



REMINERALIZAÇÃO DO ESMALTE DENTÁRIO COM VERNIZ FOTOPOLIMERIZÁVEL COM A TECNOLOGIA BIOATIVA GIOMER – EFEITO CARIOSTÁTICO

Palavras-Chave: Cárie Dentária, Desmineralização Dentária, Remineralização Dentária

Autoras:

GABRIELLA RODRIGUES ROCHA, FOP – UNICAMP

PATRÍCIA VITOR DE SOUZA, FOP – UNICAMP

ANA PAULA RAMOS, FFCLRP – USP

Me. LETÍCIA MARTINS PEREIRA, FOP – UNICAMP

Prof^a. Dr^a. REGINA MARIA PUPPIN RONTANI (orientadora), FOP – UNICAMP

1. INTRODUÇÃO:

O controle da cárie dental depende do equilíbrio entre desmineralização e remineralização, influenciado por dieta, biofilme e disponibilidade de íons (LI et al., 2014). Diante disso, materiais que liberam íons com potencial remineralizante vêm sendo explorados para prevenir e reparar lesões incipientes de forma minimamente invasiva (TAHA et al., 2017).

Além dos fluoretos, partículas bioativas como o S-PRG têm se destacado por liberar múltiplos íons (Ca^{2+} , PO_4^{3-} , F^- , entre outros), aumentar o pH local e favorecer a remineralização do esmalte (HSU et al., 2021; SPINOLA et al., 2020), porém não há informações relevantes quanto a sua eficácia em relação às estratégias utilizadas no momento.

Este estudo compara o verniz fluoretado Duraphat (NaF 5%), o diamino fluoreto de prata (DFP 36%) e o PRG Barrier Coat quanto ao ganho mineral após ciclagem de pH. A hipótese é que o PRG Barrier Coat promova maior incorporação iônica, devido à sua composição bioativa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS:

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas (CEP-FOP/UNICAMP) sob CAAE nº 6.832.718.

2.1 Delineamento, Obtenção e preparo da amostra

O presente estudo trata-se de uma pesquisa experimental, in vitro e randomizada, com delineamento baseado em Yu et al. (2018). Foram utilizados 48 espécimes de esmalte humano ($4 \times 2 \times 2$ mm), obtidos a partir de dentes permanentes hígidos, irrompidos e doados por cirurgiões-dentistas.

Dentes com defeitos, trincas ou alterações no esmalte foram excluídos. As amostras foram cortadas em cortadeira metalográfica, polidas com lixas abrasivas progressivas e protegidas parcialmente com verniz resistente a ácidos. Em seguida, foram armazenadas em solução de timol a 0,5% até o uso. Para induzir lesões subsuperficiais, os espécimes foram submetidos à desmineralização por seis dias em solução tampão de acetato (pH 4,5), renovada diariamente, conforme protocolo descrito por Yu, Mai et al. (2018).

2.2 Tratamento experimental

Os 48 espécimes de esmalte foram randomicamente distribuídos em quatro grupos (n = 12): GED- Grupo esmalte desmineralizado (controle negativo); GVF – Grupo verniz fluoretado Duraphat (Colgate, Nova York, EUA); GPRG- Grupo verniz fotopolimerizável PRG Barrier Coat (Shofu Inc, Kyoto, Japão); GDFFP- Diamino Fluoreto de Prata 38% Saforide (Saforide, Osaka, Japão).

- GVF: aplicação do verniz fluoretado com microbrush por 1 min (QUEIROZ et al., 2003).
- GDFFP: aplicação do diamino fluoreto de prata por 1 min, seguida de lavagem com água deionizada (YOSHIKAWA, 2020).
- GPRG: aplicação da mistura base/catalisador e fotopolimerização por 10 s (SHOFU, 2020).

2.3 Ciclagem de pH

A ciclagem de pH seguiu o protocolo de Lippert e Juthani (2015) e Yu, Mai et al. (2018), com duração de 21 dias. Diariamente, as amostras foram submetidas a 4 horas de desmineralização (solução ácida, pH 4,5) e 20 horas de remineralização (solução tampão neutra, pH 7,0), ambas à temperatura ambiente e sem agitação. As soluções foram preparadas com concentrações controladas de Ca^{2+} , PO_4^{3-} e K^+ , sendo renovadas diariamente. Ao final do ciclo, os espécimes foram coletados para análise da desmineralização e remineralização.

2.4 Remoção da película de tratamento

Após a finalização da ciclagem de pH, foi realizado um procedimento de limpeza das amostras visando remover a película residual dos materiais aplicados sobre a superfície do esmalte. O método seguiu o protocolo descrito por Fernández et al. (2014), no qual cada amostra foi lavada com 100 μL (microlitros) de acetona, aplicando-se em seguida uma leve fricção com algodão sobre a superfície tratada. Em seguida, as amostras foram submetidas a três lavagens consecutivas com 1 mL de água deionizada.

