



I-329 - CONCENTRAÇÃO DE FLUORETO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO ESTADO DE GOIÁS

Andressa Caroline de Sousa

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

Patrícia Pereira Ribeiro Keller

Farmacêutica - Bioquímica pela Universidade Federal de Goiás. Mestra em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (PPGEMA-UFG). Lotada na gestão da Gerência de Proteção Ambiental e Qualidade do Produto na empresa Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO).

Ellen Flavia Moreira Gabriel

Bacharel em Química pela Universidade Federal de Goiás, Mestrado e Doutorado em Química pela UFG. Técnica no Laboratório de Análises de Águas (LANA) na Escola de Engenharia Civil e Ambiental, UFG.

Paulo Sergio Scalize⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Biomédico. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Professor da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Endereço⁽¹⁾: Av. Universitária, 1488, Quadra 86, Lote Área – Setor Universitário – Goiânia – GO - CEP: 74605-220 - Brasil - Tel: (62) 3209-6257 - e-mail: pscalize.ufg@gmail.com

RESUMO

Como forma de prevenção da cárie dentária, tem-se utilizado o fluoreto adicionado na água de consumo humano, no entanto, o seu excesso pode ser prejudicial à saúde. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a fluoretação em sistemas de abastecimento de água gerenciados pela Companhia Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO). Os resultados são relativos à concentração do íon fluoreto na água de abastecimento de 190 municípios para 2020. O estudo utilizou dados secundários de concentração de fluoreto em águas de abastecimento de 190 municípios do estado de Goiás, obtidos junto a SANEAGO. Os dados foram divididos em dois grupos, o Grupo 1 foi composto apenas pelo município de Anápolis, com média da temperatura máxima diária do ar entre 21,5 °C e 26,3 °C, os demais municípios fluoretados do estado, que constituem o Grupo 2, encontram-se na faixa de temperatura entre 26,8 °C e 32,5 °C. Aproximadamente 77% de todas as amostras analisadas apresentaram resultados satisfatório. No Grupo 1, aproximadamente 83% encontraram-se entre os limites mínimo ($\geq 0,7$ mg/L) e máximo ($\leq 1,0$ mg/L) e a média de 0,77 mg/L. No Grupo 2, cerca de 77% das amostras encontraram-se entre os limites mínimo ($\geq 0,6$ mg/L) e máximo ($\leq 0,8$ mg/L), com média de 0,68 mg/L. Os resultados deste estudo mostraram que a maioria das amostras apresentaram valores de concentração de fluoreto dentro dos limites estabelecidos pela legislação. As médias de concentração de fluoreto para o Grupo 1 e Grupo 2, aproximaram-se dos valores ideais recomendados para melhor custo-benefício.

PALAVRAS-CHAVE: Fluoretação, qualidade da água, carie dentária.

INTRODUÇÃO

O flúor pode estar presente naturalmente na água ou ainda ser adicionado. As águas subterrâneas são os principais exemplos de ocorrência natural do fluoreto na água. Atualmente, cerca de 2,5 bilhões de pessoas dependem da água subterrânea para uso diário (AHMED et al., 2020). Estima-se que centenas de milhões de pessoas, que consomem água subterrânea, estão expostas às consequências de altas concentrações de fluoreto (PODGORSKI; BERG, 2022). No Brasil, a probabilidade de ocorrência de concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L é maior no Nordeste, região do semi-árido brasileiro (PODGORSKI; BERG, 2022).



Dentre as formas de suplementação do íon fluoreto, são aplicadas a forma sistêmica e a tópica (CHAULAGAIN et al., 2022). Através da suplementação de forma sistêmica, ocorre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento de água, executada para melhor custo-benefício e alta cobertura populacional (ROSSI; MOREIRA; BARROS, 2020). Já a forma tópica consiste na adição de flúor em bebidas (leite, refrigerantes, entre outros), sal, açúcar, comidas industrializadas, pasta de dente e outras medicações (CHAULAGAIN et al., 2022).

A adição de fluoreto em alimentos, como o sal, é recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), principalmente quando não é possível realizar a fluoretação da água por razões financeiras, geográficas ou culturais (FABRUCCINI et al., 2016). Contudo, o sistema digestivo humano absorve 90% da ingestão de flúor através da água (AHMAD et al., 2022).

A presença do fluoreto no corpo humano pode ser benéfica ou maléfica, dependendo da sua concentração. O déficit do íon flúor no organismo humano pode ocasionar enfraquecimento dos ossos, e aliado à maus hábitos de higiene leva ao surgimento de cáries dentárias (ULLAH E ZAFAR, 2015). Já o seu excesso, acima do limite estabelecido de 1,5 mg/L pela OMS, pode ocasionar fluorose dentária e esquelética, além de complicações como: artrite, osteoporose, danos musculares e doenças crônicas (ADIMALLA E QIAN, 2022).

