

Monitoramento da fluoretação da água e da concentração de fluoreto em dentifrícios de baixo custo em Limeira-SP

Palavras-Chave: HETEROCONTROLE, FLUORETO, LIMEIRA-SP

Autoras:

GIOVANNA RODRIGUES, FOP – UNICAMP

FRANCYELLEN T. S. SILVA, FOP- UNICAMP

Prof^a. Dr^a. CINTHIA P. M. TABCHOURY (orientadora), FOP - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A fluoretação das águas de abastecimento público é uma medida de saúde pública que democratiza o acesso ao íon fluoreto e, portanto, seu benefício anticárie. Estudo recente (Bhaumik & Weninger, 2025) evidenciou que a interrupção da fluoretação das águas de abastecimento público traz malefícios não somente à população, mas também à economia pública, que teria maiores gastos com a saúde bucal da população. Porém, a concentração de fluoreto na água deve ser monitorada, para que fique dentro da faixa adequada de máximo benefício anticárie e mínimo risco de fluorose, sendo essa de 0,6 a 0,8 mg F/mL para as capitais brasileiras e de 0,55 a 0,84 mg F/mL para a cidade de Limeira-SP, ao considerar suas temperaturas máximas (CECOL, USP, 2011). Por outro lado, a população que é abastecida com água de poços artesianos é alvo de imprevisibilidade em relação ao teor de fluoreto que será encontrado. Contudo, os mesmos valores devem ser considerados quanto ao risco e benefício e também deve haver monitoramento. Além da fluoretação da água de abastecimento, os dentifrícios fluoretados são um meio de acesso individual ao fluoreto, aprovado pela Organização Mundial da Saúde em 2021 como medicamento essencial devido à sua comprovada ação anticárie, e devem ter suas concentrações analisadas. O dentifrício fluoretado é considerado o meio mais racional de uso de fluoreto por combinar a desorganização mecânica do biofilme, que ocorre durante a escovação, com o acesso ao íon (Cury, 2010). A concentração adequada para que haja benefício anticárie é de, no mínimo 1000 ppm de fluoreto em sua forma solúvel (Cury, 2010). Os dentifrícios analisados foram adquiridos em locais de venda próximos às Unidades Básicas de Saúde (UBS) da cidade de Limeira, onde foram feitas as coletas de água, para complemento da pesquisa, a fim de que se tenha um panorama mais completo acerca do acesso da população ao fluoreto. Tais dentifrícios são considerados de baixo custo e apresentam o fluoreto na forma de monofluorofosfato de sódio (MFP), o qual possui os íons fluoreto ligados covalentemente ao fosfato, sendo uma forma compatível com o abrasivo de carbonato de cálcio e evitando assim que haja interações entre eles e o fluoreto fique insolúvel. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar a concentração de fluoreto em amostras de água de abastecimento da cidade de Limeira, coletadas em diferentes locais da cidade e em dentifrícios fluoretados de baixo custo disponíveis em mercados da cidade.

METODOLOGIA:

As amostras de água dos pontos 1 a 8 (Quadro 1) foram coletadas por um período de 6 meses consecutivos, sempre seguindo o mesmo padrão de data e horário para as coletas, e de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Esses locais foram escolhidos por critério de proximidade com a Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade e todos os pontos, com exceção do ponto 1, são abastecidos com a água tratada por lá. Apenas o ponto 1 é abastecido por um poço artesiano, o que confere maior imprevisibilidade em relação aos resultados que serão obtidos. Os pontos 9 e 10 tiveram suas amostras coletadas por 3 meses consecutivos, também seguindo um padrão de data e horário de coleta, de acordo também com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras.

Após as coletas, as amostras foram analisadas no Laboratório de Bioquímica da FOP-UNICAMP quanto à concentração de fluoreto. O eletrodo íon-específico (Orion 96-06; Orion Research Inc., Boston, MA, EUA) acoplado a analisador de íons (Orion Star A214; Orion Research Inc.) foram previamente calibrados com soluções padrões de fluoreto (0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 µg F/mL) em TISAB II 50% (v/v). Os padrões de fluoreto foram lidos em triplicata e, após a calibração do eletrodo, foram lidas as amostras, em duplicata, também em TISAB II 50% (v/v). Os valores em mV foram convertidos para ppm F em uma planilha do Microsoft Excel.