2.5 Microdureza

Para avaliar a microdureza Knoop (KHN) do esmalte, os corpos de prova foram incluídos em cera utilidade (Lysanda, Vila Prudente, São Paulo). Os valores de indentação KHN foram determinados por ensaio de microdureza (FM-ARS-900, Future-test, Kanagawa, Japão) aplicando-se uma carga de 50 gF por 5 s. Três indentações com uma distância de 100 μm entre elas foram feitas em cada amostra, e a

média aritmética dessas medições foram posteriormente calculadas para determinar o KHN de cada amostra.

2.6 Espectroscopia de raios X por dispersão de energia (EDS) e Microscopia Eletrônica de Varredura

Duas amostras de cada grupo foram desidratadas em etanol absoluto e secas ao ar livre, com adição de sílica para controle de umidade. As superfícies foram analisadas em MEV (JSM-5600LV, Jeol, Japão) com ampliação de 1000x e 15 kV.

A análise elementar foi realizada por espectroscopia de dispersão de energia por raios X (EDS), acoplada ao MEV. Foram avaliadas três áreas ($30 \times 30 \mu\text{m}^2$) por amostra, e calculadas as porcentagens em peso (% wt) dos principais íons. A razão Ca/P foi obtida com base nos valores atômicos, para análise semi-quantitativa e qualitativa da composição mineral do esmalte.

2.7 XDR

Um espécime de cada grupo será analisado por difração de raios X (DRX) em um difratômetro D2Phaser (Bruker/AXS, BR), utilizando radiação Cu ($1,54060 \text{ \AA}$), a 30 kV e 10 mA. Os padrões serão registrados em varredura de 7,5 rpm a cada 0,2 s. A identificação mineral será baseada no padrão de hidroxiapatita estequiométrica, e o tamanho dos cristalitos será estimado pela fórmula de Scherrer: Onde: $\lambda = 1,54060 \text{ \AA}$; $\Theta = 2\Theta$ intervalos de ângulo no eixo X; d: A largura total da metade da intensidade máxima (FWHM) do pico (expressa em Rad).

2.8 Análise estatística

Os dados obtidos por microdureza e EDS foram inicialmente avaliados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias. Apenas os dados de EDS não atenderam aos pressupostos necessários para a aplicação da ANOVA. Dessa forma, os dados de microdureza foram analisados por ANOVA de um fator, seguida do teste pós-hoc de Tukey. Já os dados de EDS foram avaliados por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Além disso, os espectros obtidos por EDS foram analisados qualitativamente. Todos os testes foram realizados com nível de significância $\alpha = 5\%$, usando Jamovi 2.2.5 (Jamovi Software).

3. RESULTADOS:

3.1 Microdureza

A análise de microdureza revelou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, com destaque para o GVF, que apresentou os maiores valores médios, enquanto GED obteve os menores. O grupo GS-PRG apresentou comportamento intermediário e não diferiu estatisticamente dos demais, indicando uma possível variabilidade na resposta. Esses achados evidenciam o impacto dos diferentes

tratamentos na resistência do esmalte à ciclagem de pH, e, quanto maior o valor de dureza, mais resistente o esmalte, ou seja, melhor desempenho do tratamento realizado.

Tabela 1 -Valores de média e desvio padrão de microdureza Knoop (gf) dos grupos experimentais	
Grupo	Microdureza Knoop
GVF	261 (40.9) A
GS-PRG	188 (80.9) ABC
GDFP	156 (89.9) BC
GED	150 (53.2) B

Nota: Letras iguais indicam ausência de diferença estatística significativa entre os grupos (Anova um fator, $p > 0,05$)

3.2 EDS

A análise qualitativa dos espectros EDS confirmou a presença de cálcio (Ca) e fósforo (P) em todos os grupos. No grupo controle (GED), observou-se menor intensidade desses elementos e maior presença de carbono, compatível com desmineralização. Nos grupos GVF e GS-PRG, os picos de Ca e P foram mais intensos, indicando maior preservação mineral. Já no grupo GDFP, foi identificado prata (Ag), confirmando sua incorporação à superfície do esmalte.

