EFEITOS DE GÉIS CLAREADORES EXPERIMENTAIS A BASE DE GOMA XANTANA CONTENDO BIOSILICATO DOPADO COM ÓXIDO DE MANGANÊS E BAIXA CONCENTRAÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NO ESMALTE DENTAL

Palavras-Chave: Clareamento dental, Peróxido de hidrogênio, Goma Xantana e Agente clareador.

Aluno: Ester Nathália da Fonseca Pereira (FOP-UNICAMP)

Coorientadores: Marcos Roberto de Lima Benati e Rafael Dascânio (FOP-UNICAMP)

Orientadora: Profª Drª. Vanessa Cavalli Gobbo (FOP-UNICAMP

Introdução:

O clareamento dental é um procedimento realizado em consultório utilizando elevadas concentrações de peróxido de hidrogênio (PH; 25 a 40%)[1] que ocasiona efeitos colaterais no esmalte dental, como alterações na composição mineral (proporção Ca/P), morfologia do substrato[2], diminuição da microdureza[3] e aumento da rugosidade da superfície[4,5]. Na tentativa de mitigar tais efeitos, são propostas formas de alterar o protocolo de aplicação dos géis clareadores, alteração de sua composição e diminuição da concentração do PH[6]. Uma abordagem é a inclusão de óxido de manganês (MnO), que pode acelerar a degradação do PH, aumentando a eficácia clareadora e diminuindo assim a difusão trans-amelodentinária e, consequentemente, a citotoxicidade[7,8]. O Biosilicato, com seu potencial bioativo, é utilizado na odontologia para reduzir a hipersensibilidade dentária[9] e é estudado em associação a géis clareadores[10]. A goma xantana (GX) apresenta potencial espessante, estabilizante e emulsificante[11]. Além disso, a associação do PH com a luz LED violeta gera efeito fotolítico[12] e associado a baixas concentrações de H_2O_2 pode maximizar sua decomposição e assim, aumentar seu efeito clareador[13]. Nesse sentido, o desenvolvimento de géis experimentais a base de goma xantana, contendo Biosilicato dopado com MnO e baixa concentração de PH (3%). Segue a hipótese de que o gel apresentará capacidade fotocatalítica e contribuirá para a manutenção do conteúdo mineral do esmalte, potencializando a eficácia de concentrações reduzidas de PH.

Metodologia

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia clareadora, conteúdo mineral e morfologia de um agente clareador experimental a base de goma xantana, contendo partículas de Biosilicato dopado com óxido de manganês (BioS_MnO) associadas a baixa concentração de peróxido de hidrogênio (PH 3%). Espécimes de esmalte bovino hígido foram tratados com (n=12): PH 35% (peróxido de hidrogênio 35%, FGM Whiteness HP); PH 3% (peróxido de hidrogênio 3%); PH3%_BioS_MnO (peróxido de hidrogênio 3% + 10% de BioS_MnO), associados ou não a luz LED violeta. O clareamento foi realizado em 3 sessões de 30 min com intervalo de 7 dias. Foram avaliados: avaliação de cor [espectrofotômetro (parâmetros L*, a*, b*), índice de clareamento (WI_D) e alteração de cor (ΔE_{00}), conteúdo mineral [microdureza de superfície (KHN)] e morfologia de superfície [microscopia eletrônica de varredura (MEV)].

Preparo dos géis experimentais:

Para o grupo controle comercial foi utilizado gel clareador PH 35%, (Whiteness HP, FGM), preparado conforme indicação do fabricante. Já para o gel clareador experimental, BioS_MnO foi fabricado pela rota de fusão dos óxidos com a dopagem de 5% de MnO em relação ao peso de Ca, seguindo a composição (45% SiO_2, 24.5% Na_2O, 24.5% CaO e 6%

P_2O_5). O gel foi preparado pela dispersão de goma xantana (5% p/p) em água destilada, formando a base espessante. Em seguida, incorporou-se 10% p/p de BioS_MnO, com homogeneização em Speed Mixer (2000 rpm / 2 minutos). Após a formação do gel com BioS_MnO, adicionou-se peróxido de hidrogênio na proporção 2:1 (PH:hidrogel), seguido de nova homogeneização nas mesmas condições. O preparo foi realizado imediatamente antes de cada sessão do protocolo clareador.