Os dentifrícios foram adquiridos em locais próximos às UBS, onde foram feitas as coletas de água. A escolha dos dentifrícios se baseou no menor valor. Desse modo, foram comprados 3 dentifrícios da marca “Dentil”, nos sabores “Bubble Gum”, “Tutti frutti” e “Morango”, sendo 1 bisnaga de cada sabor e 3 dentifrícios da marca “Hi Clean Freegels”, nos sabores “Extra Forte”, “Menta” e “Cereja”, sendo também 1 bisnaga de cada sabor. Como controle, foi utilizado o dentifrício “Sorriso dentes brancos”, totalizando 7 dentifrícios analisados, apresentados no Quadro 2. O tipo de fluoreto em todos os dentifrícios analisados é o monofluorofosfato de sódio e o abrasivo é o carbonato de cálcio, com a concentração declarada pelo fabricante de 1100 ppm F nos da marca “Dentil”, 1500 ppm F nos da marca “Hi Clean Freegels” e 1450 ppm nos da marca “Sorriso”.

Foram analisadas as concentrações de fluoreto nos dentifrícios nas formas de Fluoreto Total (FT; a quantidade total de fluoreto presente no dentifrício), Fluoreto Iônico (FI; o que está na sua forma livre) e Fluoreto Solúvel Total (FST; responsável pela atividade anticárie dos dentifrícios). Para a determinação dessas concentrações, vem sendo utilizado há anos no Laboratório de Bioquímica da FOP-UNICAMP, o protocolo de Cury et al. (2010), recentemente otimizado por Miranda et al. (2023).

Seguindo este protocolo, foram pesados de 0,090 a 0,110 g de cada dentifrício. Após a pesagem, ao dentifrício foi adicionado 10 mL de água ultrapura. Para a análise do FT, 0,25 mL da suspensão foi adicionado a 0,25 mL de HCl 2 M e levado ao banho-maria por 30 minutos a 45°C, para hidrólise do fluoreto ligado ao monofluorofosfato. Após esse processo, foram adicionados 0,5 mL de NaOH 1 M e 1 mL de TISAB II (composto por tampão acetato 1 M, NaCl 1 M e 0,4% CDTA). As amostras foram centrifugadas por 5 minutos a 3000 g para a determinação de FST e 0,25 mL do sobrenadante foi adicionado a 0,25 mL de HCl 2 M, também levado ao banho-maria por 30 minutos a 45°C. Após esse tempo, foram adicionados 0,5 mL de NaOH 1 M e 1 mL de TISAB II. Para a análise de FI, foram necessários 0,5 mL de NaOH 1 M, 1 mL de TISAB II e 0,25 mL de HCl 2 M adicionados a 0,25 mL do sobrenadante que foi centrifugado das amostras. Após todas as amostras estarem preparadas, elas foram levadas ao eletrodo íon-específico (Orion 96-06; Orion Research Inc., Boston, MA, EUA) acoplado a analisador de íons (Orion Star A214; Orion Research Inc.) previamente calibrado com 0,25 mL de soluções padrões de fluoreto (0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0 e 32,0 µg F/mL), adicionados a 0,25 mL de HCl 2 M, 0,50 mL de NaOH 1 M e 1,0 mL de TISAB II. Os padrões de fluoreto foram lidos em triplicata e, após a calibração do eletrodo, foram lidas as amostras, em duplicata. Os valores em mV foram convertidos para ppm F em uma planilha do Microsoft Excel.

Quadro 1: Locais de coleta das amostras da água de abastecimento da cidade de Limeira-SP

AMOSTRA	ENDEREÇO
1	Poço Artesiano: Rodovia Anhanguera, Km 146, s/nº, Bairro dos Pires, Limeira-SP
2	UNICAMP- FCA: Rua Pedro Zaccaria, 1300, Jardim Cidade Universitária, Limeira-SP
3	EMEIEF Benedicta de Toledo: Rua Joaquim Carlos Wissel, Parque Hipólito Expansão 2, Limeira-SP
4	Sociedade Hípica de Limeira: Rua Doutor José Botelho Velose, s/nº, Vila São João, Limeira-SP
5	Monumental Grupo Bom Pastor: Avenida Major José Levy Sobrinho, 2308, Alto da Boa Vista, Limeira-SP
6	Unidade de Pronto Atendimento-Abílio Pedro: Rua Waldemar Panaro, 500, Parque Residencial Abílio Pedro, Limeira-SP
7	CEIEF Governador Mário Covas: Rua Carlos Henrique Teixeira Martins, 570, Parque Residencial Belinha Ometto, Limeira-SP

8	EMEIEF Cassiana Maria Soares Lenci: Rua Vitor Baloni, 85, Parque Victor d'Andrea, Limeira-SP
9	UBS ANAVEC – Rua Luiz José Cavinato, 703, Anavec, Limeira-SP
10	UBS NOSSA SENHORA DAS DORES 2- Avenida Vitório Bortolan, 1080, Parque Residencial Abílio Pedro, Limeira-SP

