



## **Bioquímica do fluoreto no processo de desmineralização e remineralização dental**

Rayssa Fernandes Barbosa Christino<sup>1</sup>; 0009-0009-3517-0126

Alice Rodrigues Feres de Melo<sup>1</sup>; 0000-0002-4785-8413

Livia de Paula Valente Mafra<sup>1</sup>; 0000-0001-7602-7961

Ilana Ferreira De Oliveira Christovam<sup>1</sup>; 0000-0001-5478-5526

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.

[rayssafbarbosa@hotmail.com](mailto:rayssafbarbosa@hotmail.com) (contato principal)

**Resumo:** O objetivo dessa revisão bibliográfica é estudar a bioquímica do íon flúor no processo de desmineralização e remineralização dental, a fim de ressaltar a importância sobre o conhecimento do mecanismo de ação do flúor para uma melhor conduta terapêutica no controle e tratamento da lesão cáries. Foi realizada uma revisão bibliográfica atualizada nas bases de dados Google Acadêmico, PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e SciELO no período compreendido entre 2015 e 2025, além de capítulos de livros. A busca eletrônica foi realizada a partir dos descritores: “Flúor”, “Cárie dentária”, “Remineralização dentária” e “Desmineralização do dente”. Foram incluídos estudos publicados entre 2015 e 2025 disponíveis em texto completo e escritos em português, inglês ou espanhol. Foram considerados artigos originais, revisões sistemáticas, ensaios clínicos e estudos observacionais que abordassem diretamente o mecanismo de ação do fluoreto e a bioquímica oral. Os artigos foram selecionados através dos títulos e resumos, e aqueles que não atendiam aos critérios de inclusão foram desconsiderados. A cárie dentária decorre do processo de desmineralização e remineralização dental, que são eventos fisiológicos que ocorrem entre o dente e a saliva e/ou fluido do biofilme. Entretanto, para que ela se desenvolva é necessário a formação de um biofilme cariogênico, onde há quebra da homeostase da microbiota local devido ao baixo pH provocado pela elevada frequência de consumo de sacarose. O efeito benéfico do fluoreto no controle da lesão cáries se baseia na atuação em dois momentos distintos: na desmineralização e na remineralização, e dependem da sua constante presença na cavidade bucal. Concluiu-se que compreender como o flúor atua no processo de desmineralização e remineralização permite ao cirurgião-dentista indicar corretamente o meio de uso mais adequado em cada situação clínica. Além disso, esse conhecimento contribui para o desenvolvimento de políticas públicas em saúde bucal mais eficientes, voltadas para a promoção da saúde e a redução da incidência de cárie na população.

**Palavras-chave:** Flúor. Cárie dentária. Remineralização dentária. Desmineralização do dente.



## INTRODUÇÃO

Os dentes que compõem as dentições decídua e permanente são formados de esmalte, dentina, polpa e cimento. O esmalte e dentina são estruturas mineralizadas, enquanto a polpa é constituída de tecido mole. O cimento, apesar de recobrir a dentina radicular, é considerado um tecido de suporte entre a dentina radicular e o ligamento periodontal (MARÍN et al., 2017).

A saliva é um fluido presente na cavidade oral e está diretamente relacionada a saúde bucal. Algumas moléculas que constituem essa secreção possuem capacidade de tamponamento, que regulam o pH do meio, e antimicrobiana, que controlam a quantidade de bactérias e conseqüentemente seu efeito acidogênico. Dessa forma ela atua diretamente na prevenção da lesão cariosa (ALVES; SEVERI, 2016). A saliva possui uma concentração de íons minerais maior quando comparada ao dente, ou seja, ela é supersaturada em relação a hidroxiapatita biológica, o que possibilita uma interação de equilíbrio entre elas, e quando necessário, a remineralização do cristal. A capacidade de se manter supersaturada, sem precipitar mineral sobre o cristal do dente, se deve a presença de proteínas estabilizadoras de cálcio e fosfato (TENUTA; CURY, 2016).

