



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia

**FABRÍCIA STABILE DE ABREU**

**EFEITO DO PROTOCOLO CLAREADOR NA DEGRADAÇÃO,  
ALTERAÇÃO DE pH, EFICÁCIA E SEGURANÇA DO GEL DE  
PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

2019

**FABRÍCIA STABILE DE ABREU**

**EFEITO DO PROTOCOLO CLAREADOR NA DEGRADAÇÃO, ALTERAÇÃO DE pH, EFICÁCIA E SEGURANÇA DO GEL DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA.

Área: Dentística. Linha de pesquisa: Avaliação clínica e laboratorial de alterações da estrutura dental, de materiais e de técnicas de prevenção e tratamento em dentística.

Orientadora: Profa. Adj. Alessandra Bühler Borges

Coorientadora: Profa. Dra. Rayssa Ferreira Zanatta

São José dos Campos

2019

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2019]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Abreu, Fabricia Stabile

Efeito do protocolo clareador na degradação, alteração de pH, eficácia e segurança do gel de peróxido de hidrogênio / Fabricia Stabile Abreu. - São José dos Campos : [s.n.], 2019.

85 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora) - Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2019.

Orientadora: Alessandra Bühler Borges

Coorientadora: Rayssa Ferreira Zanatta

1. Clareamento. 2. Esmalte. 3. Degradação. 4. Peróxido de hidrogênio. I. Borges, Alessandra Bühler, orient. II. Zanatta, Rayssa Ferreira, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Título.

## **BANCA EXAMINADORA**

**Professora Adjunta Alessandra Bühler Borges** (Orientador)

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Unesp  
Instituição de Ciências e Tecnologia  
Campus de São José dos Campos

**Professor Doutor Cesar Rogério Pucci**

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Unesp  
Instituição de Ciências e Tecnologia  
Campus de São José dos Campos

**Professora Doutora Daniele Mara da Silva Ávila Nogueira**

Brazcubas Educação – UBC  
Campus de Mogi das Cruzes

São José dos Campos, 10 de janeiro de 2019.

## DEDICATÓRIA

*A Deus, por ter me abençoado durante toda minha vida. Pela força e sabedoria que me proporcionou, diante das minhas dificuldades, para eu chegasse até este momento. Meu Deus, obrigada pelos Teus planos em minha vida que são sempre maiores do que os meus. Sou grata por me conceder a viver tudo isso!*

*Aos meus pais, Célia de Fátima Aparecida Stabile de Abreu e Eronildo de Abreu, pelo incentivo, apoio e amor em todos os momentos da minha vida, mas principalmente nesta etapa. Agradeço por estarem sempre ao meu lado, não medindo esforços e sempre abdicando seus sonhos para realizar os meus. Vocês são maiores exemplos que tenho na minha vida. Amo vocês!*

*Aos meus queridos irmãos, Felipe Stabile de Abreu e Amanda Stabile de Abreu, pelo amor, compreensão e paciência. Obrigada pelo apoio nos momentos em que mais precisei. Amo vocês!*

*Ao meu namorado João Paulo Tavares Martins, por me apoiar, incentivar e me fazer feliz durante todos esses anos juntos, sou grata por compreender esta fase e estar junto comigo em todos os momentos da minha vida. Eu te amo!*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, na pessoa do diretor do Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos, Prof. Tit. Estevão Tomomitsu Kimpara. Por proporcionar minha melhor formação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora, coordenado pelo Prof. Adj. Alexandre Luiz Souto Borges.

À minha orientadora, Profa. Adj. Alessandra Bühler Borges, que me acolheu com muito carinho. Agradeço por toda paciência, apoio e exemplo, em todo momento motivando meu crescimento profissional, levando a um crescimento pessoal, permitindo-me chegar até aqui. Admiro sua responsabilidade no ensino e sou grata por me orientar com tanta atenção. Minha eterna gratidão por estes 2 anos juntas!

À minha coorientadora, Profa. Dra. Rayssa Ferreira Zanatta, por toda atenção e se mostrar sempre disponível para o auxílio e ensinamentos no meu projeto de pesquisa, com sua habilidade de resolver tudo tão rápido e com muita eficiência.

À minha colega Mariane Cintra Mailart, por toda sua amizade, atenção e carinho, que com muita competência e docilidade, tanto me ajudou sempre que precisei com este projeto de pesquisa.