Quadro 2: Informações dos dentifrícios de baixo custo adquiridos em Limeira, SP

NOME COMERCIAL	CÓDIGO	LOTE	FABRICANTE	FLUORETO DECLARADO	VALOR
Dentil sabor Bubble Gum	DB	L0067224	Malia Cosméticos LTDA	1100 ppm	R\$1,96
Dentil sabor morango	DM	L0077924	Malia Cosméticos LTDA	1100 ppm	R\$1,96
Dentil sabor tutti frutti	DT	L0066824	Malia Cosméticos LTDA	1100 ppm	R\$1,96
HiClean Freegels sabor extra forte	HI EF	L003223	Classy Brands S/A	1500 ppm	R\$3,49
HiClean Freegels sabor cereja	HI	L105031	Classy Brands S/A	1500 ppm	R\$3,49
HiClean Freegels sabor menta	HI M	L105032	Classy Brands S/A	1500 ppm	R\$3,49
Sorriso Dentes Brancos	S1 e S2	L5010BR122A	Colgate-Palmolive	1450 ppm	R\$5,49

RESULTADOS:

Após as 6 coletas sequenciais de água e análises no Laboratório dos pontos 1 a 8 serem concluídas, todos os valores obtidos foram organizados conforme apresenta a tabela 1 e os valores médios de concentração de fluoreto encontrados nas amostras de água foram consolidados e classificados na tabela 2, conforme o documento do consenso técnico sobre a Classificação de Águas de Abastecimento Público segundo o Teor de Flúor. Os resultados da concentração de fluoreto dos pontos 9 e 10 estão apresentados na tabela 3 junto com suas classificações, na tabela 4. Os dados obtidos das análises dos dentifrícios estão apresentados na tabela 5 e na Figura 1.

Tabela 1: Concentração (ppm; mg/L) de fluoreto em água de abastecimento e de poço artesiano coletada na cidade de Limeira-SP no período de julho a dezembro de 2024.

LOCAL	1° COLETA	2° COLETA	3° COLETA	4° COLETA	5° COLETA	6° COLETA
1	0,16	*	0,16	0,16	0,16	0,12
2	0,75	0,74	0,74	0,77	0,70	0,67
3	0,78	0,74	0,73	0,78	0,72	0,71
4	0,74	0,76	0,73	0,77	0,73	0,67
5	0,75	0,76	0,78	0,77	0,75	0,72
6	0,75	0,75	0,76	0,76	0,75	0,71
7	0,76	0,77	0,75	0,77	0,76	0,69
8	0,77	0,76	0,73	0,80	0,75	0,71

Fonte: Acervo do estudante. *Amostra perdida.

Tabela 2: Classificação das amostras 1 a 8 com base na concentração de fluoreto encontrada (média±desvio padrão).

AMOSTRA	CONCENTRAÇÃO DE FLUORETO (ppm F)	BENEFÍCIO ANTICÁRIE	RISCO PARA FLUOROSE
1	0,15 ± 0,02	Insignificante	Insignificante
2	0,72 ± 0,04	Máximo	Baixo
3	0,74 ± 0,03	Máximo	Baixo
4	0,73 ± 0,04	Máximo	Baixo
5	0,75 ± 0,02	Máximo	Baixo
6	0,74 ± 0,02	Máximo	Baixo
7	0,75 ± 0,03	Máximo	Baixo
8	0,75 ± 0,03	Máximo	Baixo

Fonte: Acervo do estudante.

Tabela 3: Concentração (ppm; mg/L) de fluoreto em água de abastecimento coletada em Unidades de Saúde Básica na cidade de Limeira-SP no período de janeiro a março de 2025.

LOCAL	1° COLETA	2° COLETA	3° COLETA
9	0,79	0,82	0,72
10	0,8	0,76	0,77

Fonte: Acervo do estudante.

Tabela 4: Classificação das amostras 9 e 10 após análise com base em suas concentrações de fluoreto (média±desvio padrão).

AMOSTRA	CONCENTRAÇÃO DE FLUORETO (ppm F)	BENEFÍCIO ANTICÁRIE	RISCO PARA FLUOROSE
9	0,77 ± 0,05	Máximo	Baixo
10	0,77 ± 0,02	Máximo	Baixo

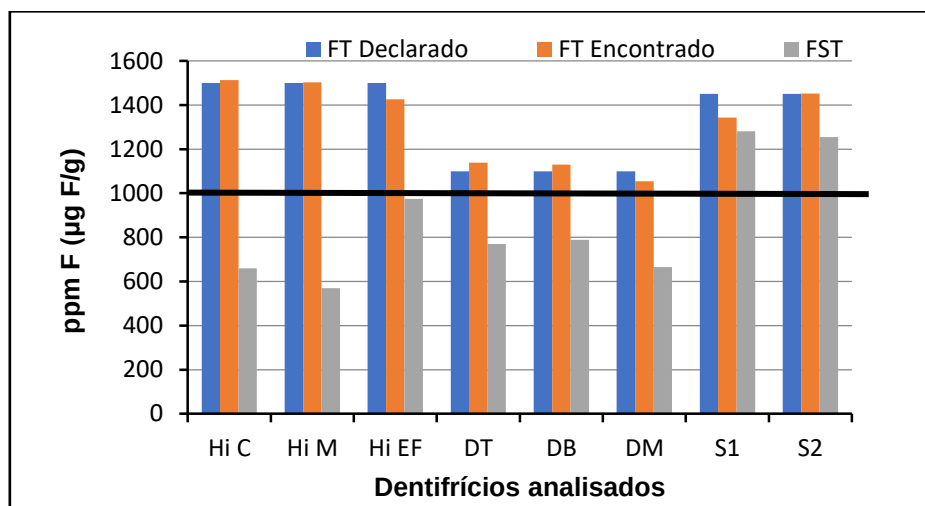
Fonte: Acervo do estudante.