A manutenção dos teores de flúor na água é de grande importância para que a sua ação no combate a cárie dentária seja a melhor possível, sem afetar ou trazer danos à saúde humana. O heterocontrole do fluoreto pode auxiliar na manutenção dos níveis de flúor, medindo regularmente a concentração de fluoreto na água e ajustando a dosagem de acordo com os resultados para garantir que se mantenha dentro dos limites estabelecidos pela legislação (LACERDA et al., 2020).

Diante da importância da avaliação do flúor para a manutenção da saúde pública, o presente estudo tem como objetivo avaliar a fluoretação em sistemas de abastecimento de água gerenciados pela Companhia Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo utilizou métodos quantitativos e descritivos por meio de dados secundários de concentração de fluoreto em águas de abastecimento nos municípios do estado de Goiás, obtidos junto a SANEAGO, operadora dos sistemas abastecidos. Os resultados são relativos à concentração do íon fluoreto na água de abastecimento de 190 municípios para 2020. As fontes de água utilizadas no abastecimento de água dos municípios são superficiais (rios, córregos e barramentos) ou subterrâneas (poços profundos). Algumas Estações de Tratamento de Água (ETA) eram abastecidas tanto por fonte de água superficial quanto subterrânea.

As amostras foram analisadas no próprio laboratório da ETA, ou no laboratório central localizado em Goiânia, sob gestão da SANEAGO. Todas as análises utilizadas neste estudo foram realizadas aplicando o método colorimétrico (SPADNS) ou método eletrométrico, e realizadas com a frequência exigida pela legislação atual pelos técnicos da SANEAGO.

Para a análise descritiva, foi estabelecida uma divisão dos municípios fluoretados em dois grupos de acordo com a média da temperatura máxima diária do ar (°C) no município, conforme Anexo XXI da Portaria de Consolidação nº5 (BRASIL, 2017) (Tabela 1). O Grupo 1 foi composto apenas pelo município de Anápolis, com média da temperatura máxima diária do ar entre 21,5 °C e 26,3 °C, os demais municípios fluoretados do estado, que constituem o Grupo 2, encontram-se na faixa de temperatura entre 26,8 °C e 32,5 °C. A análise dos dados foi feita separadamente entre os grupos, devido à existência de limites recomendados para a concentração do íon fluoreto de acordo com diferentes temperaturas, que relacionam ao volume de água ingerida pela população.

A análise dos dados e modelagem gráfica foram realizadas pelo Excel ® e software R versão 4.2.2 (CORE TEAM, 2022).

Tabela 1: Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias.

Média das temperaturas máximas diárias do ar (°C)	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0-12,1	0,9	1,7	1,2
12,2-14,6	0,8	1,5	1,1
14,7-17,7	0,8	1,3	1,0
17,8-21,4	0,7	1,2	0,9
21,5-26,3	0,7	1,0	0,8
26,8-32,5	0,6	0,8	0,7

Fonte: Anexo XXI da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017).

RESULTADOS

Devido ao volume de amostras ($n = 29401$) e à dificuldade em identificar os pontos considerados “saídas de sistema”, considerou-se todo o espaço amostral. Ademais, o flúor apresenta baixa redução de concentração durante o seu trajeto no sistema de distribuição, considera-o como um componente traçador (RIBEIRO et al., 2016), o que leva ao impacto reduzido no seu decaimento ao longo da distribuição.

O íon fluoreto é adicionado na água de abastecimento em cerca de 84% dos municípios ($n = 190$) atendidos pela SANEAGO. Dentre o espaço amostral, aproximadamente 77% de todas as amostras analisadas apresentaram resultados satisfatórios, de acordo com os limites estabelecidos pela legislação para a faixa de temperatura em que o município se enquadra.

Contudo, as amostras com concentração superior à 1,5 mg/L, classificado como o Valor Máximo Permitido (VMP) pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5, atualizada pela Portaria GM/SS nº 888 (BRASIL, 2021), corresponderam à 0,21% ($n = 63$) de todas as análises de flúor realizadas.

O Grupo 1, composto pelo município de Anápolis, representa cerca de 2,95% de todo o universo amostral utilizado neste estudo. Os outliers, sendo os resultados atípicos, ou seja, que divergem da maioria dos resultados, ficaram cerca de 2% ($n = 18$) com valores abaixo de 0,53 mg/L, e 5% ($n = 45$) acima de 1,03 mg/L. Devido à quantidade de amostras, foram desconsiderados os outliers apenas para melhor visualização dos dados de concentração apresentados.

