

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

IARA MARÍA ERSILIA LIMA DE LEÓN

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DE DIFERENTES CANETAS CLAREADORAS SOBRE
A PENETRAÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA CÂMARA PULPAR E
NAS PROPRIEDADES DE COR, DUREZA E RUGOSIDADE DO ESMALTE
DENTÁRIO**

PONTA GROSSA

2026

IARA MARÍA ERSILIA LIMA DE LEÓN

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DE DIFERENTES CANETAS CLAREADORAS SOBRE A
PENETRAÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA CÂMARA PULPAR E NAS
PROPRIEDADES DE COR, DUREZA E RUGOSIDADE DO ESMALTE DENTÁRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pósgraduação Stricto sensu em Odontologia da
Universidade Estadual de Ponta Grossa como
requisito parcial para obtenção do Título.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Loguercio

PONTA GROSSA

2026

L578 León, Iara María Ersília Lima de
Avaliação do efeito de diferentes canetas clareadoras sobre a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar e nas propriedades de cor, dureza e rugosidade do esmalte dentário / Iara María Ersília Lima de León. Ponta Grossa, 2026.

46 f.

Dissertação (Mestrado em Odontologia - Área de Concentração: Dentística Restauradora), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio.

Coorientadora: Profa. Dra. Laryssa Mylenna Madruga Barbosa.

1. Clareamento dental. 2. Medicamentos de vendas livre. 3. Permeabilidade dentária. 4. Peróxido de hidrogênio. I. Loguercio, Alessandro Dourado. II. Barbosa, Laryssa Mylenna Madruga. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Dentística Restauradora. IV.T.

CDD: 617.6

FOLHA DE APROVAÇÃO

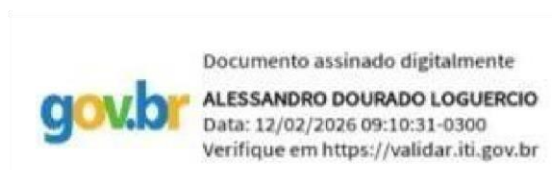
IARA MARÍA ERSILIA LIMA DE LEÓN

Avaliação do efeito de diferentes canetas clareadoras sobre a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar e nas propriedades de cor, dureza e rugosidade do esmalte dentário

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, linha de pesquisa de Propriedades Físico-Químicas e Biológicas de Materiais.

Dissertação aprovada em: 12/02/2026

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio

Universidade Estadual de Ponta Grossa

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Alessandro Loguercio", written over a horizontal line.

a

Prop. Dr. Alexandra Mena Serrano
Universidad San Gregorio de Portoviejo

A handwritten signature in black ink, appearing to read "David Emanuel Ugarte", written over a horizontal line.

Prof. Dr. David Emanuel Ugarte
Universidad Nacional de Asunción

Dedico este trabalho à minha família, especialmente aos meus pais, Nelly e Carlos, O amor incondicional, o apoio constante e os sacrifícios que fizeram foram a luz que guiou meus passos ao longo desta jornada acadêmica. Vocês são minha inspiração e minha força, meus pilares inabaláveis, cujo exemplo de dedicação e perseverança moldou quem sou hoje. Que este trabalho seja uma pequena homenagem ao apoio incomparável que recebi e uma expressão do meu profundo amor e gratidão. Que ele também contribua para o avanço do conhecimento e inspire outros a perseguirem seus sonhos com coragem e determinação.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar minha mais profunda e sincera gratidão a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desta dissertação. A concretização deste trabalho representa não apenas o cumprimento de uma etapa acadêmica, mas também um processo intenso de crescimento pessoal e profissional, que só foi possível graças ao apoio, incentivo e colaboração de inúmeras pessoas que fizeram parte desta trajetória. Em primeiro lugar, expresso minha mais profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Alessandro Loguercio, por sua orientação segura, dedicação constante e elevado compromisso com a excelência acadêmica. Agradeço pela confiança depositada em meu trabalho, pela paciência ao longo de todo o processo e pela generosidade na transmissão de conhecimentos. Sua postura ética, seu rigor científico e sua disponibilidade foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa. Mais do que um orientador, foi uma fonte de inspiração contínua, incentivando-me a buscar sempre o aprimoramento, não apenas como pesquisadora, mas também como profissional e ser humano. Manifesto, igualmente, minha sincera gratidão à minha coorientadora, Laryssa Mylenna Madruga Barbosa, pela valiosa contribuição durante todas as etapas deste trabalho. Sua dedicação, atenção aos detalhes e constante disposição em auxiliar foram essenciais para a concretização desta dissertação. Agradeço pela paciência, pelo apoio nos momentos de dificuldade e pela generosa partilha de conhecimentos, que contribuíram significativamente para meu desenvolvimento acadêmico.

Aos colegas e amigos da equipe Bleaching Bonding, registro meu agradecimento pelo companheirismo, pela colaboração diária e pela troca constante de experiências. A convivência em um ambiente de trabalho pautado pela cooperação e pelo respeito foi fundamental para tornar esta jornada mais enriquecedora e motivadora. Destaco, ainda, o acolhimento recebido como estudante estrangeira, que foi essencial para minha adaptação, proporcionando um ambiente de integração, apoio e pertencimento.

Ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, expresso minha gratidão pela oportunidade de realizar minha formação em uma instituição de reconhecida excelência acadêmica. A qualidade do ensino, o comprometimento

do corpo docente e a infraestrutura disponibilizada foram determinantes para o desenvolvimento desta pesquisa e para minha formação profissional.

Agradeço ao programa ZICOSUR pela concessão da bolsa de estudos, cujo apoio financeiro foi fundamental para viabilizar minha permanência no curso e dedicação às atividades acadêmicas. Este incentivo teve papel decisivo na concretização deste trabalho, permitindo que eu pudesse me dedicar integralmente à pesquisa.

À minha família, expresso minha mais profunda e especial gratidão. Seu apoio incondicional, amor, compreensão e incentivo constante foram a base que sustentou toda a minha trajetória. Mesmo diante da distância, sua presença foi essencial em todos os momentos, especialmente nos mais desafiadores. Sou imensamente grata pelos valores transmitidos, pelo exemplo de perseverança e pela força que sempre me proporcionaram. Esta conquista também lhes pertence.

Aos meus amigos, agradeço pelo apoio emocional, pela compreensão nos momentos de ausência e pelas palavras de incentivo ao longo desta caminhada. A amizade e o carinho de vocês foram fundamentais para manter o equilíbrio e a motivação necessários para superar os desafios.

Estendo minha gratidão a todos os professores, funcionários e colaboradores que, de alguma forma, contribuíram para minha formação acadêmica e para o desenvolvimento desta dissertação. Cada ensinamento, orientação e apoio recebido ao longo deste percurso foram essenciais para meu crescimento.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, mesmo não mencionadas nominalmente, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Cada contribuição foi importante e deixou uma marca significativa em minha trajetória.

Esta dissertação é fruto de um esforço coletivo, construído com o apoio, incentivo e dedicação de muitas pessoas. A todas elas, registro meu mais sincero agradecimento.

DADOS CURRICULARES

IARA MARÍA ERSILIA LIMA DE LEÓN

NASCIMENTO

05.02.1998

Concepción - Paraguai

FILIAÇÃO

Nelly Sofía De León Moraes

Carlos David Lima González

2016 - 2021

Curso de Graduação em Odontologia. pela Universidad

Nacional de Concepción- UNC Concepción-
Paraguay

2024 – 2025 Curso de Pós-Graduação em Odontologia. Área de

Concentração em Dentística Restauradora Nível de

Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa

(UEPG). Ponta Grossa – PR, Brasil.

2025 - Em andamento Curso de Pós-Graduação em Harmonização Orofacial, Instituto
Orofacial das Américas (IOA). Ponta Grossa – PR, Brasil.

RESUMO

DE LEÓN IMEL. **Avaliação do efeito de diferentes canetas clareadoras sobre a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar e nas propriedades de cor, dureza e rugosidade do esmalte dentário** [Dissertação - Mestrado em Odontologia - Área de Concentração – Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2026.

Objetivos: O objetivo deste estudo foi avaliar a permeabilidade do peróxido de hidrogênio até a câmara pulpar, a alteração objetiva de cor e o padrão morfológico da superfície do esmalte promovidos por canetas clareadoras. *Material e métodos:* Cinquenta pré-molares hígidos foram distribuídos em cinco grupos (n=10): controle sem tratamento e os grupos Optic White Pen LED (OW); Caneta Clareadora Colgate Luminous White (LW), Equate Kit de Clareamento Dental (EQ), e Whiteness Perfect 10% (WP), aplicados sobre o esmalte vestibular por 8 horas/dia durante 10 dias. Para o grupo (WP), o gel foi aplicado utilizando moldeiras personalizadas confeccionadas previamente, seguindo as recomendações do fabricante. A difusão pulpar de peróxido ($\mu\text{g/mL}$) foi mensurada com espectroscopia UVVis, e a mudança de cor (ΔE_{ab} , ΔE_{00} , WI_D) foi quantificada por VITA Zahnfabrik VITA Easyshade após 5 (T_5) e 10 (T_{10}) dias de tratamento. A concentração inicial de peróxido de hidrogênio (PH; %) foram determinados por meio de titulação, o pH dos produtos por meio de pHmetro. A superfície do esmalte foi caracterizada por análises quantitativas de microdureza (VHN) e rugosidade superficial (Ra). Os dados de cor, VHN e Ra foram analisados por ANOVA de medidas repetidas; a permeabilidade, concentração de PH e pH foram analisados por ANOVA one-way e teste post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$). *Resultados:* Os produtos clareadores OTC variaram significativamente quanto ao pH e à concentração inicial de peróxido de hidrogênio. O grupo EQ apresentou a maior concentração inicial de PH (12,7%) e o pH mais ácido (4,25) entre os grupos ($p < 0,05$). A permeabilidade do peróxido foi maior no grupo EQ, enquanto o grupo WP apresentou menor penetração pulpar ($p < 0,05$). A mudança de cor mostrou-se sem diferença significativa entre os produtos (ΔE_{ab} e ΔE_{00}) após 10 dias de aplicação ($p > 0,05$). Valores de WI_D aumentaram de forma progressiva e significativa em todos os grupos nos tempos T_5 e T_{10} . A microdureza Vickers e a rugosidade superficial mostraram aumento/redução semelhantes ao longo do tempo entre os grupos, exceto no grupo EQ, que foi o único a apresentar redução significativa da microdureza do esmalte após 10 dias de protocolo ($p < 0,05$). *Conclusão:* As formulações das canetas clareadoras OTC demonstram eficácia clareadora cumulativa equivalente sob uso prolongado, semelhante ao clareamento caseiro. No entanto, o produto EQ, com menor pH e maior teor inicial de peróxido, apresentou maior penetração de peróxido de hidrogênio e foi o único a reduzir significativamente a microdureza do esmalte após 10 dias, indicando menor segurança no uso desse protocolo.