Ao Prof. Adj. Carlos Rocha Gomes Torres por todo apoio e incentivo, que além de toda confiança depositada em mim, pude ampliar meus conhecimentos científicos. Serei grata por todo conhecimento que adquiri com as suas experiências.

Aos meus professores do Departamento de Odontologia Restauradora - Dentística, Sérgio Eduardo de Paiva Gonçalves, Maria Filomena Rocha Lima Huhtala, César Rogerio Pucci, Eduardo Bresciani, Taciana Marco Ferraz Canepelle,

Graziela Batista e Rebeca Di Nicoló por todo ensinamento e pela contribuição no meu aprendizado. Agradeço por receber todo apoio e incentivo de pessoas que tanto admiro.

Às funcionárias do departamento, Liliane, Josiana e Fernanda, por toda a disposição, atenção e a ajuda durante o curso.

À minha banca examinadora composta por César Rogerio Pucci e Daniele Mara da Silva Ávila Nogueira, profissionais que tanto admiro e fizeram parte do meu crescimento durante o período do mestrado. Agradeço por terem aceitado prontamente o convite para minha defesa.

A todos os colegas da pós-graduação, em especial aos amigos de turma Adrielle Caroline Moreira Andrade, Ana Paula Valente Pinho Mafetano, Carlos Ariel Rodrigues de Araújo, Danilo de Souza Andrade, Erika Priscila Siqueira, Fernanda Bastos Pereira Tessarin, Maria Luíza Aun de Barros Lima Rocha, Mateus Rodrigues Silva e Thais Rocha de Mesquita. Obrigada por fazerem parte destes 2 anos inesquecíveis.

Às minhas amigas e companheiras de profissão, Ana Luiza Barbosa Jurema e Tatiane Caroline de Souza Ramos, por terem sido as primeiras que me apoiaram e incentivaram a seguir esta jornada, dispostas a me ajudar sempre que precisei. Obrigada pelo apoio e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de Mestrado no período de janeiro/2018 a dezembro/2018.

Às empresas Ultradent, FGM e SDI, pelo fornecimento dos materiais necessários para a realização deste trabalho.

À equipe da Biblioteca pela ajuda na elaboração deste trabalho, contribuindo com o acesso ao material bibliográfico e na orientação das normas.

*“Não é o quanto fazemos, mas quanto amor colocamos naquilo que fazemos. Não é o quanto damos, mas quanto amor colocamos em dar.”*

- Santa Teresa de Calcutá



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Alterações de cor do substrato dental .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Clareamento dental .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 Mensuração da alteração de cor dos dentes .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4 Efeitos adversos à estrutura dental resultante do tratamento clareador .....</b>	<b>26</b>
<b>3 PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1 Delineamento experimental .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2 Aspectos éticos .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 Ensaio laboratoriais .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3.1 Preparo de amostras .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3.2 Avaliação da cor .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.3 Avaliação da microdureza .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.4 Avaliação da rugosidade superficial do esmalte (Ra) .....</b>	<b>40</b>
<b>4.3.5 Aleatorização .....</b>	<b>41</b>
<b>4.3.6 Divisão dos grupos .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3.7 Procedimentos clareadores.....</b>	<b>44</b>
<b>4.3.8 Mensuração de pH dos géis clareadores .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.9 Mensuração da degradação do peróxido de hidrogênio .....</b>	<b>50</b>
<b>4.4 Delineamento estatístico .....</b>	<b>55</b>
<b>4.5 Programas estatísticos utilizados.....</b>	<b>56</b>
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>57</b>
<b>5.1 Avaliação da cor .....</b>	<b>57</b>
<b>5.2 Avaliação da microdureza .....</b>	<b>60</b>