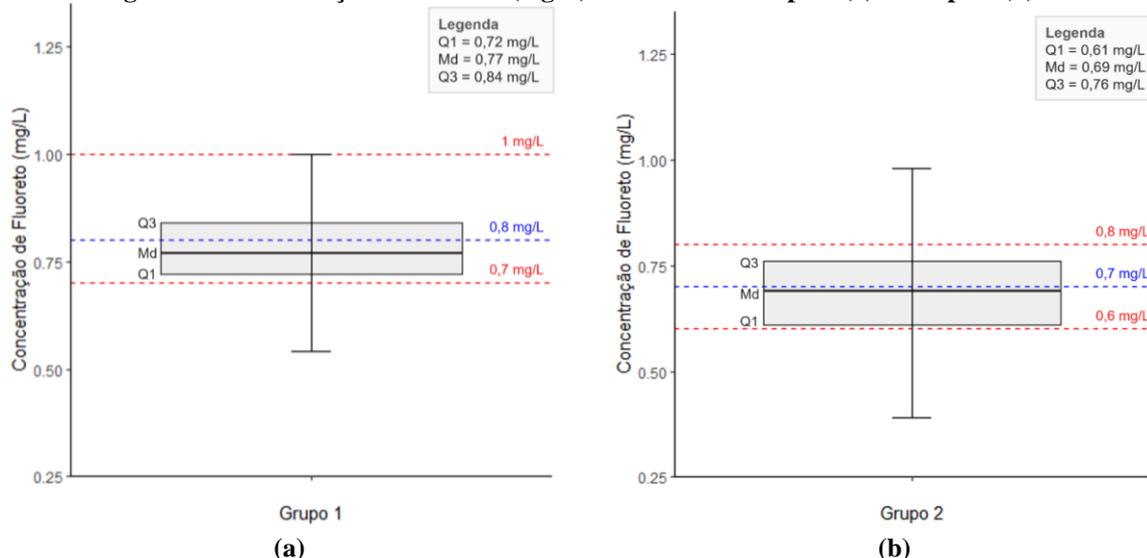
Assim, em relação às amostras pertencentes ao Grupo 1, aproximadamente 83% encontraram-se entre os limites mínimo ($\geq 0,7$ mg/L) e máximo ($\leq 1,0$ mg/L) para a concentração de fluoreto, ou seja, encontram-se adequadas conforme Legislação. Destaca-se que a média de concentração de fluoreto obtida de 0,77 mg/L, localiza-se entre o valor ideal de concentração de fluoreto e o limite inferior, 0,8 e 0,7 mg/L, respectivamente (Figura 1a). Em Anápolis (Grupo 1), apenas uma amostra apresentou valor maior à 1,5 mg/L (VMP), a mesma foi coletada na rede e analisada pelo método colorimétrico

O Grupo 2 representa o restante das 97,05% amostras analisadas ($n = 28533$). Os outliers pertencentes ao Grupo 2, representam cerca de 3% ($n = 814$) com resultados abaixo de 0,38 mg/L e 2% ($n = 575$) acima de 0,99 mg/L.

Referente aos dados pertencentes ao Grupo 2, cerca de 77% encontraram-se entre os limites mínimo ($\geq 0,6$ mg/L) e máximo ($\leq 0,8$ mg/L) para a concentração de fluoreto, ou seja, encontram-se adequadas conforme Legislação (Figura 1b).



Figura 1: Concentração de fluoreto (mg/L) referente ao Grupo 1 (a) e Grupo 2 (b).



DISCUSSÃO

O resultado encontrado de 77% das amostras estar na faixa estabelecida pela Legislação, é similar ao encontrado em estudo realizado em Espírito Santo, no período de 2014 a 2017, o percentual das amostras com teor adequado variou de 70,7 a 88,3% (MENDONÇA et al., 2021). No entanto, está um abaixo ao apresentado por Fioravanti et al. (2022), onde 86,1% das amostras de água analisadas para fluoreto em 2020 em Campinas (SP).

A baixa incidência de amostras com altas concentrações de fluoreto ocorre pelo fato da SANEAGO realizar a adição dos compostos de flúor à água na operação das ETA, incluindo controle e medições regulares, e quando necessário ajustes na dosagem de acordo com os limites pretendidos (SCALIZE et al., 2018).

Assim como aqui encontrado, outros estudos apresentaram uma maior ocorrência de outliers em níveis inferiores do que em níveis superiores aos limites de concentração, ocasionando uma subdosagem da água utilizada (MOIMAZ et al., 2020; FIORAVANTI et al., 2022).

Com relação ao Grupo 2, a mediana obtida de 0,68 mg/L aproxima-se do valor ótimo de 0,7 mg/L, também considerado valor mínimo de risco-benefício (MOIMAZ et al., 2013).