Palavras-chave: Clareamento Dental, medicamento de venda livre, Permeabilidade Dentária, peróxido de hidrogênio.

ABSTRACT

DE LEÓN IMEL. **Avaliação do efeito de diferentes canetas clareadoras sobre a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar e nas propriedades de cor, dureza e rugosidade do esmalte dentário** [Dissertação - Mestrado em Odontologia - Área de Concentração – Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2026.

Objectives: The aim of this study was to evaluate hydrogen peroxide permeability into the pulp chamber, objective color change, and enamel surface morphological pattern promoted by whitening pens. *Material and methods:* Fifty sound human premolars were allocated into five groups (n=10): untreated control, and the whitening pen groups Colgate Luminous White (LW), Equate Kit de Clareamento Dental (EQ), and Optic White Pen LED (OW) and Whiteness Perfect 10% (WP), applied on buccal enamel for 8 hours/day over 10 days. Hydrogen peroxide diffusion into the pulp chamber ($\mu\text{g/mL}$) was quantified using UV–Vis spectroscopy, and color was measured by a digital spectrophotometer VITA Easyshade from VITA Zahnfabrik at baseline, 5 (T_5), and 10 days (T_{10}). For the group (WP), the gel was applied using custom-made trays that were prepared beforehand, following the manufacturer's recommendations. Initial peroxide concentration (PH; %) and pH were determined by titration and pH meter. Enamel surface was characterized by scanning electron microscopy and quantitatively analyzed for microhardness (VHN) and surface roughness (Ra). Color, VHN, and Ra data were analyzed using repeated measures ANOVA; HP permeability, initial peroxide concentration, and pH were analyzed by one-way ANOVA with Tukey's test ($\alpha=0.05$). *Results:* Whitening pens showed significant variability in initial hydrogen peroxide concentration and pH. Equate Kit de Clareamento Dental presented the highest initial peroxide concentration (12.7%) and the most acidic pH (4.25) ($p<0.05$), exhibiting the greatest HP permeability into the pulp chamber, while Whiteness Perfect 10% showed the lowest pulp diffusion. Final cumulative bleaching efficacy (ΔE_{ab} and ΔE_{00}) was equivalent among all whitening pens ($p>0.05$). Whiteness Index for Dentistry (WID) significantly increased at T_5 and T_{10} for all groups ($p<0.05$). Enamel microhardness and surface roughness followed similar time-dependent patterns among pens, except for Equate Teeth Whitening, which uniquely reduced enamel microhardness at T_{10} . *Conclusion:* All whitening pens delivered equivalent cumulative bleaching effect under prolonged use, but the most acidic, high-peroxide formulation showed the highest pulp diffusion and was the only one to reduce enamel microhardness in this 8 h/night protocol.

Keywords: Teeth Whitening, over-the-counter drug, Dental Permeability, Hydrogen Peroxide.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A*	Eixo cromático vermelho–verde
ANOVA	Análise de Variância
AT	Limiar de aceitabilidade
b*	Eixo cromático azul–amarelo
AH	Clareamento caseiro
CIEDE 2000	Fórmula de diferença de cores CIE 2000
CIELAB	Modelo colorimétrico Lab
cm	Centímetro(s)
ΔE_{00}	Variação de cor CIEDE00
ΔE_{ab}	Variação de cor CIELAB
g	Grama(s)
h	Hora(s)
KVp	Quilovoltagem de pico
L	Litro(s)
L*	Luminosidade
mA	Miliampère(s)
mg	Miligrama(s)
min	Minuto(s)
mL	Mililitro(s)
mm	Milímetro(s)
mol	Mol
nm	Nanômetro(s)
OTC	Over-the-counter (Venda livre)
PC	Peróxido de carbamida
PH	Peróxido de hidrogênio
pH	Potencial hidrogeniônico
PT	Limiar de perceptibilidade
s	Segundo(s)
μ L	Micro litro(s)
μ g	Micrograma(s)
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
UV-VIS	Ultravioleta-visível

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 Clareamento dental: fundamentos e mecanismos de ação	15
2.2 Tipos de agentes clareadores e suas formulações	15
2.3 Protocolos clínicos: clareamento de consultório, caseiro e combinado....	16
2.4 Agentes clareadores de venda livre	16
2.5 Efeitos adversos e permeabilidade dentinária	17
2.6 Sensibilidade dentária induzida pelo clareamento	17
2.7 Efeitos do clareamento sobre o esmalte e a dentina	18
2.8 Impacto estético e psicossocial do clareamento dental	19
3 OBJETIVOS.....	20
3.1 Objetivo Geral.....	20
3.2 Objetivos específicos:	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Aprovação ética.....	21
4.2 Seleção dos dentes.....	21
4.3 Delineamento experimental.....	21
4.4 Cálculo do tamanho da amostra.....	22
4.5 Preparação das amostras.....	23
4.6 Avaliação da mudança de cor	23
4.7 Obtenção da curva analítica.....	24
4.8 Penetração do peróxido de hidrogênio na câmara pulpar	24

4.9 Avaliação da concentração inicial de peróxido de hidrogênio	25
4.10 Avaliação de pH.....	25
4.11 Avaliação da microdureza e rugosidade superficial	26
4.12 Análise estatística	28
5 RESULTADOS	29
5.1 Concentração inicial de peróxido de hidrogênio (%) e pH dos produtos ...	29
5.2 Espessura vestibular (mm) e penetração de peróxido de hidrogênio dentro da câmara pulpar (µg/mL)	29
5.3 Mudança de cor objetiva nos parâmetros CIELab (ΔE_{ab}), CIEDE (ΔE_{00}) e Índice.....	30
de Brancura em Odontologia (W_{ID})	30
5.4 Microdureza pelo ensaio de Vickers e rugosidade superficial	32
6 DISCUSSÃO.....	34
7 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38
ANEXO A- APROVAÇÃO DO PROJETO PELA COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA	42

1 INTRODUÇÃO

O sorriso é um componente essencial da estética facial, e a cor dental exerce papel determinante na percepção de beleza e saúde bucal. A crescente valorização da aparência, amplificada pela influência das redes sociais e pela busca por padrões estéticos idealizados, tem impulsionado o interesse por tratamentos odontológicos estéticos, especialmente os procedimentos de clareamento dental (Barbosa et al., 2025). Dentre as opções disponíveis, o clareamento químico destaca-se por ser um método minimamente invasivo, eficaz e de baixo custo, quando comparado a técnicas restauradoras e protéticas mais extensas (Serin-Kalay; Zaim, 2022).

O clareamento dental baseia-se na oxidação de pigmentos orgânicos pela ação de agentes oxidantes, como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o peróxido de carbamida, os quais liberam radicais livres capazes de degradar moléculas cromóforas presentes no esmalte e na dentina (Barbosa et al., 2025; M.S et al., 2024). Mesmo que eficazes, esses agentes podem atravessar os tecidos mineralizados e atingir a câmara pulpar, ocasionando inflamação transitória e sensibilidade dentária, um dos efeitos adversos mais comuns associados ao clareamento (Mena – Serrano, A.P. et al., 2015). A extensão dessa penetração depende de fatores como concentração, pH, viscosidade e tempo de contato do agente clareador com o substrato dental.

Nos últimos anos, o mercado odontológico tem sido inundado por produtos de venda livre (over-the-counter, OTC), como pastas, tiras, vernizes e canetas clareadoras, que permitem aplicação domiciliar sem supervisão profissional direta (Barbosa et al., 2024). Esses produtos se popularizaram por sua praticidade e baixo custo, além da promessa de resultados rápidos. Em particular, as canetas clareadoras se destacam pela aplicação localizada e pelo menor risco de contato com tecidos moles, já que o gel é aplicado em pequenas quantidades (Barbosa et al., 2024). No entanto, a ausência de padronização em relação à concentração de peróxido e ao pH levanta preocupações quanto à eficácia real e à segurança biológica desses produtos (Omar et al., 2019).

Do ponto de vista estrutural, o contato repetido com agentes oxidantes pode promover alterações nas propriedades físico-mecânicas do esmalte, como redução da

microdureza e aumento da rugosidade superficial (Serin-Kalay; Zaim, 2022; Jamwal et al., 2022). Segundo Jamwal et al. (2022), uma revisão sistemática e metaanálise revelou que o uso contínuo de produtos clareadores, especialmente dentifrícios e géis contendo peróxidos, está associado ao aumento significativo da rugosidade e à redução da microdureza do esmalte, refletindo possível perda mineral. Esses efeitos, podem comprometer a integridade do esmalte e aumentar sua susceptibilidade à pigmentação futura e à sensibilidade.

Estudos comparativos também demonstram que formulações com peróxido de hidrogênio a altas concentrações apresentam maior potencial de penetração na câmara pulpar, enquanto produtos com formulações mais suaves tendem a causar menos efeitos adversos, mesmo que com eficácia clareadora reduzida (Mena-Serrano et al., 2024). Assim, a avaliação simultânea da eficácia clareadora (ΔE), das alterações estruturais (dureza e rugosidade) e da penetração de peróxido constitui abordagem essencial para compreender o equilíbrio entre estética e segurança nos procedimentos clareadores (Barbosa et al., 2024).