<b>5.3 Avaliação da rugosidade .....</b>	<b>62</b>
<b>5.4 Avaliação da degradação do peróxido de hidrogênio.....</b>	<b>64</b>
<b>5.5 Avaliação do pH.....</b>	<b>67</b>
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>70</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Confeção dos espécimes de dente bovino .....	31
Figura 2 - Padronização da espessura de esmalte e dentina.....	33
Figura 3 - Embutimento do espécime com resina branca .....	35
Figura 4 - Espectrofotômetro .....	37
Figura 5 – Microdurômetro .....	39
Figura 6 - Perfilômetro e esquema de leitura de Ra das amostras.....	41
Figura 7 - Randomização das amostras pelo software online RANDOM de acordo com a microdureza inicial .....	42
Figura 8 - Esquema da divisão dos grupos experimentais .....	44
Figura 9 – Período de clareamento .....	45
Figura 10 - Procedimento clareador .....	46
Figura 11 - Confeção de espécimes de coroa de dente bovino.....	47
Figura 12 - Aleatorização das amostras de coroa de dente bovino pelo software online RANDOM.....	48
Figura 13 - Mensuração do pH dos géis clareadores .....	49
Figura 14 - Mensuração da concentração de peróxido de hidrogênio no gel clareador.....	52
Figura 15 - Diluição do gel clareador.....	53
Figura 16 - Titulação do gel clareador .....	54
Figura 17 – Média dos valores absolutos dos dados de $\Delta E$ nos grupos estudados (a linha horizontal se refere ao limite de aceitabilidade (2,7)).....	58

Figura 18 – Média dos valores absolutos dos dados de $\Delta E_{00}$ nos grupos estudados (a linha horizontal se refere ao limite de perceptibilidade (1,8)).....	58
Figura 19 – Porcentagem da degradação de peróxido de hidrogênio em cada gel clareador nos referidos tempos testados.....	66
Figura 20 - Teste de Tukey diferença de valores de pH entre os géis clareadores no mesmo tempo.....	69
Figura 21 – Variação do pH dos diferentes géis nos referidos tempos estudados ...	69

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
ANOVA	Análise de variância
a*	Eixo vermelho-verde segundo o sistema CIE
b*	Eixo amarelo-azul segundo o Sistema CIE
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
CIE Lab	Espaço de cor criado pelo CIE 1976
C	Concentração
H <sub>2</sub> O	Água
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
KMnO <sub>4</sub>	Permanganato de potássio
KHN	<i>Knopp Hardness number</i> – Utilizado no estudo como sigla para o valor da dureza Knoop
L*	Eixo branco-preto segundo o sistema CIE
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
Mm	Milímetros
mm <sup>2</sup>	Milímetros quadrados
N	Newton
pH	Potencial Hidrogeniônico
PC	Peróxido de carbamida
Ra	Rugosidade média da superfície
rpm	Rotações por minutos
V	Volume
ΔL	Variação dos valores de L*
Δa	Variações dos valores de a*
Δb	Variações dos valores de b*
ΔE	Variação de cor

Abreu FS. Efeito do protocolo clareador na degradação, alteração de pH, eficácia e segurança do gel de peróxido de hidrogênio [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2019.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a degradação do peróxido de hidrogênio em altas concentrações (35-40%), durante uma simulação de sessão de clareamento de consultório, utilizando produtos comercialmente disponíveis com dois protocolos de aplicação. Foram medidas também a eficácia clareadora dos géis, a alteração de pH dos mesmos, bem como o potencial de alteração da microdureza e rugosidade superficial do esmalte. Para tal, espécimes de dentes bovinos em forma de disco com 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura (1 mm de esmalte e 1 mm de dentina) foram preparados para tal 105 espécimes, embutidos em resina acrílica, polidos e divididos nos seguintes grupos, de acordo com o tipo de gel clareador: Pola Office Plus (POP – SDI PH-37,5%), Opalescence Boost (OPB – Ultradent PH-40%) e Whiteness HP (WHP - FGM PH-35%). Cada grupo foi dividido em dois subgrupos conforme o protocolo de aplicação (n = 15): com e sem troca do gel clareador durante a sessão de clareamento. A alteração de cor das amostras foi medida por espectrofotometria de acordo com o sistema CIE L\*a\*b\*, antes e após a sessão de clareamento. A superfície do esmalte foi analisada com microdurômetro e perfilômetro, para mensuração da microdureza Knoop (KHN) e rugosidade superficial (Ra). Outros 30 espécimes adicionais em dentes bovinos foram confeccionados para mensuração da concentração do peróxido de hidrogênio e pH. A concentração e pH dos géis foram medidos por meio da titulação com permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>) e por um pHmetro e eletrodo específico, respectivamente, antes e após os referidos tempos de aplicação dos mesmos. A degradação dos géis foi calculada em função da concentração inicial. Os dados obtidos foram submetidos ao teste ANOVA e teste de comparações múltiplas de Tukey (5%). Todos os géis apresentaram eficácia clareadora semelhante ( $\Delta E$  e  $\Delta E_{00}$ ) comparando AU e AM. Não houve diferenças significativas entre as médias de KHN e Ra, comparando AU e AM para o mesmo gel. Embora a degradação do peróxido tenha aumentado significativamente com o tempo, as concentrações finais de géis ainda eram altas após 45 minutos (38,45%-OPB, 32,74%-WHP e 32,29%-POP). O pH diminuiu significativamente com o tempo (antes e após 45 minutos) para WHP (6,83±0,07 - 5,81±0,06) e POP (8,09±0,09 - 7,88±0,07). Para OPB, alterações mínimas foram observadas (7,82±0,11 - 7,87±0,07). Concluiu-se que houve diferenças significativas na degradação do peróxido e na alteração do pH durante a simulação de uma sessão no consultório. No entanto, estes foram mínimos e não interferiram com a eficácia do clareamento ou efeitos deletérios sobre o esmalte, portanto com potencialmente sem significado clínico. Portanto, para os produtos testados, não há necessidade de trocar o gel durante o protocolo de clareamento.