Ademais, aproximadamente 23% das amostras pertencentes ao Grupo 2 situaram-se fora da faixa ideal de fluoretação, responsável por trazer benefícios à população na prevenção de cáries dentárias (TEIXEIRA et al., 2010). Dentre os valores encontrados, cerca de 0,2% (n = 62) das amostras apresentaram concentração de fluoreto superior a 1,5 mg/L (VMP), inferior aos encontrados em estudos realizados em países asiáticos, como Índia e China, que possuem altas concentrações de fluoreto natural nas águas subterrâneas e superficiais utilizadas para abastecimento público (YADAV et al., 2019).

A qualidade da fluoretação foi considerada alta, pois mais de 70% das amostras apresentaram resultados satisfatórios, diferentemente das 19,8% amostras adequadas para fluoreto, analisadas no estado do Tocantins (LACERDA et al., 2020). Contudo, as amostras fora da faixa de concentração estavam localizadas abaixo do necessário para beneficiamento à saúde (SRIVASTAVA; FLORA, 2020). Estudos recentes revelaram que a maioria das amostras de água coletadas de diferentes fontes de água estavam abaixo dos limites mínimos recomendados para concentração de flúor (CHAULAGAIN et al., 2022).



A descoberta de níveis baixos de fluoreto levanta preocupações sobre os níveis inadequados de flúor, o que poderia levar a um aumento de cáries dentárias (FILHO et al., 2021).

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostraram que a maioria das amostras apresentaram valores de concentração de fluoreto dentro dos limites estabelecidos pela legislação. As médias de concentração de fluoreto para o Grupo 1 e Grupo 2, aproximaram-se dos valores ideais recomendados para melhor custo-benefício.

Contudo, deve-se investigar a ocorrência de valores de concentração acima de 1,5 mg/L, para garantir a segurança e qualidade da água fornecida à população.

Enfatiza-se a importância do monitoramento regular e controle adequado, além da execução de medidas apropriadas para corrigir quaisquer discrepâncias que possam surgir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIMALLA, N.; QIAN, H. Evaluation of non-carcinogenic causing health risks (NCHR) associated with exposure of fluoride and nitrate contaminated groundwater from a semi-arid region of south India. *Environ Sci Pollut Res*, 2022.
- AHMAD, S. et al. Fluoride contamination, consequences and removal techniques in water: a review. *Environ Sci: Adv*, 2022.
- AHMED, A. et al. Surface and groundwater quality assessment and identification of hydrochemical characteristics of a south-western coastal area of Bangladesh. *Environ Monit Assess*, 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017. Brasília, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 888, de 4/02/2021. Brasília, 2021.
- CHAULAGAIN, R. et al. Mean Fluoride Concentration in Drinking Water Sources of a Municipality: A Descriptive Cross-sectional Study. *J Nepal Med Assoc*, 2022.
- CORE TEAM, 2022
- FABRUCCINI, A. et al. Comparative effectiveness of water and salt community-based fluoridation methods in preventing dental caries among schoolchildren. *Community Dent Oral Epidemiol*, 2016.
- FILHO, A.P.R. et al. Community interventions and strategies for caries control in Latin American and Caribbean countries. *Braz Oral Res* 2021.
- FIORAVANTI, M.I.A.; et al. Panorama of the water supply in the Campinas region and a brief comparison with other regions in the Southeast of Brazil. *Rev Ambient Água*, 2022.
- MOIMAZ, S.A.S. et al. Water fluoridation in 40 Brazilian cities: 7 year analysis. *J Appl Oral Sci*, 2013.
- PODGORSKI, J.; BERG, M. Global analysis and prediction of fluoride in groundwater. *Nat Commun*, 2022.
- RIBEIRO, G.L. et al. Traçadores hidrossolúveis para caracterização de reservatórios de petróleo. *Engevista*, 2016.
- ROSSI, T.R.; MOREIRA, L.G.; DE BARROS, S.G. History of fluoridation policies as a strategy by the Brazilian Legislative Branch to fight dental caries, 1963 to 2019. *Cad Saúde Publica*, 2020.
- SRIVASTAVA, S.; FLORA, S.J.S. Fluoride in Drinking Water and Skeletal Fluorosis: a Review of the Global Impact. *Curr Environ Health Rep*, 2020.
- TEIXEIRA, A.K.M. et al. Análise dos fatores de risco ou de proteção para fluorose dentária em crianças de 6 a 8 anos em Fortaleza, Brasil. *Rev Panam Salud Pública*, 2010.
- ULLAH, R.; ZAFAR, M.S. Oral and dental delivery of fluoride: a review. *Research review fluoride*, 2015.
- YADAV, K.K. et al. Fluoride contamination, health problems and remediation methods in Asian groundwater: A comprehensive review. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2019.