Tabela 5: Concentração de fluoreto (ppm F; µg F/g) em dentífrícios de baixo custo adquiridos em Limeira-SP.

	Hi C	Hi M	Hi EF	DT	DB	DM	S1	S2
FT Declarado (ppm F)	1500	1500	1500	1100	1100	1100	1450	1450
FT Encontrado (ppm F)	1513,4	1502,7	1426,5	1138,6	1130	1053,8	1342,7	1451,9
FST Encontrado (ppm F)	660,2	570,0	974,5	769,8	789,3	665,9	1280,3	1254,3

Fonte: Acervo do estudante.

Figura 1: Concentração de fluoreto (ppm F; $\mu\text{g F/g}$) dos dentifrícios de baixo custo adquiridos em Limeira, SP.



Fonte: Acervo do estudante.

CONCLUSÕES:

A concentração de fluoreto na água de abastecimento dos pontos 2 a 10 da cidade de Limeira, SP, se apresentou dentro da faixa adequada com máximo benefício anticárie e baixo risco para fluorose. A água do poço artesiano apresentou baixa concentração de fluoreto, com insignificante benefício anticárie e insignificante risco para fluorose. Estes achados indicam que a água tratada pela ETA de Limeira-SP promove máximo benefício anticárie e mínimo risco de fluorose para a população da cidade. Por outro lados, os dentifrícios de baixo custo vendidos na cidade de Limeira apresentaram concentrações de fluoreto solúvel total abaixo do recomendado (1000 ppm F), não sendo eficaz no controle da cárie dentária.

BIBLIOGRAFIA:

1. Fundação Nacional da Saúde. Manual de fluoretação da água para consumo humano. Fundação Nacional de Saúde, 2012.
2. Bhaumik, D, Weninger, RS. State-Level Costs of Removing Fluoride from Community Water Systems. Health Police Institute. 2025.
3. [CECOL/USP] Centro Colaborador do Ministério da Saúde em Vigilância da Saúde Bucal. Consenso técnico sobre classificação de águas de abastecimento público segundo o teor de flúor. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo; 2011.
4. Frazão P, Peres MA, Cury JA. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. Revista de Saúde Pública. 2011.
5. Belotti L, Paulino CM, Frazão P. Municipality-level characteristics associated with very good quality water fluoridation in Brazil in 2018. Brazilian Oral Research. 2024
6. U.S. Department of Health and Human Services Federal Panel on Community Water Fluoridation. U.S. Public Health Service Recommendation for Fluoride Concentration in Drinking Water for the Prevention of Dental Caries. Public Health Rep. 2015
7. Cury JA. Fluoretação da Água: benefícios, riscos e sugestões. Revista Odontológica do Brasil Central. 1992.
8. Cury JA, Ricomini-Filho AP, Berti FLP, Tabchoury CPM. Systemics Effects (Risks) of Water Fluoridation. Brazilian Dental Journal. 2019.
9. Vianna, YN, et al. Mapping Fluoride Levels in Human Consumption Water in Northeastern Brazil: A Spatial Analysis. Archives of Current Research International. 2025.
10. Nascimento CFD, Gindri LADS, de Oliveira MN, Paranhos LR, Hugo FN. Water Fluoridation and Dental Caries Prevention Globally: A Systematic Review and Meta-Analysis. JDR Clinical & Translational Research. 2025.
11. Cury, JA, Oliveira, MJL, Martins, CC, Tenuta, LMA, Paiva, SM. Available fluoride in toothpastes used by Brazilian children. Brazilian Dental Journal .2010.
12. Miranda, LFB, Tabchoury, CPM, Cury, JA. Optimization of a validated protocol that determines Bioavailable fluoride in toothpastes. Caries Research. 2023
13. World Health Organization. World Health Organization Model list of essential medicines: 22nd List. 2021.
14. Cury, JA, Caldarelli, PG, Tenuta, LMA. Necessidade de revisão da regulamentação brasileira sobre dentifrícios fluoretados. Revista de Saúde Pública. 2015.