A cárie é uma doença decorrente da interação do hospedeiro, substrato e microrganismo (TEIXEIRA; SOUZA; MENDONÇA, 2023). Aderido ao dente, existe um ecossistema microbiano em homeostase, porém quando ocorre a associação de carboidratos fermentáveis nesse biofilme, há formação de ácido proveniente da fermentação, dessa forma, ocorre uma adaptação da microbiota com predomínio de bactérias acidúricas e acidogênicas, que promove um desequilíbrio no processo de desmineralização e remineralização. O fenômeno de desmineralização, sem a reposição ideal de mineral, origina a lesão cariosa (MALTZ et al., 2016).

O flúor possui capacidade de paralisar a progressão da lesão cariosa através do aumento da remineralização em relação a desmineralização (SANTOS, 2015). Portanto, o íon flúor possui duas ações principais no desenvolvimento da lesão, sendo elas a diminuição da desmineralização dental e a ativação da remineralização. A oferta de flúor pode ser feita através de água, dentifrícios, soluções para bochechos,

produtos de aplicação profissional como géis, vernizes, espumas, além de materiais odontológicos que possuem a propriedade de liberação de flúor (TENUTA; CURY, 2016).

Diante da importância do flúor para o controle da doença cárie, o cirurgião dentista deve ter domínio de como a lesão cariosa se desenvolve, assim como entender o mecanismo de ação do flúor, com a finalidade de prevenir e controlar o desafio cariogênico, além de oferecer a melhor forma terapêutica para o paciente (BATISTA; VASCONCELOS; VASCONCELOS, 2020; DANTAS, 2021).

O objetivo dessa revisão bibliográfica é estudar a bioquímica do íon flúor no processo de desmineralização e remineralização (DES-RE), a fim de ressaltar a importância sobre o conhecimento do mecanismo de ação do flúor para uma melhor conduta terapêutica no controle e tratamento da lesão cariosa.

## **MÉTODOS**

Foi realizada uma revisão bibliográfica atualizada nas bases de dados Google Acadêmico, PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e SciELO no período compreendido entre 2015 e 2025, além de capítulos de livros. A busca eletrônica foi realizada a partir dos descritores: “Flúor”, “Cárie dentária”, “Remineralização dentária” e “Desmineralização do dente”. Foram utilizados operadores booleanos AND/OR, para possibilitar diferentes combinações dos descritores. Foram incluídos estudos publicados entre 2015 e 2025 disponíveis em texto completo e escritos em português, inglês ou espanhol. Foram considerados artigos originais, revisões sistemáticas, ensaios clínicos e estudos observacionais que abordassem diretamente o mecanismo de ação de fluoreto e a bioquímica oral. Os artigos foram selecionados através dos títulos e resumos, e aqueles que não atendiam aos critérios de inclusão foram desconsiderados. Foi realizado a leitura completa dos artigos potencialmente relevantes, garantindo que apresentassem dados consistentes e bem fundamentados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A cárie dentária decorre do processo de desmineralização e remineralização dental, que são eventos fisiológicos que ocorrem entre o dente e a saliva e/ou fluido do biofilme (ARIFA; EPHRAIM; RAJAMANI, 2019). Entretanto, para que ela se

desenvolva é necessário a formação de um biofilme cariogênico, onde há quebra da homeostase da microbiota local devido ao baixo pH (CHEN et al., 2021), provocado pela elevada frequência de consumo de sacarose (CURY, 2024).

Segundo Heller et al. (2016) o biofilme inicial saudável é composto pelos colonizadores *S. oralis*, *S. anginosus* e *S. intermedius*, que se ligam na película adquirida, de 4 a 6 horas após sua formação (HENZ; ARTHUR; HASHZUMI, 2021), e se multiplicam na presença de oxigênio. Para que os microrganismos se multipliquem (CURY, 2024) e garantam sua sobrevivência (TENUTA; CURY, 2016) é necessário energia (ATP), que é produzido por elas através da fermentação de açúcares. A fonte de substrato inicial são os açúcares das glicoproteínas presentes na saliva. Entretanto, a associação dos açúcares da dieta (amido, lactose, glicose, frutose e principalmente a sacarose) durante a formação do biofilme, leva a produção de energia através desses substratos, e como resultado do processo de fermentação as bactérias produzem ácido (CURY, 2024).