Adicionalmente, a busca por dentes mais brancos não se limita a um desejo estético: o clareamento dental tem impacto comprovado na autoestima e na qualidade de vida relacionada à saúde bucal, refletindo positivamente na interação social e na autopercepção dos pacientes (Goettems et al., 2021). Contudo, o uso indiscriminado e prolongado de produtos clareadores sem orientação profissional pode acarretar danos cumulativos ao esmalte e irritação pulpar, exigindo a realização de estudos laboratoriais que assegurem sua biocompatibilidade.

Apesar da ampla disponibilidade de produtos clareadores de venda livre, como géis, tiras e canetas, ainda existe escassez de estudos que avaliem de forma sistemática a segurança e a eficácia desses materiais quando utilizados de forma prolongada e sem supervisão profissional (Carneiro et al., 2024; Barbosa et al., 2025). A maior parte das pesquisas concentra-se exclusivamente no resultado estético, desconsiderando parâmetros biológicos essenciais, como a penetração pulpar do peróxido de hidrogênio e as possíveis alterações nas propriedades físico-mecânicas do esmalte (Jamwal et al., 2022). Além disso, formulações comerciais podem diferir quanto ao pH, viscosidade e estabilidade, fatores que influenciam diretamente tanto a eficácia clareadora quanto o potencial de indução de sensibilidade dentária (Centenaro et al., 2024). Portanto, avaliar simultaneamente a eficácia

óptica, a difusão do agente clareador até a câmara pulpar e as modificações estruturais do esmalte permite uma compreensão mais completa do impacto biológico desses produtos, fornecendo evidências para um uso seguro e clinicamente fundamentado (Mena-Serrano et al., 2024).

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes canetas clareadoras sobre a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar e sobre as propriedades de cor, dureza e rugosidade do esmalte dentário, testando como hipóteses nulas que (1) não haverá diferença na penetração do peróxido de hidrogênio entre as diferentes canetas clareadoras e o gel clareador caseiro, (2) não haverá diferença na eficácia clareadora entre essas formulações e o gel clareador caseiro e (3) não haverá diferença nas propriedades mecânicas do esmalte dentário, considerando dureza e rugosidade, quando comparadas ao gel de clareamento caseiro.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Clareamento dental: fundamentos e mecanismos de ação

O clareamento dental é um dos procedimentos estéticos mais realizados na odontologia moderna e tem como objetivo a remoção ou oxidação de pigmentos responsáveis pela alteração de cor dos dentes. Esses pigmentos podem ser extrínsecos, resultantes do consumo de alimentos cromogênicos, café, chá e tabaco, ou intrínsecos, relacionados a fatores como envelhecimento, fluorose e uso de medicamentos (Epple; Meyer; Enax et al., 2019).

O agente ativo mais utilizado no clareamento é o peróxido de hidrogênio, ou seu derivado, o peróxido de carbamida, que se decompõem em radicais livres de oxigênio. Esses radicais quebram as cadeias orgânicas das moléculas cromóforas, transformandoas em compostos incolores, resultando em uma aparência dental mais clara (Vilhena et al., 2019).

O mecanismo químico do clareamento baseia-se na oxidação de pigmentos presentes tanto no esmalte quanto na dentina. O peróxido de hidrogênio penetra facilmente por difusão através dos prismas do esmalte e dos túbulos dentinários, atingindo a câmara pulpar, onde pode causar efeitos inflamatórios transitórios (Mena-Serrano et al., 2024).

2.2 Tipos de agentes clareadores e suas formulações

Os principais agentes clareadores são o peróxido de hidrogênio (10 a 40%) e o peróxido de carbamida (10 a 22%). Em produtos caseiros, o peróxido de carbamida libera cerca de 3,5% de peróxido de hidrogênio, promovendo um clareamento gradual e seguro. Já em consultório, utilizam-se formulações com altas concentrações, proporcionando resultados rápidos, porém, com maior risco de sensibilidade (Oliveira et al., 2018).

Estudos recentes reforçam que não é somente a concentração do peróxido que determina a eficácia, mas também o pH, a viscosidade e a estabilidade da formulação, que modulam a velocidade de difusão dos radicais oxidativos dentro da estrutura dental (Barbosa et al., 2024a).

Além das diferenças relacionadas à abrasividade, diversos fatores químicos podem influenciar o desempenho dos agentes clareadores, mesmo quando apresentam a mesma concentração declarada de peróxido de hidrogênio. Variações no pH, na estabilidade desse

pH ao longo do tempo e na viscosidade das formulações afetam diretamente a quantidade de peróxido liberada e, conseqüentemente, sua difusão através dos tecidos dentários (da Silva et al., 2023; Carneiro et al., 2024). Ademais, estudos demonstram discrepâncias entre a concentração de peróxido informada no rótulo e a concentração real disponível no produto, o que pode modificar os efeitos clínicos observados (Matis et al., 2013; Bernardi et al., 2022). Assim, esses fatores combinados podem influenciar tanto a eficácia clareadora quanto o risco de sensibilidade e agressão pulpar, reforçando a necessidade de avaliação crítica das formulações e de orientação profissional adequada.

2.3 Protocolos clínicos: clareamento de consultório, caseiro e combinado

Os protocolos clínicos de clareamento variam de acordo com o tipo de agente e o tempo de aplicação. O clareamento de consultório utiliza géis de alta concentração (35%–40%) aplicados em sessões supervisionadas, enquanto o clareamento caseiro é realizado com moldeiras individuais e concentrações menores (10%–16%) (Reis et al., 2011).

Estudos mostram que o intervalo entre aplicações influencia diretamente a microdureza e a rugosidade do esmalte. (Oliveira et al., 2018) demonstraram que reduzir o intervalo de sete para dois dias entre as aplicações de peróxido de hidrogênio 35% provocou maior perda mineral e redução da microdureza.

Quando há intervalo adequado, a saliva natural exerce papel remineralizador, recuperando parcialmente a dureza e reduzindo o impacto erosivo do agente clareador (Salomão et al., 2017).

2.4 Agentes clareadores de venda livre

Nos últimos anos, o mercado odontológico tem sido amplamente marcado pela popularização de produtos de clareamento de venda livre (OTC), impulsionados pela praticidade, baixo custo e promessa de resultados rápidos. Entre as principais formulações disponíveis, destacam-se dentifrícios branqueadores, enxaguantes bucais, fitas e canetas clareadoras, desenvolvidos para uso domiciliar sem supervisão profissional direta.

Embora eficazes na remoção de manchas extrínsecas, esses produtos apresentam limitações importantes. Dentifrícios clareadores contêm partículas abrasivas, como sílica,

carbonato de cálcio e perlite, que atuam sobre manchas superficiais, mas, quando usados continuamente, podem aumentar a rugosidade e reduzir a microdureza do esmalte (Rahardjo et al., 2015). Além disso, fatores como pH, viscosidade, estabilidade e inconsistências entre a concentração declarada e a real de peróxido de hidrogênio podem interferir no clareamento e elevar o risco de sensibilidade ou injúria pulpar (Matis et al., 2013; Da Silva et al., 2023; Bernardi et al., 2022; Carneiro et al., 2024).

As canetas clareadoras, em particular, têm atraído interesse por sua portabilidade e aplicação direta do gel sobre o esmalte, dispensando moldeiras. No entanto, evidências mostram que determinadas formulações podem permitir a difusão do peróxido até a câmara pulpar, mesmo após curtos períodos de uso (Barbosa et al., 2025), destacando a necessidade de avaliar criticamente sua segurança e desempenho, especialmente frente ao uso indiscriminada pela população.

2.5 Efeitos adversos e permeabilidade dentinária

O peróxido de hidrogênio, por sua natureza de baixa massa molecular, difunde-se através do esmalte e dentina, podendo atingir a polpa e induzir respostas inflamatórias transitórias. Estudos demonstram que a penetração pulpar do peróxido depende da concentração e do tempo de exposição (Mena-Serrano et al., 2024).

Quando associado a pH mais ácido ou baixa viscosidade, a difusão pode ser intensificada (Barbosa et al., 2024b). Contudo, produtos com controle adequado de viscosidade apresentam menor permeabilidade e mantêm preservação estrutural do esmalte (Barbosa et al., 2025).

O contato direto do agente oxidante com o tecido pulpar pode estimular a liberação de mediadores inflamatórios e causar sensibilidade dentária. Entretanto, tais efeitos tendem a ser reversíveis e de curta duração (Charakorn et al., 2009).

Além disso, estudos *in vitro* demonstram que o uso repetido de peróxido pode alterar a composição mineral do esmalte, reduzindo o teor de cálcio e fósforo (Cavalli et al., 2022).

2.6 Sensibilidade dentária induzida pelo clareamento

A sensibilidade dentária é um dos efeitos adversos mais frequentemente associados ao clareamento e está relacionada principalmente à difusão do peróxido de hidrogênio

através do esmalte e da dentina, alcançando a câmara pulpar devido à sua baixa massa molecular, o que pode desencadear uma resposta inflamatória transitória do tecido pulpar (Reis et al., 2011). No entanto, a intensidade dessa sensibilidade não depende apenas da concentração do agente clareador: características da formulação, como pH e viscosidade, também exercem influência direta sobre esse processo (Soares et al., 2014).

Géis com pH mais ácido tendem a promover desmineralização superficial e aumento da permeabilidade do esmalte, favorecendo maior difusão do peróxido (Torres et al., 2014), enquanto produtos com pH neutro ou levemente alcalino tendem a reduzir essa penetração e, conseqüentemente, a sensibilidade. Estudos recentes demonstram que diferentes técnicas e apresentações comerciais, mesmo contendo concentrações semelhantes de peróxido, podem resultar em quantidades distintas de H_2O_2 na câmara pulpar, mas essa penetração aumentada nem sempre se traduz em citotoxicidade irreversível, sugerindo um processo inflamatório reversível e autolimitado (Centenaro et al., 2024; Carneiro et al., 2024). Além disso, o uso de agentes dessensibilizantes, como nitrato de potássio ou fluoreto, pode auxiliar no controle do desconforto sem comprometer os resultados estéticos (Maran et al., 2020).

2.7 Efeitos do clareamento sobre o esmalte e a dentina

O clareamento dental pode provocar alterações microestruturais no esmalte e na dentina, especialmente quando são utilizados agentes de alta concentração ou quando o tratamento é prolongado. Estudos in vitro demonstraram que a exposição repetida ao peróxido de carbamida 10% e 16% pode causar diminuição da microdureza e aumento da rugosidade superficial (Vilhena et al., 2019).