Preparo e pigmentação dos corpos de prova:

Blocos de esmalte/dentina bovino (5 x 5 x 3 mm), livres de trincas e defeitos de esmalte foram recortados com um disco diamantado flexível e peça reta, a dentina foi planificada utilizando lixas d'água de granulação #600 em e o esmalte foi polido utilizando uma sequência de lixas nas granulações #600, #1200 e #2000. Anterior as análises, os dentes foram pigmentados com uma solução de chá preto (Camelia sinensis), seguindo o método modificado de Sulieman et al. (2003)[14] (2g de chá preto diluídos em 100 mL de água destilada por 5 minutos). Os corpos de prova foram mantidos por 24 horas na solução sob agitação contínua em temperatura ambiente, limpos com pedra-pomes e escova Robinson para remoção de partículas não aderidas e armazenados em saliva artificial (1,5 mM de Ca, 0,9 mM de PO_4 e KCl 150 mM em solução tampão tris 20 mM, pH 7,0), conforme o protocolo baseado em Viana et al. (2021)[15] por 7 dias em estufa a 37°C para estabilização da cor até o início dos tratamentos, com substituição a cada 2 dias.

Figura 1. Seleção, preparo e pigmentação dos espécimes (Fonte: Google imagens e arquivo pessoal).

Protocolo clareador

Nos grupos irradiados com o LED violeta, os géis clareadores foram aplicados na superfície vestibular do esmalte de maneira única e por 30 minutos. O LED violeta foi irradiado imediatamente após a aplicação do gel. Este procedimento foi repetido por 20 ciclos de 1 minuto, com intervalos de 30 segundos entre as irradiações. Para os grupos sem irradiação com o LED, os géis clareadores foram aplicados na superfície vestibular do esmalte por 30 minutos, com uma única aplicação por sessão. Para ambos os protocolos, após a sessão clareadora, o gel foi removido com um sugador de alta potência e lavado abundantemente com água destilada. Para todos os grupos, o protocolo estabelecido foi realizado em 3 sessões, com intervalos de 7 dias entre elas.

Avaliação de cor

A análise de cor foi realizada com espectrofotômetro de contato (Vita Easyshade; Vita-Zahnfabrik, Alemanha), fixado em suporte para padronização das medições. As leituras foram realizadas em triplicata nos tempos T0 (após pigmentação) e T1 (24 h após a última sessão clareadora). Os valores médios dos parâmetros L, a e b*, conforme o sistema CIELAB, foram registrados. A variação de cor foi calculada pelo método CIEDE2000 (ΔE_{00}) e pelo índice de clareamento (ΔWI_D), como indicadores da eficácia do clareamento.

Microdureza de superfície (KHN)

Os espécimes foram selecionados em T0 com base na microdureza inicial do esmalte. Foram realizadas três indentações na região central de cada espécime, utilizando penetrador tipo Knoop (Future Tech FM-1e; Tokyo, Japão), com carga de 50 g aplicada por 5 segundos e espaçamento de 100 µm entre as impressões. Espécimes que apresentaram valor médio de microdureza com variação de até 10% em relação à média geral foram incluídos no estudo. A análise de microdureza foi repetida 24 horas após a última sessão de clareamento (T1).

Morfologia de superfície (MEV)

A análise morfológica dos espécimes foi realizada 24 horas após a última sessão de clareamento (T1), utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV; JEOL JSM-6460LV, Tóquio, Japão). Após esse período, os espécimes foram submetidos a limpeza em banho ultrassônico (Ultra Cleaner; Unique, Indaiatuba, SP, Brasil) por 10 minutos, seguidos de secagem em estufa por 24 horas. Posteriormente, as amostras foram metalizadas com ouro e analisadas no MEV, operando a 15 kV sob vácuo (45 Pa), com aquisição de imagens em ampliação de 3000× por meio de sistema automatizado de captura e análise de imagens.

Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e à avaliação da homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Posteriormente, foram conduzidos testes estatísticos paramétricos utilizando o software SPSS 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

Resultados e discussão

Análise de cor

A figura 2 apresenta, respectivamente, os valores do índice de alteração de cor (ΔE_{00}) e do índice de clareamento (ΔWI_D) avaliados 24 horas após os protocolos clareadores. Em ambos os casos, o grupo sem partícula e com ativação por luz apresentou as maiores médias, com diferenças estatisticamente significativas em relação aos demais tratamentos experimentais ($p < 0,05$). Contudo, esse grupo não atingiu a eficácia clareadora do gel comercial.