Palavras-chave: Clareamento. Esmalte. Degradação. Peróxido de hidrogênio.

Abreu FS. *Effect of bleaching protocol on degradation, pH, efficacy and safety of hydrogen peroxide gel [dissertation] São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2019.*

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the degradation of hydrogen peroxide at high concentrations (35-40%) during a clinic whitening session simulation using commercially available products with two application protocols. The bleaching efficiency of the gels, pH change, as well as the alteration potential of the enamel microhardness and surface roughness (Ra) were measured. For this, disc-shaped bovine tooth specimens of 4 mm diameter and 2 mm thickness (1 mm enamel and 1 mm dentin) were prepared 105 specimens, embedded in acrylic resin, polished, and divided into the following groups according to the type of bleaching gel: Pola Office Plus (POP – SDI PH-37,5%), Opalescence Boost (OPB - Ultradent PH-40%), and Whiteness HP (WHP – FGM PH-35%). Each group was divided into two subgroups, according to the application protocol (n = 15): with and without exchange of the gel during the whitening session. The specimens' color change was measured by spectrophotometry according to the CIE system L\*a\*b\*, before and after the bleaching session. The enamel surface was analyzed with a microhardner and profilometer, to measure the Knoop microhardness and surface roughness (Ra). Another 30 specimens in bovine teeth were made to measure the hydrogen peroxide concentration and pH. The concentration and pH of the gels were measured by titration with potassium permanganate (KMnO<sub>4</sub>) and by a pH meter and specific electrode, respectively, before and after said application times thereof. The degradation of the gels was calculated as a function of the initial concentration. The results were submitted to the ANOVA test and Tukey's multiple comparison test (5%). All gels presented similar bleaching efficacy ( $\Delta E$  and  $\Delta E_{00}$ ) comparing SA and MA. There were no significant differences between KHN and Ra means comparing SA and MA for the same gel. Although peroxide degradation significantly increased with time, the final gels concentrations were still high after 45 min (38.45% -OPB, 32.74% -WHP and 32.29% -POP). The pH significantly decreased with time (before and after 45 min) for WHP ( $6.83 \pm 0.07$  -  $5.81 \pm 0.06$ ), and POP ( $8.09 \pm 0.09$  -  $7.88 \pm 0.07$ ). For OPB, minimal alterations were observed ( $7.82 \pm 0.11$  -  $7.87 \pm 0.07$ ). It was concluded that there were significant differences of peroxide degradation and pH alteration during the in-office session. Nevertheless, these were minimal and did not interfere with whitening efficacy or hazardous effects over enamel, thus with potentially no clinical significance. Therefore, for the products tested, there is no need for changing the gel during the bleaching protocol.

**Keywords:** Bleaching. Enamel. Degradation. Hydrogen peroxide.

## 1 INTRODUÇÃO

O clareamento tem por objetivo principal solucionar problemas de escurecimento dental de origem intrínseca, seja fisiológica, patológica ou traumática. Por ser considerado um procedimento não invasivo, seguro e de baixa complexidade técnica, o clareamento é um procedimento muito requisitado nos consultórios odontológicos visando a melhoria estética do sorriso (Sulieman, 2008; Matis et al., 2009; Elfallah et al., 2015).