Os agentes oxidantes removem íons minerais, como cálcio e fósforo, e modificam temporariamente a estrutura cristalina da hidroxiapatita. Contudo, essas alterações são superficiais e podem ser parcialmente revertidas pelo efeito remineralizador da saliva ou pela aplicação tópica de flúor (Oliveira et al., 2018).

O pH do gel clareador também desempenha papel fundamental. Soluções com pH ácido tendem a aumentar o potencial de desmineralização, enquanto produtos neutros ou levemente alcalinos são menos agressivos à estrutura dental (Soares et al., 2016).

2.8 Impacto estético e psicossocial do clareamento dental

O clareamento dental tem grande impacto na autoestima e na percepção estética dos pacientes. Estudos demonstram que a melhora na cor dos dentes está associada à satisfação pessoal e à confiança nas interações sociais (Goettems et al., 2021).

A busca por dentes mais brancos tem aumentado devido à influência das mídias sociais, que difundem padrões estéticos muitas vezes irreais e incentivam o uso excessivo de produtos clareadores sem supervisão odontológica (Binalrimal et al., 2019).

Entretanto, é essencial que o clareamento seja realizado sob orientação profissional, considerando as características individuais do paciente e a integridade biológica dos tecidos dentários. O uso racional dos agentes clareadores garante resultados duradouros, seguros e satisfatórios, reforçando o papel da odontologia estética baseada em evidências (Fioresta et al., 2023).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar, através de um estudo *in vitro*, a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar, a mudança de cor e as alterações nas propriedades mecânicas do esmalte dentário, mediante testes de dureza e rugosidade, em dentes humanos submetidos à aplicação prolongada de diferentes canetas clareadoras e gel de clareamento caseiro.

3.2 Objetivos específicos:

1. Avaliar a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar ($\mu\text{g/ml}$), através de Espectroscopia UV-Vis de dentes humanos extraídos submetidos a aplicação de diferentes canetas clareadoras e gel de clareamento caseiro por 8 horas diárias, durante 10 dias.
2. Avaliar a eficácia clareadora, através de espectrofotômetro Vita Easyshade (ΔE_{ab} , ΔE_{00} e WI_D) de dentes humanos extraídos submetidos a aplicação de diferentes canetas clareadoras e gel de clareamento caseiro por 8 horas diárias, durante 10 dias.
3. Avaliar alterações nas propriedades mecânicas do esmalte dentário, realizando testes de dureza e rugosidade superficial após a aplicação das diferentes canetas clareadoras e gel de clareamento caseiro por 8 horas diárias, durante 10 dias.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Aprovação ética

Este estudo in vitro recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Ponta Grossa, sob o protocolo número 7.558.885.

4.2 Seleção dos dentes

Foram utilizados 50 pré-molares humanos hígidos provenientes do banco de dentes da universidade. A padronização da amostra foi realizada por meio de microscopia óptica em aumento de 10×, e espécimes com alterações morfológicas ou trincas de esmalte foram excluídos. Também foram excluídos dentes com cor inicial superior ao valor $WI_D > 20$, aferido por espectrofotometria digital, a fim de garantir maior uniformidade óptica entre as unidades experimentais.

4.3 Delineamento experimental

Os dentes foram aleatoriamente distribuídos em cinco grupos experimentais ($n = 10$), sendo: um grupo controle negativo, não exposto a agentes clareadores; e os demais grupos conforme os produtos clareadores de venda livre e gel de clareamento caseiro: Optic White Pen ComfortFit LED (Colgate-Palmolive Company, New York, NY, EUA); Caneta Clareadora Dental Colgate Luminous White (Colgate-Palmolive Company, New York, NY, EUA), Equate TM (EquateTM, Bentonville, AR, USA, e Whiteness Perfect 10% (FGM Produtos Odontológico, Joinville, SC, Brasil). Todos os produtos foram aplicados por 8 horas diárias (durante a noite), durante 10 dias.

A identificação, composição e fabricantes de cada grupo foram descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Grupo experimental, produto (fabricante), e composição geral dos produtos utilizados.

Grupo experimental	Produto (fabricante)	Composição (*)
WP	Whiteness Perfect 10% (FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, Brasil)	Peróxido de carbamida a 10%, carbopol neutralizado, nitrato de potássio, fluoreto de sódio, glicol, água deionizada
LW	Colgate Luminous White (Colgate-Palmolive Company, New York, NY, EUA)	Peróxido de hidrogênio a 3%, álcool etílico, copolímero de amida
OW	Colgate Optic White Overnight Teeth Whitening Pen (Colgate-Palmolive Company, New York, NY, USA)	Peróxido de hidrogênio, álcool, copolímero de acrilatos/octilacrilamida, água.
EQ	Teeth Whitening Kit (Equate Teeth Whitening Kit, EquateTM, Bentonville, AR, USA)	Peróxido de carbamida, propilenoglicol, glicerina, carbomer, trietanolamina, mentol, aromatizante.

(*) De acordo com a informação do fabricante.

4.4 Cálculo do tamanho da amostra

O desfecho primário estabelecido foi a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar. Considerando os valores de referência (média $\pm$ DP: $0,017 \pm 0,008 \mu\text{g/mL}$) do estudo de Parreiras et al. (2020), expectativa de duplicação do efeito no grupo

experimental, nível de significância de 5% e poder estatístico de 80%, definiu-se a necessidade de 10 espécimes por grupo, totalizando 50 dentes (n = 10 por condição).

4.5 Preparação das amostras

As raízes foram seccionadas a aproximadamente 3 mm apicais à junção amelocementária com disco diamantado sob baixa rotação. O tecido pulpar foi removido e a cavidade foi enxaguada com água deionizada. O acesso pulpar foi cuidadosamente ampliado com broca esférica #1014, evitando-se contato com a parede vestibular interna da câmara. Em seguida, 25 µL de solução tampão de acetato foi inserida na cavidade pulpar para captura e preservação do peróxido difundido durante os protocolos de clareamento. Cada cavidade foi limpa quatro vezes com o mesmo volume do tampão, e todas as alíquotas foram transferidas para tubos de vidro para análise subsequente.

4.6 Avaliação da mudança de cor

A mudança de cor foi mensurada antes de qualquer procedimento para todos os grupos utilizando um espectrofotômetro digital (VITA Easyshade Advance 4.0, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha). Para mensurar a cor inicial dos espécimes, foram confeccionadas guias com silicone de condensação denso através de uma janela com 6 mm diâmetro. Os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) foram registrados antes de qualquer tratamento (*baseline* T0), e após 10 dias de tratamento (T10). A alteração cromática foi calculada pelas fórmulas:

1) CIELab (de l'Eclairage 1978):

$$a. \Delta E_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}; 2)$$

CIEDE 2000 (Luo; Cui et al., 2001):

$$a. \Delta E_{00} = [(\Delta L/kLSL)^2 + (\Delta C/kCSC)^2 + (\Delta H/kHSH)^2 + RT(\Delta C^* \Delta H/SC^*SH)]^{1/2}$$

3) Whiteness Index (Pérez Mdel; Ghinea et al., 2016):

$$a. WI_D = (0.511L^*) - (2.3424a^*) - (1.100b^*).$$

4.7 Obtenção da curva analítica

Todas as soluções foram preparadas com água deionizada. Uma solução-estoque de 5.000 $\mu\text{g/mL}$ foi produzida a partir de peróxido de hidrogênio concentrado (50%), diluída em tampão de acetato (pH 4,5) e titulada com permanganato de potássio para determinação da concentração real. A partir dessa concentração, diluições volumétricas seriadas (0,000–0,404 $\mu\text{g/mL}$) foram realizadas, e a leitura das absorvâncias para construção da curva analítica foi feita por espectrofotometria UV-Vis em comprimento de onda específico, seguindo a proporcionalidade direta entre concentração e absorvância (Lei de Beer).

4.8 Penetração do peróxido de hidrogênio na câmara pulpar

Para todos os protocolos de tratamento, um único operador calibrado e experiente foi responsável pela aplicação dos materiais. Os espécimes foram colocados com a face oclusal em contato com uma placa de cera, permitindo o acesso à cavidade pulpar. Uma alíquota de 25 μL do tampão de acetato (pH = 4) foi inserida dentro da cavidade pulpar de cada dente, para absorver e preservar todo o peróxido de hidrogênio (PH) que pudesse penetrar na cavidade pulpar durante os procedimentos clareadores.

As canetas clareadoras foram aplicadas na área de esmalte vestibular, de acordo com os diferentes grupos experimentais, até a completa cobertura da superfície a ser clareada. Os grupos foram armazenados em pote hermético, em ambiente úmido, para impedir a evaporação da solução também durante as 8 horas do produto aplicado sobre a superfície.

A remoção do produto foi realizada com gaze e lavagem cuidadosa com água deionizada apenas na superfície vestibular. O grupo controle foi mantido sem contato com agentes clareadores.

Após o procedimento de clareamento do primeiro dia, a solução tampão de acetato na cavidade pulpar de cada amostra foi removida. As soluções removidas foram transferidas para um tubo de vidro. Para remover o PH completamente, a limpeza da cavidade pulpar de cada dente foi repetida quatro vezes, com 25 μL do tampão de acetato, e o conteúdo foi transferido para o mesmo tubo de vidro.

Sequencialmente, 100 μL de 0,5 mg/mL (Leucocristal Violeta, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, EUA) e 50 μL de 1 mg/mL de enzima peroxidase de rábano (Peroxidase Tipo VI-A, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, EUA) foram adicionados ao tubo de vidro, juntamente com água deionizada (2,725 μL). Essa sequência foi repetida separadamente para cada dente, nos diferentes tempos experimentais. A solução resultante foi mensurada utilizando um espectrofotômetro Cary 100 UV-Vis (Varian, Palo Alto, CA, EUA).

Segundo a Lei de Beer, cuja premissa indica que a concentração é diretamente proporcional à absorbância, a concentração de PH ($\mu\text{g/mL}$) foi determinada pela comparação com a curva de calibração previamente obtida.