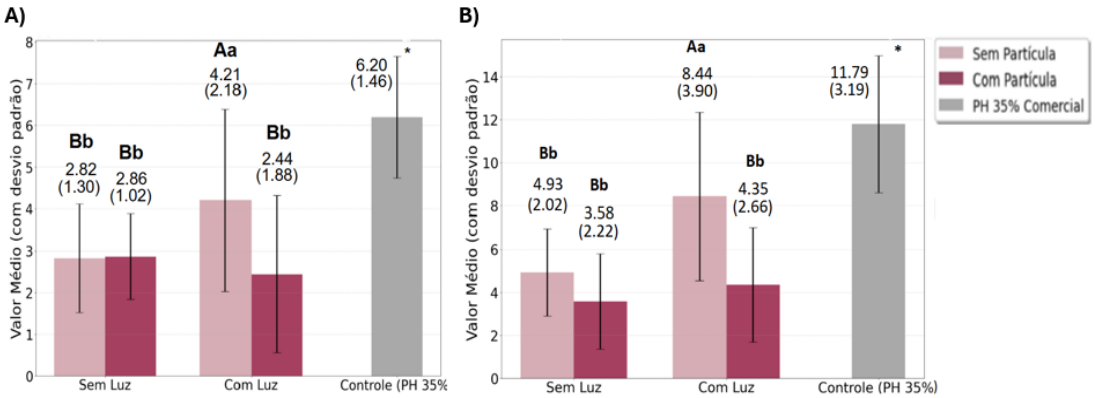

Figura 2. A) Médias e desvios-padrão da alteração de cor (ΔE_{00}); B) Médias e desvios-padrão do índice de clareamento (ΔWI_D), obtidos para os diferentes grupos experimentais.

Letras maiúsculas comparam médias entre o fator partícula e letras minúsculas comparam médias entre o fator luz ($p \leq 0,05$), segundo ANOVA dois fatores e post hoc de Tukey. Asteriscos indicam diferença com grupo controle (PH 35% comercial sem luz), segundo o teste de Dunnet ($\alpha = 5\%$).

O MnO, partícula empregada nos grupos experimentais, atua como catalisador no processo de fotocatálise ao interagir com as espécies reativas de oxigênio (EROs) geradas pela degradação do peróxido de hidrogênio (PH). No entanto, a concentração de PH a 3% utilizada neste estudo pode ter sido insuficiente para promover uma reação efetiva com a partícula, o que pode justificar a menor eficácia clareadora observada nos grupos com MnO em comparação ao grupo controle (PH 35% comercial, sem luz), com diferença estatisticamente significativa (Dascanio et al., 2025 – dados não publicados).

Estudos prévios apontam que o uso de MnO em concentrações reduzidas, como 0,6% e 1%, associado a concentrações de 10% e 35% de PH, pode potencializar o clareamento dental, além de reduzir o estresse oxidativo e a difusão de H_2O_2[16]. Com base nessas evidências e em colaboração com o grupo de Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (DQ-UFSCar), foi desenvolvida a partícula utilizada no presente estudo, contendo 5% de MnO. A expectativa era de que a maior concentração promovesse aumento da eficácia clareadora devido à intensificação da atividade fotocatalítica. No entanto, a elevação da concentração de MnO provocou uma coloração mais escura da partícula e, consequentemente, do gel clareador, o que pode ter prejudicado a absorção da luz e, consequentemente, a eficiência da fotocatálise.

Algumas hipóteses podem explicar o desempenho inferior dos grupos com MnO:

1. A maior concentração de MnO (5%) pode ter promovido uma reação excessiva com o PH, consumindo o peróxido antes que este pudesse exercer adequadamente sua ação clareadora. Além disso, a coloração mais escura da partícula pode ter interferido negativamente na eficiência da ativação luminosa.

2. A baixa concentração de PH (3%) possivelmente não foi suficiente para gerar um número adequado de radicais livres. A literatura indica que a produção de radicais livres aumenta com concentrações mais elevadas de peróxido de hidrogênio e com tempos de irradiação mais prolongados[17].

3. A superdosagem de MnO (5% em relação ao peso de cálcio presente no BioS) pode ter induzido um efeito inibitório, como a decomposição acelerada do peróxido, porém sem a consequente liberação eficiente de EROs (Dascanio et al., 2025 – dados não publicados).

Microdureza de superfície (KHN)

A análise de microdureza evidenciou que todos os géis experimentais apresentaram valores significativamente superiores ao gel comercial de alta concentração ($p < 0,05$), sem promover alterações morfológicas ou sinais de desmineralização na superfície dental, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Médias e desvios-padrões de microdureza inicial (T_0), após 24h da última sessão clareadora (T_1) e a porcentagem de perda da dureza superficial (%PDS).