Além da produção de ácido, elas promovem a disbiose microbiana, favorecendo o crescimento das bactérias acidúricas, e assim formam um biofilme cariogênico. Dentre os açúcares supracitados, a sacarose possui maior potencial cariogênico, pois é o único açúcar capaz de alterar a composição da matriz extracelular do biofilme, com a produção de polissacarídeos extracelulares (CURY, 2024).

A desmineralização do dente é modulada pelo estado de subsaturação do fluido do biofilme em relação ao Ca, Pi (fosfato inorgânico) e F<sup>-</sup> (CORREIA, 2010). Quando o pH atinge valores críticos para esmalte e/ou dentina, ocorre o processo de desmineralização do cristal do dente, ou seja, íons Ca e Pi são dissolvidos para o meio (CURY, 2024). A dissolução desses íons ocorre até que o meio se torne saturado em relação ao mineral dental, ou seja, a desmineralização é interrompida mesmo que o meio continue ácido. Isso explica o porquê de ser preferível o consumo de sacarose de uma só vez ou em curtos intervalos (mantendo o pH baixo por mais tempo) ao invés de grandes intervalos no consumo (OLIVEIRA; ROSING; CURY, 2022; CURY, 2024). Através da ação salivar, o pH retorna a valores acima do crítico, dessa maneira, inicia-se o processo de remineralização. Entretanto, a reposição dos minerais Ca e Pi



não ocorrem na mesma proporção da perda. Esse ciclo ocorrendo várias vezes no dia e durante muitos dias, leva ao desenvolvimento da lesão cáriosa (CURY, 2024).

O grande benefício do íon flúor está ligado a sua constante disponibilidade no meio (fluido do biofilme/saliva) em baixas concentrações (aproximadamente 0,02 ppmF) (TENUTA; CURY, 2016; CURY, 2024). Seu efeito benéfico no controle do desenvolvimento da lesão cáriosa se baseia na atuação em dois momentos distintos: na desmineralização e na remineralização. Vale ressaltar que o dente é formado tanto por cristais de hidroxiapatita quanto fluorapatita e que o pH de solubilidade para ambos se difere, sendo 5,5 e 4,5, respectivamente. É importante entender a diferença no grau de solubilidade entre os dois cristais, não com a finalidade de justificar que algumas partes do mineral do dente não irão se dissolver por ser formado de fluorapatita, mas pelo fato de que durante um desafio ácido (entre 4,5 e 5,5), com uma concentração mínima de fluoreto de 0,02 ppmF, o meio se encontra supersaturado em relação a fluorapatita. Nessas condições esse tipo de cristal não se dissolve. O fluoreto disponível no meio se associa aos íons Ca e Pi dissolvidos da hidroxiapatita, formando fluorapatita, que por sua vez se precipita na estrutura do dente. Dessa maneira, ao mesmo tempo que o dente está perdendo mineral em forma de hidroxiapatita, ele recebe cristais em forma de fluorapatita, portanto, dessa forma, o fluoreto diminui a “quantidade” de desmineralização do dente. Quando o pH retorna a valores maiores que 5,5 para esmalte e 6,5 para dentina, ocorre o processo de remineralização através da saliva, porém a presença do fluoreto potencializa a precipitação de minerais, porque além de formar cristais do tipo hidroxiapatita, há formação de fluorapatita, potencializando a remineralização de 2 a 3 vezes (CURY, 2024).