4.9 Avaliação da concentração inicial de peróxido de hidrogênio

O permanganato de potássio foi usado como agente oxidante para descrever a concentração de peróxido de hidrogênio (PH) em cada agente clareador. Os vernizes foram pesados analiticamente. Amostras de cada verniz foram coletadas (com aproximadamente 0,2 g) e diluídas em 50 mL de água destilada e 10 mL de ácido sulfúrico $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

A solução de permanganato de potássio ($0,02 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$) foi adicionada a esta solução, obtendo-se uma solução violeta (Marson et al., 2015; Parreiras et al., 2020), visto que a mudança de cor foi observada quando o PH esteve completamente consumido. Foram realizadas três titulações para cada caneta clareadora.

4.10 Avaliação de pH

O pH de cada agente clareador foi medido utilizando um medidor de pH (Extech pH100, Extech Instruments, Nashua, NH, EUA), colocado diretamente em contato com os produtos clareadores. O eletrodo foi inicialmente calibrado com soluções padrão de pH de 4,0 e 7,0. Duas amostras de cada produto foram testadas em triplicata, e a média do valor de pH foi obtida para análise.

4.11 Avaliação da microdureza e rugosidade superficial

Adicionalmente, foram utilizados 10 molares humanos hígidos, cujas raízes foram removidas aproximadamente 3 mm apicalmente à junção amelocementária. Cada coroa foi seccionada com disco de diamante de baixa rotação sob irrigação contínua com água (Labcut 1010, EXTEC, Enfield, CT, EUA), obtendo-se quatro blocos planos de esmalte por dente ($\approx 6 \times 6 \times 2$ mm), totalizando 40 espécimes.

Os blocos foram aleatoriamente distribuídos nos quatro grupos experimentais ($n = 10$ por grupo), com o mesmo protocolo de aplicação para todos os grupos (8hs diária de aplicação por 10 dias seguidos)

Os blocos foram incluídos em anéis de PVC ($\varnothing$ 25 mm; altura 13 mm) com resina acrílica autopolimerizável para facilitar o manuseio durante os testes e a aplicação do gel. As superfícies de esmalte foram planificadas e polidas sequencialmente com lixas de carvão de silício (#320, #400, #600 e #1200) sob irrigação contínua, para padronizar a topografia superficial.

Posteriormente, os espécimes foram limpos em banho ultrassônico com água destilada por 10 minutos e armazenados em água destilada (pH 7,0) a 37 °C até o início dos testes.

A microdureza superficial foi avaliada utilizando um microdurômetro Vickers (HMV2, Shimadzu, Tóquio, Japão) com carga de 100 g (980,7 mN) aplicada por 15 s. Três indentações foram realizadas a 200 μ m da borda do espécime e 100 μ m de distância entre si, nos três períodos experimentais: antes do tratamento (T_0), após 5 dias (T_5) e após 10 dias de tratamento (T_{10}).

O valor médio do número de dureza Vickers (VHN) foi calculado para cada espécime.

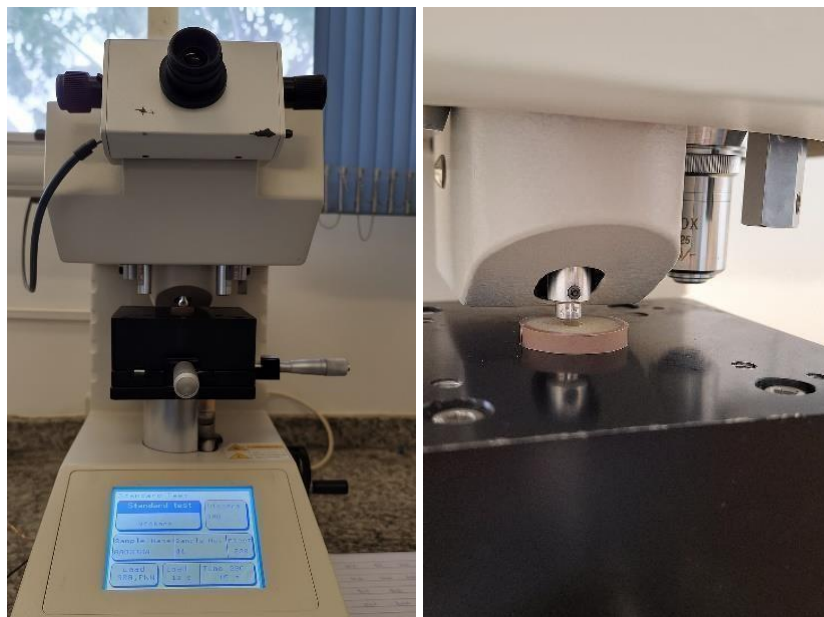


Figura 1a. Microdurômetro Vickers (HMV2, Shimadzu, Tóquio, Japão). **1b.**

Posicionamento da amostra.

A rugosidade superficial (R_a) foi determinada com rugosímetro de contato (*Surftest SV-2100M4*, Mitutoyo, Kawasaki, Japão), empregando filtro Gaussiano, *cut-off*



Figura 2. Rugosímetro de contato (*Surftest SV-2100M4*, Mitutoyo, Kawasaki, Japão).

(λ_c) = 0,25 mm, comprimento de avaliação = 1,25 mm ($5 \times \lambda_c$) e velocidade de varredura=0,5mm/s.

Três leituras por espécime foram realizadas nos mesmos períodos (T_0 , T_5 e T_{10}), mantendo a mesma orientação e espaçamento entre as trilhas. O valor médio de R_a (μm) foi calculado para cada tempo.

4.12 Análise estatística

Os dados tiveram a normalidade avaliada pelo teste de Kolmogorov–Smirnov e a igualdade de variâncias verificada pelo teste de Bartlett (resultados não mostrados). Como os dados apresentaram distribuição normal e homogeneidade de variâncias, as análises estatísticas foram conduzidas da seguinte forma: as concentrações iniciais de peróxido de hidrogênio (PH) nos agentes clareadores (%), os valores de pH e as concentrações de PH ($\mu\text{g/mL}$) detectadas na câmara pulpar foram analisadas por ANOVA one-way, seguida de teste post hoc Tukey, utilizando a IBM SPSS Statistics 22.

As mudanças de cor (ΔE_{ab} , ΔE_{00} e WI_D), microdureza superficial do esmalte e a rugosidade superficial foram analisadas por ANOVA two-way de medidas repetidas (agentes clareadores vs. tempos experimentais), com Tukey post hoc para comparação entre grupos, sendo o tempo considerado como medida repetida. Adicionalmente, as concentrações de PH ($\mu\text{g/mL}$) na câmara pulpar, os dados de alteração de cor, a espessura da face vestibular (mm), os valores de WID em T0 e valores de microdureza e rugosidade superficial foram analisados por ANOVA one-way, seguida de teste post hoc Dunnett para comparação dos grupos experimentais com o grupo controle. A significância estatística foi estabelecida em $\alpha = 0,05$ para todas as análises.

5 RESULTADOS

5.1 Concentração inicial de peróxido de hidrogênio (%) e pH dos produtos

Foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos para as concentrações iniciais de PH (peróxido de hidrogênio) (Tabela 2, $p < 0,05$). O grupo EQ apresentou concentração inicial de PH significativamente superior quando comparado aos grupos WP, LW e OW (Tabela 2, $p < 0,05$). Adicionalmente, os valores de pH também diferiram de forma significativa entre os grupos (Tabela 2, $p < 0,05$). Todos os grupos demonstraram pH ácido, sendo o menor valor verificado no grupo EQ, valores intermediários nos grupos WP e LW, e o pH mais elevado no grupo OW (Tabela 2, $p < 0,05$).

Tabela 2. Médias ($\pm$ desvios-padrão) da concentração inicial de peróxido de hidrogênio (PH; %) e do pH, bem como a análise estatística.

Grupos experimentais	Concentração inicial de peróxido de hidrogênio (%)	pH
WP	$3,7 \pm 0,1$ A	$5,45 \pm 0,04$ b
LW	$3,0 \pm 0,1$ A	$5,46 \pm 0,07$ b
OW	$3,8 \pm 0,3$ A	$5,71 \pm 0,04$ a
EQ	$12,7 \pm 0,1$ B	$4,25 \pm 0,05$ c

(*) Letras maiúsculas ou minúsculas idênticas, em cada coluna, indicam médias estatisticamente semelhantes (teste de Tukey; $p > 0,05$).

5.2 Espessura vestibular (mm) e penetração de peróxido de hidrogênio dentro da câmara pulpar ($\mu\text{g/mL}$)

Os espécimes apresentaram espessura padronizada, com valores variando entre 3,1 e 3,3 mm (Tabela 3, $p > 0,05$). Foi encontrada uma quantidade significativamente menor de PH na câmara pulpar dos grupos controle, WP e LW em comparação a todos os grupos experimentais (Tabela 3, $p < 0,05$). Entre os demais grupos experimentais, também foi observada diferença estatisticamente significativa (Tabela 3, $p < 0,05$). O grupo EQ apresentou maior penetração em relação aos demais (Tabela 3, $p < 0,05$), com os grupos LW e OW apresentando valores intermediários e semelhantes entre si (Tabela 3, $p > 0,05$).

Tabela 3. Médias ($\pm$ desvios-padrão) da espessura vestibular (mm) e da concentração de peróxido de hidrogênio (PH; $\mu\text{g/mL}$) detectada na câmara pulpar em todos os grupos experimentais, bem como a análise estatística.

Grupos	Espessura vestibular PH ($\mu\text{g/mL}$)	Concentração de experimentais (mm)
Controle	$3,3 \pm 0,1$ A	$0,000 \pm 0,00$ a
WP	$3,1 \pm 0,1$ A	$0,008 \pm 0,001$ a
LW	$3,2 \pm 0,1$ A	$0,012 \pm 0,006$ b
OW	$3,2 \pm 0,2$ A	$0,010 \pm 0,004$ a,b
EQ	$3,2 \pm 0,1$ A	$0,032 \pm 0,016$ c

(*) Letras maiúsculas ou minúsculas idênticas, em cada coluna, indicam médias

estatisticamente semelhantes (teste de Tukey; $p > 0,05$).

