127. doi: 10.4103/ijoem.IJOEM\_124\_18.

Yadav, K. K., et al. (2018). A review of emerging adsorbents and current demand for defluoridation of water: Bright future in water sustainability. *Environment International*, 111: 80-108. doi: 10.1016/j.envint.2017.11.014.

Yadav, K. K., et al. (2019). Fluoride contamination, health problems and remediation methods in Asian groundwater: A comprehensive review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 182, 109362. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.06.045.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Thálison Ramon de Moura Batista – 20%

Tallys da Rocha Borges Leal – 15%

Tauany Maria da Rocha Borges Leal – 15%

Maria Luysa Almeida da Silva – 15%

Matheus Harllen Gonçalves Veríssimo – 5%

Ramon Rodrigues de Lima – 5%

Morgana Maria Sousa Gadêlha de Carvalho – 15%

Fábio Correia Sampaio – 10%