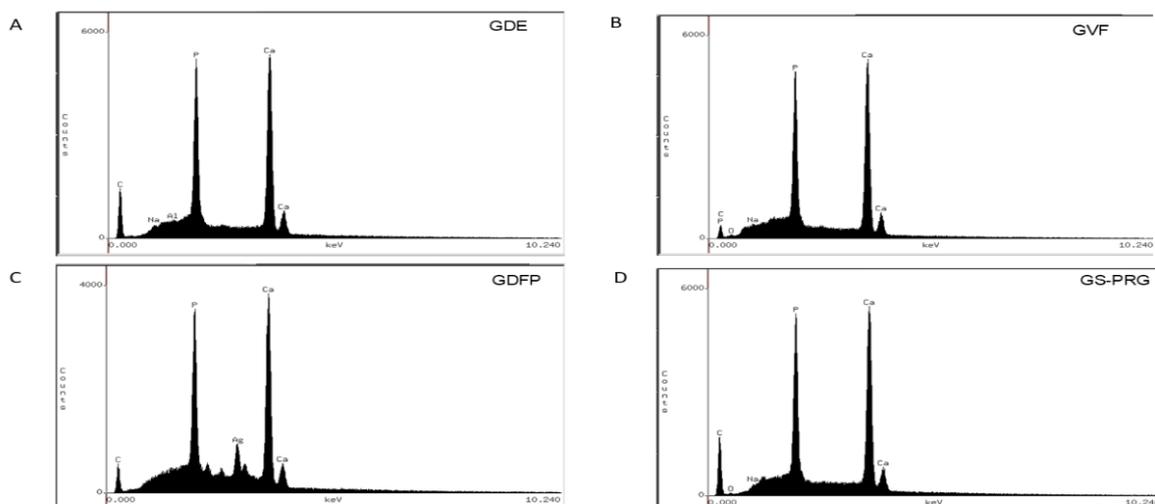


Figura 1 - Espectros de dispersão de energia de raios X (EDS) obtidos das superfícies de esmalte dos diferentes grupos experimentais: (A) GDE – grupo controle negativo; (B) GVF – grupo submetido ao tratamento com verniz fluoretado; (C) GDFP – grupo tratado com diamino fluoreto de prata; (D) GS-PRG – grupo tratado com Barrier Coat, material à base de partículas S-PRG.

Os valores medianos da razão Ca/P são apresentados na Tabela 2. A razão Ca/P foi maior no grupo GVF (1,89) e menor no grupo GED, indicando maior desmineralização neste último. No entanto, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p > 0,05$), sugerindo que os tratamentos não alteraram de forma significativa a composição mineral do esmalte.

Tabela 2 - Razão Ca/P mediana dos diferentes grupos experimentais, com intervalo entre parênteses representando os valores mínimo e máximo observados	
Grupo	Razão Ca/P
GVF	1,89 (1,88-1,89) A
GS-PRG	1,85 (1,85-1,86) A
GDFP	1,81 (1,76-1,87) A
GED	1,79 (1,77-1,80) A

Nota: Letras iguais indicam ausência de diferença estatística significativa entre os grupos (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$)

4. CONCLUSÃO:

O verniz Duraphat (GVF) apresentou melhor desempenho na resistência à desmineralização, seguido por PRG Barrier Coat e diamino fluoreto de prata (GDFFP). A análise EDS confirmou maior presença de Ca e P nos grupos tratados e de prata no GDFFP, sem diferenças significativas na razão Ca/P. Os resultados indicam que, embora os materiais testados contribuam para a remineralização, sua eficácia isolada é limitada diante de fatores de risco não controlados, como dieta e higiene bucal inadequadas. As análises complementares por MEV e DRX seguem em andamento e serão essenciais para aprofundar a avaliação dos efeitos remineralizantes.

BIBLIOGRAFIA:

- LI, X. et al. **The remineralisation of enamel: a review of the literature.** Journal of Dentistry, v. 42, supl., p. S12–S20, 2014.
- TAHA, A. A. et al. **The effect of bioactive glasses on enamel remineralization: a systematic review.** Journal of Dentistry, v. 67, p. 9–17, 2017.
- HSU, S.-M. et al. **Qualitative analysis of remineralization capabilities of bioactive glass (NovaMin) and fluoride on hydroxyapatite (HA) discs: an in vitro study.** Materials, v. 14, n. 14, p. 3813, 2021.
- SPINOLA, M. D. S. et al. **Efficacy of S-PRG filler containing varnishes on enamel demineralization prevention.** Scientific Reports, v. 10, n. 1, p. 18992, 2020.
- YU, O. Y. et al. **Remineralisation of enamel with silver diamine fluoride and sodium fluoride.** Dental Materials, v. 34, n. 12, p. e344–e352, Dec. 2018.
- LIPPERT, F.; JUTHANI, K. **Fluoride dose-response of human and bovine enamel artificial caries lesions under pH-cycling conditions.** Clinical Oral Investigations, v. 19, n. 8, p. 1947–1954, Nov. 2015.
- QUEIROZ, F. S. et al. **Estudo comparativo do efeito dos vernizes fluoretados Duraphat e Fluorniz em lesões incipientes de cárie em esmalte.** Rev. Fac. Odontol. Passo Fundo, v. 8, n. 2, p. 62–67, jul./dez. 2003.
- YOSHIKAWA, Aline Laignier Soares. **Diamino fluoreto de prata: análise de produtos comerciais e avaliação de seu efeito físico-químico na progressão da cárie em dentina. 2020.** Tese (Doutorado) – UNICAMP.
- SHOFU INC. **PRG Barrier Coat: manual técnico.** São Paulo: Shofu Dental Brasil, 2019.
- FERNÁNDEZ, C. E. et al. **Insoluble NaF in Duraphat® may prolong fluoride reactivity of varnish retained on dental surfaces.** Brazilian Dental Journal, v. 25, n. 2, p. 160–164, 2014.