5.3 Mudança de cor objetiva nos parâmetros CIELab (ΔE_{ab}), CIEDE (ΔE_{00}) e Índice de Brancura em Odontologia (WI_D)

Em relação ao grupo controle, os resultados demonstraram valores de ΔE_{ab} e ΔE_{00} inferiores aos de todos os grupos experimentais, independentemente dos diferentes tempos de avaliação (Tabela 4, $p < 0,05$). Por outro lado, ao avaliar o WI_D , não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo controle e os grupos experimentais nos tempos T_0 (Tabela 5, $p > 0,05$). Contudo, nos tempos T_5 e T_{10} , o grupo controle apresentou valores de WI_D significativamente menores quando comparado a todos os grupos experimentais (Tabela 5, $p < 0,05$).

Entre os grupos experimentais, a interação entre os fatores “agentes clareadores” e “tempo de avaliação” não revelou diferenças estatisticamente significativas para os parâmetros de mudança de cor (Tabelas 4 e 5, $p = 0,67$ para ΔE_{ab} ; $p = 0,74$ para ΔE_{00} ; e $p = 0,96$ para WI_D). Adicionalmente, o fator principal “agentes clareadores” não apresentou diferenças significativas entre os grupos experimentais (Tabelas 4 e 5, $p = 0,72$ para ΔE_{ab} ; $p = 0,80$ para ΔE_{00} ; e $p = 0,69$ para WI_D). Entretanto, diferenças estatisticamente significativas foram identificadas para o fator principal “tempos de avaliação” no parâmetro de cor WI_D (Tabelas 5, $p < 0,05$).

Para os parâmetros ΔE_{ab} , ΔE_{00} e WI_D , foram observadas alterações de cor semelhantes entre os grupos experimentais, independentemente dos momentos avaliados (Tabela 4 e 5, $p < 0,05$). Além disso, valores de WI_D foram significativamente superior nos tempos T_5 e T_{10} quando comparados aos momentos iniciais (T_0), considerando todos os grupos experimentais (Tabela 5, $p < 0,05$).

Tabela 4. Médias ($\pm$ desvios-padrão) dos parâmetros de alteração de cor, CIELab (ΔE_{ab}) e CIEDE (ΔE_{00}), em diferentes momentos de comparação (T_0 vs. T_5 e T_0 vs. T_{10}), avaliados em todos os grupos experimentais.

Grupos experimentais	CIELab (ΔE_{ab})		CIEDE (ΔE_{00})	
	T vs T_5	T vs T_{10}	T vs T_5	T vs T_{10}
Controle	$0,9 \pm 0,9$ A	$1,7 \pm 3,0$ A	$0,5 \pm 0,5$ a	$0,8 \pm 1,3$ a
WP	$12,2 \pm 5,8$ B	$14,5 \pm 7,2$ B	$7,4 \pm 3,5$ b	$8,9 \pm 4,6$ b
LW	$11,2 \pm 6,6$ B	$12,9 \pm 3,7$ B	$6,9 \pm 3,9$ b	$7,7 \pm 2,5$ b
OW	$12,6 \pm 5,3$ B	$13,0 \pm 6,1$ B	$8,2 \pm 3,9$ b	$8,6 \pm 4,0$ b
EQ	$14,2 \pm 4,2$ B	$12,4 \pm 3,5$ B	$8,7 \pm 3,1$ b	$7,3 \pm 1,9$ b

(*) Letras maiúsculas ou minúsculas idênticas, em cada coluna, indicam médias

estatisticamente semelhantes (teste de Tukey; $p > 0,05$).

Tabela 5. Médias ($\pm$ desvios-padrão) do Índice de Brancura para Odontologia (WID) em diferentes momentos de avaliação (T₀, T₅ e T₁₀), em todos os grupos experimentais.

Grupos experimentais	Índice de Brancura para Odontologia (WID)				Baseline (T) T
	0	5	10		
Controle	17,4 $\pm$ 6,4 A	17,2 $\pm$ 6,4 A	17,5 $\pm$ 6,6 A	T	T
WP	17,8 $\pm$ 5,7 A	31,6 $\pm$ 6,8 B	32,8 $\pm$ 7,3 B		
LW	17,0 $\pm$ 5,6 A	28,8 $\pm$ 4,1 B	26,4 $\pm$ 5,9 B		
OW	17,4 $\pm$ 6,6 A	26,8 $\pm$ 5,8 B	26,1 $\pm$ 9,2 B		
EQ	17,7 $\pm$ 5,9 A	29,2 $\pm$ 8,4 B	28,8 $\pm$ 5,9 B		

(*)
Letras

maiúsculas ou minúsculas idênticas, em cada coluna, indicam médias estatisticamente semelhantes (teste de Tukey; $p > 0,05$).

5.4 Microdureza pelo ensaio de Vickers e rugosidade superficial

Em relação ao grupo controle, os resultados de dureza e rugosidade demonstraram valores de semelhantes aos grupos experimentais, independentemente dos diferentes tempos de avaliação (Tabela 6, $p > 0,05$).

Entre os grupos experimentais, a interação entre os fatores “agentes clareadores” e “tempo de avaliação” não revelou diferenças estatisticamente significativas para os parâmetros (Tabelas 6, $p = 0,78$ para VHN; e $p = 0,96$ para Ra). Adicionalmente, o fator principal “agentes clareadores” não apresentou diferenças significativas entre os grupos experimentais (Tabela 6, $p = 0,57$ para VHN; e $p = 0,95$ para Ra). Entretanto, diferenças estatisticamente significativas foram identificadas para o fator principal “tempos de avaliação” nos dois parâmetros (Tabela 6, $p < 0,05$ para VHN e Ra).

Para a microdureza e rugosidade superficial do esmalte foram observadas alterações semelhantes entre os grupos experimentais, independentemente dos momentos avaliados (Tabela 6, $p < 0,05$). Com exceção do grupo EQ, que apresentou valor inferior de dureza

após 10 dias de aplicação do agente clareador, em comparação aos demais grupos e tempos (Tabela 5, $p < 0,05$).

Tabela 6. Diferenças das médias ($\pm$ desvios-padrão) na microdureza do esmalte (VHN) e na rugosidade superficial (Ra) em diferentes tempos de avaliação (T₀, T₅ e T₁₀) nas condições experimentais.

Grupos es experim entais	Microdureza donalte (VHN)			Rugosidade superficial (Ra)		
	Baseline (T ₀)	T ₅	T ₁₀	Baseline (T ₀)	T ₅	T ₁₀
Controle	357,1 $\pm$ 17,3 A	356,9 $\pm$ 17,1 A	358,1 $\pm$ 18,6 A	8,7 $\pm$ 3,0 a	8,8 $\pm$ 2,8 a	8,9 $\pm$ 3,0 a
WP	360,6 $\pm$ 11,4 A	349,6 $\pm$ 10,3 A	322,4 $\pm$ 30,0 A	8,2 $\pm$ 4,2 a	8,4 $\pm$ 3,8 a	9,0 $\pm$ 4,4 a
LW	355,9 $\pm$ 21,3 A	352,2 $\pm$ 17,3 A	319,9 $\pm$ 23,0 A	8,2 $\pm$ 4,2 a	9,5 $\pm$ 3,8 a	9,8 $\pm$ 4,3 a
OW	356,1 $\pm$ 21,9 A	350,6 $\pm$ 26,7 A	332,0 $\pm$ 39,7 A	8,1 $\pm$ 3,7 a	8,6 $\pm$ 4,8 a	9,8 $\pm$ 5,5 a
EQ	356,3 $\pm$ 17,5 A	346,4 $\pm$ 29,3 A	301,5 $\pm$ 15,6 b	8,9 $\pm$ 3,2 a	9,3 $\pm$ 3,9 a	10,3 $\pm$ 3,7 a

(*) Letras maiúsculas ou minúsculas idênticas, em cada coluna, indicam médias

estatisticamente semelhantes (teste de Tukey; $p > 0,05$).

6 DISCUSSÃO

A estética do sorriso e, particularmente, a busca por alternativas de clareamento dental de uso autoadministrado têm se intensificado nos últimos anos (Joiner, 2010; Kwon; Wertz, 2015). Embora as canetas clareadoras se destaquem no mercado OTC pela praticidade e uso durante o sono, por até 8 horas diárias, a literatura científica até o momento concentrou-se majoritariamente no efeito óptico, sem considerar simultaneamente a segurança biológica e estrutural do esmalte sob protocolos tão prolongados (Meireles et al., 2009; Ferreira et al., 2020). Não foram encontrados estudos *in vitro* prévios que avaliassem a aplicação de canetas clareadoras por 8 horas/dia, como indicam os fabricantes, o que torna este trabalho pioneiro ao investigar esse protocolo. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo avaliar a penetração pulpar do peróxido de hidrogênio, a efetividade de mudança de cor objetiva e as alterações mecânicas do esmalte dentário, com foco em microdureza e rugosidade superficial (Bistey et al., 2007; Soares et al., 2013).

A penetração pulpar do peróxido de hidrogênio mostrou diferenças significativas entre os grupos, levando à rejeição da primeira hipótese nula. O grupo EQ apresentou a maior concentração de H_2O_2 detectada na câmara pulpar, resultado que pode ser explicado pela combinação de maior concentração inicial de H_2O_2 do produto (12,7%) e pelo menor pH ácido observado (pH 4,25), fatores que ampliam a difusão do peróxido através dos tecidos mineralizados (Gerlach; Zhou, 2001; Lima et al., 2019). O pH mais ácido pode favorecer maior desmineralização superficial do esmalte e abertura difusional dos prismas, facilitando a permeabilidade do agente oxidante (Buchalla; Attin, 2007). Em contraste, o grupo WP, referente ao clareamento caseiro, que apresentou menor penetração pulpar relativa entre os materiais testados, mostrou-se mais seguro do ponto de vista biológico, sugerindo que sistemas comerciais mais estáveis e com modulação intermediária de pH podem entregar clareamento eficaz sem expor a polpa a níveis elevados do peróxido por períodos prolongados. Esses achados, portanto, indicam que a formulação do produto, e não apenas o tipo de dispositivo aplicador, influencia diretamente o perfil de segurança pulpar. (Sun et al., 2011; Torres; Borges, 2015).