	SEM PARTÍCULA			COM PARTÍCULA		
	T_0	T_1	%PDS	T_0	T_1	%PDS
SEM LUZ	321,9 (13,2)	337,3 (17,5)	-4,8%*	323,9 (14,1)	332,7 (19,1)	-2,3%
COM LUZ	322,4 (13,7)	338,2 (6,9)	-4,3%*	322,9 (12,5)	332,9 (4,8)	-3,2%*
PH 35% comercial – T_0: 322,7 (14,78); T_1: 309,5 (6,2); %PDS: + 4,5%						

Não houve diferença estatística entre os géis clareadores experimentais (ANOVA-2 fatores/Tukey; $p<0,05$). Asteriscos indicam diferença estatística dos grupos experimentais com o grupo controle (PH 35% comercial) segundo o teste de Dunnet ($\alpha = 5\%$).

Morfologia de superfície (MEV)

A análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV) indica a preservação da morfologia do esmalte após os tratamentos clareadores, conforme ilustrado nas imagens da Figura 2. Observa-se que o peróxido de hidrogênio a 3% não promoveu alterações superficiais, mantendo o esmalte com aspecto íntegro, sem evidências de desmineralização ou formação de rugosidades.

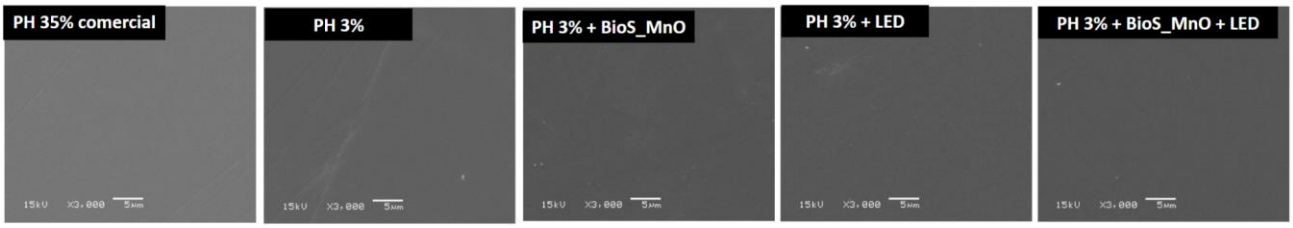

Figura 3. Imagens representativas de MEV da morfologia de superfície do esmalte clareado, com magnificação de 3000x.

Conclusão

Conclui-se que o gel experimental sem partícula, contendo 3% de peróxido de hidrogênio e ativado por LED violeta, apresentou os maiores valores de ΔE_{00} e ΔWI_D entre os grupos experimentais, embora com menor eficácia em relação ao gel comercial com PH 35%. Todos os géis experimentais também promoveram aumento na microdureza e não causaram alterações morfológicas no esmalte.