Os benefícios do flúor dependem da sua constante presença na cavidade bucal. Por esse motivo existem diversos meios de veiculação do fluoreto, e são classificados de acordo com sua forma de uso: coletivo, individual ou profissional. A água fluoretada fornece íons flúor de forma coletiva. Como sua concentração é baixa (0,7 ppmF<sup>-</sup>) seu principal produto é a fluorapatita, onde F<sup>-</sup> substitui a OH<sup>-</sup> da hidroxiapatita do dente, além de enriquecer a saliva e o biofilme com fluoreto (TENUTA; CURY, 2016; CURY, 2024). A escovação com dentifrício fluoretado e o uso de soluções fluoretadas representam meios individuais da utilização de flúor. A utilização da escova associada



ao dentifrício fluoretado é o meio mais racional do uso de fluoreto, porque além da ação mecânica da escova na desorganização do biofilme, o dentifrício contendo íon flúor solúvel promove benefícios de remineralização das lesões de cárie e redução da progressão das lesões, ou seja, interfere no processo DES-RE (OLIVEIRA; ROSING; CURY, 2022; CURY, 2024).

Vale ressaltar que o mercado oferece uma variedade de dentifrícios que se diferem em suas formulações. O tipo de abrasivo e sais de fluoreto merecem atenção, pois abrasivos a base de cálcio como  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de cálcio) inativam o fluoreto solúvel (disponível) e o tornam insolúvel (indisponível para atuar no controle da cárie). Uma opção de abrasivo que não possui Ca na formulação é a Sílica. Dentre os tipos de sais de fluoreto temos o Fluoreto de sódio (NaF), Fluoreto estanhoso (SnF), Fluoreto de amina (F-Am) e o Monofluorofosfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{FPO}_3$ ) (MFP). O MFP é o único sal de fluoreto que pode ser associado com abrasivo a base de Ca (OLIVEIRA; ROSING; CURY, 2022; CURY, 2024), entretanto, a concentração de fluoreto solúvel diminui com o passar do tempo a partir da fabricação, no primeiro ano a perda de fluoreto solúvel chega a 30% (CURY, 2024). Por depender de fosfatases, presente em biofilmes remanescentes, esse sal de fluoreto não possui ação em superfícies dentárias limpas, ou seja, somente atua no processo DES-RE (OLIVEIRA; ROSING; CURY, 2022). A concentração de flúor nos dentifrícios varia de 1000 a 1500 ppmF. A ação dos enxaguantes bucais muito se assemelha com a dos dentifrícios, tendo como principal diferença a ausência da remoção física do biofilme e menor diluição pela saliva, o que justifica sua menor concentração (CURY, 2024). Por fim, a aplicação profissional de fluoreto através de produtos como géis, espumas e vernizes, com alta concentração de flúor ( $> 9000\text{ppmF}$ ), promovem a formação de reservatórios tipo fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ), em maior quantidade quando comparados ao dentifrício, que são cristais formados sobre esmalte e dentina, hígidos ou cariados, que se dissolvem com a saliva ao longo do tempo, sendo este o método mais duradouro em relação a disponibilização de flúor para o meio (TENUTA; CURY, 2016; CURY, 2024).