A mudança de cor objetiva, mensurada pelos parâmetros ΔE_{ab} , ΔE_{00} e pelo Índice de Brancura em Odontologia (WI_D), exibiu desempenho óptico sem diferença estatisticamente significativa entre as formulações, independentemente do tipo de caneta ou gel caseiro. Esses achados levam à aprovação da segunda hipótese nula (Meireles et al., 2014; Kwon et al., 2016). A ausência de diferença significativa entre os grupos experimentais pode ser atribuída ao fato de todas as formulações liberarem peróxido de hidrogênio em concentrações suficientes para oxidar pigmentos orgânicos sob longos tempos de contato, mas sem aceleração diferenciada da resposta cromática ao longo dos 10 dias, sugerindo um teto difusional óptico comum quando o protocolo é excessivamente prolongado. Ainda assim, o ganho progressivo de brancura (WI_D) nos T5 e T10 que a efetividade estética é cumulativa neste intervalo (Torres et al., 2011).

Do ponto de vista estrutural, não foram observadas diferenças significativas na microdureza Vickers (VHN) e na rugosidade superficial (R_a) entre os grupos experimentais e o controle, o que inicialmente poderia indicar ausência de danos mecânicos. No entanto, a queda expressiva da dureza apenas no grupo EQ após 10 dias demonstra que sua formulação tem maior impacto mecânico negativo sob uso prolongado, levando à rejeição parcial da hipótese nula que sugeria equivalência entre os produtos quanto aos efeitos no esmalte. Esse achado é coerente com o fato de o grupo EQ apresentar o menor pH e a maior concentração inicial de H_2O_2 , combinação que pode favorecer tanto maior difusão pulpar quanto efeitos desmineralizantes capazes de comprometer propriedades mecânicas como a microdureza (Bistey et al., 2007; Rodrigues et al., 2019).

Quanto à rugosidade, embora o tempo de avaliação tenha impactado significativamente o aumento de R_a em todos os grupos ao longo de 10 dias, a ausência de diferença entre formulações sugere que o efeito sobre a rugosidade se deve majoritariamente à ação oxidante cumulativa prolongada sobre a matriz orgânica interprismática do esmalte e possível remoção mineral discreta, o que promove microirregularidades de superfície detectáveis independentemente do produto utilizado. É importante destacar ainda que alteração da microdureza e da rugosidade são biomarcadores indiretos de possível perda mineral superficial (Attin et al., 2012). Reforçando que formulações com alta concentração de peróxido e pH muito ácidos, como observado no grupo EQ, podem apresentar maior

risco estrutural quando esses produtos são empregados de forma indiscriminada por longos períodos sem orientação profissional. (Gerlach & Barker, 2000).

De forma geral, os resultados do estudo demonstraram que as diferentes formulações afetaram a permeabilidade de peróxido de hidrogênio à câmara pulpar e demonstraram que o efeito óptico não diferiu entre os produtos, mas foi progressivo no intervalo observado. Também foi possível identificar que o grupo Whiteness Perfect oferece melhor equilíbrio entre eficácia e segurança biológica, enquanto a formulação EQ apresenta maior risco, tanto pela maior concentração detectada de peróxido na câmara pulpar, quanto pela queda significativa de dureza associada ao menor pH e maior percentual inicial de H_2O_2 . Esses achados reforçam a importância da avaliação multiparamétrica de produtos clareadores domiciliares, especialmente sob protocolos extremos recomendados comercialmente, a fim de assegurar uso clinicamente fundamentado e biologicamente mais seguro. (Lima et al., 2019; Torres & Borges, 2015).

7 CONCLUSÃO

As canetas clareadoras OTC variam em pH e concentração inicial de peróxido, influenciando a difusão pulpar sob uso prolongado. O grupo Equate apresentou maior penetração de H_2O_2 na câmara pulpar e foi o único a reduzir significativamente a microdureza do esmalte após 10 dias no protocolo de 8 h/dia, refletindo sua formulação mais ácida e maior teor inicial de peróxido. Apesar dessas diferenças, a eficácia clareadora final manteve-se semelhante entre todas as canetas testadas.

REFERÊNCIAS

- ABOUASSI, T.; WOLKEWITZ, M.; HAHN, P. Effect of carbamide peroxide and hydrogen peroxide on enamel surface: an in vitro study. *Clinical Oral Investigations*, v. 15, n. 5, p. 673–680, 2011.
- ATTIN, T. et al. Influence of bleaching agents on abrasion resistance of eroded enamel. *Journal of Dentistry*, v. 40, n. 8, p. 664–670, 2012.
- BARBOSA, L. M. M. et al. Effect of whitening toothpastes with different hydrogen peroxide concentrations: penetration into the pulp chamber and color change. *Journal of Dentistry*, v. 144, p. 104951, 2024.
- BARBOSA, L. M. M. et al. Whitening toothpastes with hydrogen peroxide concentrations vs. at-home bleaching. *Clinical Oral Investigations*, v. 28, n. 8, p. 436, 2024.
- BERNARDI, L. G. et al. Use of an applicator brush with high concentration bleaching gels. *Clinical Oral Investigations*, v. 26, p. 6387–6395, 2022.
- BINALRIMAL, S. Influence of social media on demand for dental aesthetics. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research*, v. 7, n. 5, p. 63–67, 2019.
- BISTEY, T. et al. Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on enamel surface morphology, microhardness and mineral content. *Operative Dentistry*, v. 32, n. 4, p. 473–479, 2007.
- BUCHALLA, W.; ATTIN, T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser: a systematic review. *Dental Materials*, v. 23, n. 5, p. 586–596, 2007.
- CARNEIRO, T. S. et al. In vitro evaluation of the effect of different bleaching varnishes: hydrogen peroxide penetration into the pulp chamber and color change. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 36, p. 402–409, 2024.
- CAVALLI, V. et al. Effect of bleaching agents containing calcium and fluoride on enamel demineralization. *Clinical Oral Investigations*, v. 26, p. 1159–1168, 2022.
- CENTENARO, G. G. et al. The effect of different bleaching techniques using 6% hydrogen peroxide. *Brazilian Dental Journal*, v. 35, p. e24-5975, 2024.
- CHARAKORN, P. et al. The effect of preoperative ibuprofen on tooth sensitivity caused by in-office bleaching. *Operative Dentistry*, v. 34, n. 2, p. 131–135, 2009.
- DA SILVA, K. L. et al. Can all highly concentrated in-office bleaching gels be used as a single-application? *Clinical Oral Investigations*, v. 27, p. 3663–3671, 2023.

EPPLE, M.; MEYER, F.; ENAX, J. The composition of teeth. *Dentistry Journal*, v. 7, n. 79, p. 1–13, 2019.

FERREIRA, N. S. et al. Penetration of peroxide and effects on enamel microstructure after at-home bleaching with different protocols. *Clinical Oral Investigations*, v. 24, p. 2343–2353, 2020.

FIORESTA, R. et al. Prognosis in home dental bleaching: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*, v. 27, p. 3347–3361, 2023.

GERLACH, R. W.; BARKER, M. L. Clinical response of tooth color to home-use and professional-use peroxide bleaching systems. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, v. 21, p. S32–S37, 2000.

GERLACH, R. W.; ZHOU, X. In vitro diffusion kinetics of peroxide through enamel and dentin. *Journal of Clinical Dentistry*, v. 12, n. 3, p. 89–94, 2001.

GOETTEMES, M. L. et al. Impact of tooth bleaching on oral health-related quality of life in adults. *Journal of Dentistry*, v. 105, p. 103564, 2021.

JAMWAL, N. et al. Effect of whitening toothpaste on surface roughness and microhardness of human teeth: systematic review and meta-analysis. *F1000Research*, v. 11, p. 22, 2022.

JOINER, A. Whitening toothpastes: A review of effectiveness and safety. *Journal of Dentistry*, v. 38, p. e17–e24, 2010.

KWON, S. R.; WERTZ, P. W. Review of the mechanism of tooth whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 27, n. 5, p. 240–257, 2015.

KWON, S. R. et al. Efficacy and safety of over-the-counter whitening strips: a comprehensive review. *Journal of Dental Hygiene*, v. 90, n. 4, p. 234–240, 2016.

LIMA, D. A. N. L. et al. Evaluation of peroxide penetration through enamel and dentin using different bleaching techniques. *Brazilian Dental Journal*, v. 30, n. 3, p. 245–250, 2019.

MARAN, B. M. et al. In-office bleaching with low/medium vs. high concentration hydrogen peroxide: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, v. 103, p. 103499, 2020.

MATIS, B. A. et al. Labeled vs actual concentration of bleaching agents. *Operative Dentistry*, v. 38, p. 334–343, 2013.

MEIRELES, S. S. et al. Bleaching efficacy of different concentrations of carbamide peroxide. *Journal of Applied Oral Science*, v. 17, p. 539–544, 2009.

MEIRELES, S. S. et al. Effectiveness of different whitening treatments. *Operative Dentistry*, v. 39, n. 2, p. 165–173, 2014.

MENA-SERRANO, A. P. et al. Effects of in-office bleaching gel concentration and composition on hydrogen peroxide penetration into the pulp chamber. *Operative Dentistry*, v. 40, n. 2, p. E76–E82, 2015.

MONDELLI, R. F. L. et al. Do different bleaching protocols affect enamel microhardness? *European Journal of Dentistry*, v. 9, n. 1, p. 25–30, 2015.

OLIVEIRA, R. P. et al. Influence of time intervals between bleaching procedures on enamel microhardness and surface roughness. *The Open Dentistry Journal*, v. 12, p. 555–559, 2018.

OSKOEI, P. A. et al. Effect of sodium ascorbate on bleached enamel surface morphology. *Open Dentistry Journal*, v. 4, p. 207–210, 2010.

PARREIRAS, S.O. et al. Initial and pulp chamber concentration of hydrogen peroxide using different bleaching products. *Brazilian Dental Science*, São José dos Campos, v. 23, n. 2, 2020. DOI: 10.14295/bds.2020.v23i2.1942.

RAHARDJO, A. et al. Potential side effects of whitening toothpaste on enamel roughness and microhardness. *International Journal of Clinical Preventive Dentistry*, v. 11, n. 4, p. 239–242, 2015.