Referências

1. Pintado-Palomino K, Peitl Filho O, Zanotto ED, Tirapelli C. A clinical, randomized, controlled study on the use of desensitizing agents during tooth bleaching. J Dent. 2015 Sep;43(9):1099-1105. doi: 10.1016/j.jdent.2015.07.002. Epub 2015 Jul 6. Erratum in: J Dent. 2017 Jul;62:98. PMID: 26159384.
2. Pinto A, Bridi EC, Amaral F, França F, Turssi CP, Pérez CA, Martinez EF, Flório FM, Basting RT. Enamel Mineral Content Changes After Bleaching With High and Low Hydrogen Peroxide Concentrations: Colorimetric Spectrophotometry and Total Reflection X-ray Fluorescence Analyses. Oper Dent. 2017 May/Jun;42(3):308-318. doi: 10.2341/16-032-L. PMID: 28467252.
3. Favaro JC, Geha O, Guiraldo RD, Lopes MB, Aranha AMF, Berger SB. Evaluation of the effects of whitening mouth rinses combined with conventional tooth bleaching treatments. Restor Dent Endod. 2019 Jan 30;44(1):e6. doi: 10.5395/rde.2019.44.e6. PMID: 30834228; PMCID: PMC6387898.
4. Yildirim E, Vural UK, Cakir FY, Gurgan S. Effects of Different Over - the - Counter Whitening Products on the Microhardness, Surface Roughness, Color and Shear Bond Strength of Enamel. Acta Stomatol Croat. 2022 Jun;56(2):120-131. doi: 10.15644/asc56/2/3. PMID: 35821723; PMCID: PMC9262110.
5. Carey CM. Tooth whitening: what we now know. J Evid Based Dent Pract. 2014 Jun;14 Suppl:70-6. doi: 10.1016/j.jebdp.2014.02.006. Epub 2014 Feb 13. PMID: 24929591; PMCID: PMC4058574.
6. Mondelli RFL, Gabriel TRCG, Rizzante FAP, Magalhães AC, Bombonatti JFS, Ishikiriama SK. Do different bleaching protocols affect the enamel microhardness? Eur J Dent. 2015;9(1):25-30.
7. de Oliveira Duque CC, Soares DG, Briso A, Ortecho-Zuta U, de Oliveira Ribeiro RA, Hebling J, de Souza Costa CA. Influence of Tooth Pigmentation on H2O2 Diffusion and Its Cytotoxicity After In-office Tooth Bleaching. Oper Dent. 2020 Nov 1;45(6):632-642. doi: 10.2341/19-013-L. PMID: 32516400.
8. Ribeiro R, de Oliveira Duque CC, Ortecho-Zuta U, Leite ML, Hebling J, Soares DG, de Souza Costa CA. Influence of Manganese Oxide on the Esthetic Efficacy and Toxicity Caused by Conventional In-office Tooth Bleaching Therapy. Oper Dent. 2022 Jul 1;47(4):425-436. doi: 10.2341/20-257-L.
9. Kokubo, T.; Bioceramics and their clinical applications, CRC Press: Boca Raton, 2008. 10. Chevalier, J.; Gremillard, L.; J. Eur. Ceram. Soc. 2009, 29, 1245.
10. Magalhães GAP, Thomson JJ, Smoczer C, Young LA, Matos AO, Pacheco RR, Souza MT, Zanotto ED, Puppin Rontani RM. Effect of Biosilicate® Addition on Physical-Mechanical and Biological Properties of Dental Glass Ionomer Cements. J Funct Biomater. 2023 May 30;14(6):302. doi: 10.3390/jfb14060302. PMID: 37367266; PMCID: PMC10299142
11. Layek B. A Comprehensive Review of Xanthan Gum-Based Oral Drug Delivery Systems. Int J Mol Sci. 2024 Sep 21;25(18):10143. doi: 10.3390/ijms251810143. PMID: 39337626; PMCID: PMC11431853.
12. Kury M, Wada EE, Silva DPD, Tabchoury CPM, Giannini M, Cavalli V. Effect of violet LED light on in-office bleaching protocols: a randomized controlled clinical trial. J Appl Oral Sci. 2020;28:e20190720. doi: 10.1590/1678-7757-2019-0720. Epub 2020 May 18. PMID: 32428059; PMCID: PMC7213781.
13. Kury M, Perches C, da Silva DP, André CB, Tabchoury CPM, Giannini M, Cavalli V. Color change, diffusion of hydrogen peroxide, and enamel morphology after in-office bleaching with violet light or nonthermal atmospheric plasma: An in vitro study. J Esthet Restor Dent. 2020 Jan;32(1):102-112. doi: 10.1111/jerd.12556. Epub 2019 Dec 16. PMID: 31845449.
14. Sulieman M, Addy M, Rees JS. Development and evaluation of a method in vitro to study the effectiveness of tooth bleaching. J Dent. 2003;31(6):415-22.
15. Viana ÍEL, Weiss GS, Sakae LO, Niemeyer SH, Borges AB, Scaramucci T. Activated charcoal toothpastes do not increase erosive tooth wear. J Dent. 2021 Jun;109:103677.
16. Ribeiro R, de Oliveira Duque CC, Ortecho-Zuta U, Leite ML, Hebling J, Soares DG, de Souza Costa CA. Influence of Manganese Oxide on the Esthetic Efficacy and Toxicity Caused by Conventional In-office Tooth Bleaching Therapy. Oper Dent. 2022 Jul 1;47(4):425-436. doi: 10.2341/20-257-L. PMID: 35917237.
17. KUROKAWA, Chihiro; TOKO, Teruo; TAMAOKA, Keishou; et al. *Effects of Hydrogen Peroxide Concentration and Activation Time on Hydroxyl Radical Generation and the Bleaching Effect. Shika Hozon* [online]. 2018, v. 61, n. 2, p. 104–112.