## CONCLUSÕES

A importância em conhecer o mecanismo de ação do flúor reside no embasamento teórico que ele proporciona para a adoção de condutas terapêuticas mais eficazes no controle da cárie dentária. Compreender como o flúor atua no processo de desmineralização e remineralização permite ao cirurgião-dentista indicar corretamente o meio de uso mais adequado em cada situação clínica. Além disso, esse conhecimento contribui para o desenvolvimento de políticas públicas em saúde bucal mais eficientes, voltadas para a promoção da saúde e a redução da incidência de cárie na população. O conhecimento também evita a disseminação de mitos sobre o seu uso.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, K.T.; SEVERI, L.S.P. Componentes salivares associados à prevenção da cárie dental – revisão de literatura. **Rev. Odontol. Univ. Cid**, São Paulo, v1, n. 28 p. 37-42, 2016.
- ARIFA, M. K.; EPHRAIM, R.; RAJAMANI, T. Recent advances in dental hard tissue remineralization: a review of literature. **International Journal of Clinical Pediatric Dentistry**, New Delhi, India, v. 12, n. 2, p. 139–144, 2019.
- BATISTA, T. R. M.; VASCONCELOS, M. G; e VASCONCELOS, R G. Fisiopatologia da cárie dentária: entendendo o processo cariioso. **Salusvita**, Bauru, v. 39, n. 1, p. 169-187, 2020.
- CHEN, X.; DALIRI, E. B.; TYAGI, A.; OH, D. H. Cariogenic biofilm: pathology-related phenotypes and targeted therapy. **Microorganisms**, Basel, v. 9, n. 6, p. 1311,2021.
- CORREIA, M.F. **Potencial anticárie dos reservatórios de cálcio, fosfato e fluoreto do biofilme dental**. 2010. 58p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2010.
- CURY, J.A. **Cariologia & Fluoretos em Odontologia: Da Pediatria à Geriatria**. 1 ed. São Paulo: Santos Publicações, 2024.
- DANTAS, S.A. **O Papel Dos Fluoretos Na Prevenção Da Cárie Dentária: Revisão De Literatura Narrativa**. 2021. 26p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Odontologia) - Centro Universitário Doutor Leão Sampaio, Unileão Juazeiro Do Norte, 2021.
- HELLER, D.; HELMERHORST, E. J.; GOWER, A. C.; SIQUEIRA, W. L.; PASTER, B. J.; OPPENHEIM, F. G. Microbial Diversity in the Early In Vivo-Formed Dental Biofilm. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington D.C., v. 82, n. 6, p. 1881–1888, 2016.



HENS, S.L.; HASHIZUME, L.N.; ARTHUR, R.A. **Tópicos em Bioquímica e Microbiologia Bucais**. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2021.

MARÍN, L.M.; TENUTA, L.M.A.; TABCHOURY, C.P.M.; CURY, J.A. Composição química e propriedades dos dentes. In: CURY, J.A.; TENUTA, L.M.A.; TABCHOURY, C.P.M. **Bioquímica oral**. 1 ed. São Paulo: Editora Artes Médicas Ltda., 2017.

MALTZ, M.; TENUTA, L.M.A.; GROISMAN, S.; CURY, J.A. Cárie dentária: conceitos e terminologia. In MALTZ, M.; TENUTA, L.M.A.; GROISMAN, S.; CURY, J.A **Cariologia: Conceitos Básicos, Diagnóstico e Tratamento Não Restaurador**. 1 ed. São Paulo: Editora Artes Médicas Ltda, 2016.

OLIVEIRA, M.L.M.; ROSING, C.K.; CURY, J.A. Prescrição de produtos de higiene oral e aplicação profissional de fluoretos: manual com perguntas e respostas. Belo Horizonte, MG: Ed. da Autora, 2022, 241.

SANTOS, J. V. R. F. **Flúor- da Prevenção à Doença**. 2015. 65p. Dissertação (Mestrado em Medicina Dentária) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2015.

TENUTA, L.M.A.; CURY, J.A. Interações químicas entre o dente e os fluidos bucais. In MALTZ, M.; TENUTA, L.M.A.; GROISMAN, S.; CURY, J.A **Cariologia: Conceitos Básicos, Diagnóstico e Tratamento Não Restaurador**. 1 ed. São Paulo: Editora Artes Médicas Ltda, 2016.

TENUTA, L.M.A.; CURY, J.A. Uso de fluoretos no controle da cárie dentária. In MALTZ, M.; TENUTA, L.M.A.; GROISMAN, S.; CURY, J.A. **Cariologia: Conceitos Básicos, Diagnóstico e Tratamento Não Restaurador**. 1 ed. São Paulo: Editora Artes Médicas Ltda, 2016.

TEIXEIRA, A. M. A.; SOUZA A. L.; MENDONÇA I.C.G. Abordagem terapêutica em lesões cariosas. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, Montes Claros, v. 23, n. 5, p. 1-10, 2023.