REIS, A. et al. Clinical effects of prolonged application time of an in-office bleaching gel. *Operative Dentistry*, v. 36, n. 6, p. 590–596, 2011.

RODRIGUES, J. A. et al. The effects of peroxides on dental enamel microstructure: systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, v. 80, p. 1–10, 2019.

SALOMÃO, D. et al. Effects of bleaching regimens and fluoride exposure on enamel demineralization. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 29, n. 2, p. 116–122, 2017.

SERIN-KALAY, F.; ZAIM, E. The effect of carbamide peroxide on surface roughness and gloss of CAD/CAM materials. *ODOVTOS*, v. 24, n. 2, p. 57–66, 2022.

SOARES, D. G. et al. Effective tooth-bleaching protocols capable of reducing H₂O₂ diffusion. *Journal of Dentistry*, v. 42, p. 351–358, 2014.

SOARES, J. D. M. et al. Effect of bleaching on enamel superficial morphology and microhardness: A systematic review. *Journal of Dentistry*, v. 41, p. e47–e52, 2013.

SUN, L. et al. Effects of pH values of hydrogen peroxide bleaching agents on enamel microhardness and morphology. *Journal of Dentistry*, v. 39, n. 11, p. 813–818, 2011.

TORRES, C. R. G.; BORGES, A. B. Effectiveness and safety of home bleaching and over-the-counter agents. *Brazilian Oral Research*, v. 29, n. 1, p. 1–7, 2015.

TORRES, C. R. G. et al. Influence of different whitening protocols on enamel microhardness and surface morphology. *American Journal of Dentistry*, v. 24, n. 1, p. 45–50, 2011.

TORRES, C. R. G. et al. Influence of pH on the effectiveness of hydrogen peroxide whitening. *Operative Dentistry*, v. 39, p. 261–268, 2014.

VILHENA, K. F. B. et al. Dental enamel bleached for a prolonged and excessive time. *PLOS ONE*, v. 14, n. 4, e0214948, 2019.

ANEXO A

APROVAÇÃO DO PROJETO PELA COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA – CEP UEPG

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG		
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP		
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA		
Título da Pesquisa: Avaliação do efeito de diferentes canetas clareadoras: Penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar e alteração de cor		
Pesquisador: Alessandro Dourado Loguercio		
Área Temática:		
Versão: 1		
CAAE: 88148225.8.0000.0105		
Instituição Proponente: Universidade Estadual de Ponta Grossa		
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio		
DADOS DO PARECER		
Número do Parecer: 7.558.885		
Apresentação do Projeto:		
A odontologia estética tem recebido maior atenção nos últimos anos, especialmente devido ao fato de que as pessoas estão mais preocupadas com a aparência estética de seu sorriso. Estudos indicam que a estética dentária tem um papel significativo no impacto psicológico na qualidade de vida, afetando crianças, adolescentes e adultos jovens. (Balakrishnan, et al. 2022). Este fenômeno reflete não apenas uma preocupação estética, mas também o desejo de melhorar a autoconfiança e a interação social, áreas frequentemente influenciadas pela percepção pessoal de um sorriso mais branco e harmonioso (Goettems et al., 2021). Os tratamentos clareadores supervisionados pelo cirurgião-dentista dividem-se em dois principais métodos: clareamento de consultório e clareamento caseiro. O clareamento de consultório utiliza agentes clareadores de alta concentração e é realizado sob supervisão direta, proporcionando resultados rápidos e eficazes. Por outro lado, o clareamento caseiro, recomendado pelo dentista, emprega agentes de menor concentração, aplicados pelo paciente com o uso de moldeiras personalizadas. Segundo Devila et al. (2020), ambos os métodos são eficazes, mas o tratamento caseiro, por ser gradual, tende a causar menos sensibilidade, enquanto o clareamento em consultório é		
Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22 Bairro: Uvaranas CEP: 84.030-900 UF: PR Município: PONTA GROSSA E-mail: cep105@uepg.br Telefone: (42)3220-3282		

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 7.558.885

preferido por quem busca resultados imediatos. A escolha entre os métodos deve considerar a saúde bucal do paciente, a necessidade estética e a orientação profissional. A popularidade dos produtos clareadores dentais cresceu consideravelmente, trazendo ao mercado uma ampla variedade de opções práticas e acessíveis como, produtos clareadores de venda livre (Over-the-Counter). Entre esses produtos, há tiras clareadoras, enxaguantes bucais, pastas dentais clareadoras, vernizes clareadores e, mais recentemente, canetas clareadoras. As canetas clareadoras disponíveis no mercado contêm concentrações de até 9% de peróxido de hidrogênio ou de até 35% de peróxido de carbamida. Destacam-se como uma solução inovadora, caracterizada pela alta portabilidade e facilidade de uso. Seu design compacto permite que os usuários realizem o clareamento em sua rotina diária. Contudo, a eficácia e a segurança dessas canetas, em comparação com os métodos supervisionados pelos dentistas, continuam sendo temas de investigação científica em andamento (Alhotan et al., 2023). Alhotan et al. (2023) avaliaram o impacto das canetas clareadoras em resinas compostas manchadas por chá, demonstrando sua capacidade de remover manchas de maneira eficiente. Balakrishnan et al. (2022) investigaram o uso de agentes de baixa concentração em clareamento, tiras clareadoras, géis e enxaguantes bucais. Ainda assim, fatores como a penetração de peróxido de hidrogênio (Carneiro et al., 2024) e os efeitos adversos em rugosidade e microdureza do esmalte (Jamwal et al., 2022) permanecem sob análise detalhada. A eficácia desses produtos pode variar consideravelmente dependendo da composição química e da forma de aplicação, destacando a importância da escolha de fórmulas eficazes e seguras para o esmalte dental. O uso incorreto de agentes clareadores dentais de venda livre está relacionado a diversos efeitos prejudiciais, como o desgaste excessivo dos tecidos dentários, irritação das gengivas e dos tecidos moles, sensibilidade nos dentes e impacto nos materiais restauradores (Omar et al., 2019; Yildirim et al., 2022). A intensidade desses danos é determinada por diversos fatores, como a concentração do agente clareador, o tempo de aplicação, a técnica de clareamento utilizada, e a presença de condições preexistentes, como

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22
 Bairro: Uvaranas CEP: 84.030-900
 UF: PR Município: PONTA GROSSA
 Telefone: (42)3220-3282 E-mail: oep105@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 7.558.885

abrasão/erosão, cárie e restaurações dentárias anteriores (Devila et al., 2015). Ainda assim, fatores como a penetração de peróxido de hidrogênio (Carneiro et al., 2024) continuam com poucas investigações na literatura. A avaliação da penetração do peróxido de hidrogênio na câmara pulpar é fundamental para entender a possível ocorrência de sensibilidade dentária associada ao clareamento. Essa sensibilidade surge quando o peróxido de hidrogênio atravessa o esmalte e a dentina, alcançando a câmara pulpar, onde provoca estresse oxidativo nas células pulpares. Esse estresse estimula a liberação de mediadores inflamatórios (Markowitz, 2010), resultando na inflamação do nervo dental e no desenvolvimento de pulpites, o que gera desconforto ao paciente. Como as canetas clareadoras são frequentemente utilizadas sem avaliação ou supervisão profissional, torna-se essencial investigar a quantidade de peróxido que atinge a câmara pulpar, além de analisar as alterações na cor dos dentes após o uso desses produtos (Devila et al., 2010). Portanto, o objetivo deste estudo será avaliar, in vitro, a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar e a eficácia clareadora de dentes humanos submetidos a aplicação de diferentes canetas clareadoras e gel clareador caseiro.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar através de um estudo in vitro a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar e a mudança de cor em dentes humanos submetidos à aplicação prolongada de diferentes canetas clareadoras e gel de clareamento caseiro.

Objetivo Secundário:

Avaliar a penetração de peróxido de hidrogênio na câmara pulpar, através de Espectroscopia UV-Vis de dentes humanos extraídos submetidos a aplicação de diferentes canetas clareadoras e gel de clareamento caseiro 10% de peróxido de carbamida. Avaliar a eficácia clareadora, através de espectrofotômetro Vita Easyshade (ΔE_{ab} , ΔE_{00} e WID) de dentes humanos extraídos submetidos a aplicação de diferentes canetas clareadoras e gel de clareamento caseiro 10% de peróxido de carbamida por 8 horas diárias, durante 14 dias.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvarararas, Bloco da Reitoria, sala 22
Bairro: Uvarararas CEP: 84.030-900
UF: PR Município: PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3282 E-mail: cep105@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 7.558.885

O projeto pode apresentar riscos em relação ao contato dos agentes clareadores com os operadores, nesse caso uso de equipamentos de proteção individual será obrigatório.

Benefícios:

Os benefícios esperados incluem resultados promissores que contribuirão para o avanço do conhecimento sobre o uso de canetas clareadoras.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pós-Graduação Stricto Sensu em Odontologia - UEPG

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de rosto: Adequadamente preenchida e assinada

Termo de doação do Banco de Dentes/UEPG: adequadamente preenchida e assinada

Recomendações:

Enviar relatório final via notificação na Plataforma Brasil (on line), após conclusão da pesquisa para evitar pendências com o CEP ou com a PROPESP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após avaliação de caráter ético esta relatora é favorável à aprovação do referido projeto de pesquisa

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2518817.pdf	27/03/2025 09:13:05		Aceito
Outros	BDH.pdf	27/03/2025 09:12:14	Alessandro Dourado Loguercio	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.docx	27/03/2025 09:09:08	Alessandro Dourado Loguercio	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_lara_ASSINADO_.pdf	27/03/2025 09:06:28	Alessandro Dourado Loguercio	Aceito

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22.
 Bairro: Uvaranas CEP: 84.030-900
 UF: PR Município: PONTA GROSSA
 Telefone: (42)3220-3282 E-mail: cep105@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 7.558.885

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PONTA GROSSA, 09 de Maio de 2025

Assinado por:

ULISSES COELHO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22
Bairro: Uvaranas CEP: 84.030-900
UF: PR Município: PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3282 E-mail: oep105@uepg.br