O agente mais comumente utilizado nos produtos para clareamento dental é o peróxido de hidrogênio. Devido ao seu baixo peso molecular e alta instabilidade, o peróxido de hidrogênio é capaz de se difundir pelo esmalte e dentina, decompondo-se quimicamente em radicais livres (Dahl, Pallesen, 2003; Torres et al., 2013). O mecanismo de ação dos agentes clareadores tem sido tradicionalmente atribuído à ação oxidativa promovida pelos radicais livres sobre os cromóforos presentes na estrutura dental. A reação resulta no rompimento das cadeias macromoleculares longas, transformando os cromóforos em moléculas menos complexas. Consequentemente, ocorre a alteração de sua característica óptica, diminuindo a absorção de luz dessas moléculas, criando um efeito visual de clareamento da estrutura dental (Joiner, 2006; Borges et al., 2015; Kwon, Wertz, 2015).

As principais abordagens adotadas para o clareamento de dentes vitais envolvem a técnica caseira, de consultório e uso de produtos de venda livre (*over-the-counter*) (Dietschi et al., 2010; Basson et al., 2013; De Geus et al., 2016). Na técnica caseira são utilizados géis menos concentrados, variando em cerca de 3% a 10% para o peróxido de hidrogênio e de 10% a 22% para o peróxido de carbamida. Nesta técnica, o gel é aplicado diariamente com auxílio de uma moldeira individual ou pré-fabricada, sob supervisão do cirurgião-dentista, durante de algumas semanas, sempre levando em conta a necessidade estética e anseios do paciente. Na técnica de consultório, a aplicação dos agentes clareadores é realizada pelo cirurgião-dentista, em sessões que variam geralmente entre 30 a 60 minutos. Nesta técnica são utilizados géis de maior concentração, sendo mais comuns os géis à base de peróxido de hidrogênio entre 20% e 40% (Joiner et al., 2008).

A eficácia clareadora dos diferentes produtos utilizados na técnica de



consultório tem sido comprovada, podendo variar de acordo com a concentração e o tempo de utilização do gel (Sulieman et al., 2004). Além disso, fatores como pH, aplicação de calor ou fontes de luz e interação com compostos metálicos podem afetar a dinâmica das reações químicas que promovem o clareamento dental (Leonard Jr et al., 1997; Sulieman et al., 2004; Sulieman, 2008; Torres et al., 2014). O uso do calor e/ou fontes de luz tem por objetivo o aumento da temperatura, pois este promove a aceleração da decomposição do peróxido de hidrogênio (Chen et al., 1993; Kashima-Tanaka et al., 2003). No entanto, ocorre também uma maior penetração dos produtos do peróxido na estrutura dental (Bowles, Thompson, 1986; Ribeiro et al., 2009), aumentando o risco de sensibilidade dentária, um efeito colateral comum nos tratamentos clareadores (Tavares et al., 2003; Tay et al., 2012).

Com relação ao pH, é preconizado o uso de géis neutros a fim de reduzir o efeito erosivo sobre o esmalte, evitando sua desmineralização (Borges et al., 2012; Torres et al., 2013; Torres et al., 2014). Ainda que a solução de peróxido seja mais estável em pH ácido, sua decomposição é maior em pH alcalino (Torres et al., 2014). Atualmente os fabricantes têm produzido géis em duas fases (uma ácida e mais estável contendo o peróxido), e outra próxima a alcalina (contendo geralmente o agente espessante), que quando misturadas, resultam em pH neutro que além de favorável à decomposição do peróxido, minimiza os efeitos deletérios à estrutura do esmalte. No entanto, com o passar do tempo, o pH do gel tende a se tornar ácido novamente, reduzindo a degradação do peróxido e tornando-o potencialmente deletério ao esmalte (Sulieman, 2008; Caneppele et al., 2015). Existem ainda estudos que suportam a hipótese da associação do clareamento dental com mudanças na composição química, morfologia da superfície e redução da microdureza do esmalte, relacionados ao pH do gel clareador (Attin et al., 2004; Sulieman et al., 2004; Alqahtani, 2014; Carey, 2014). Outros estudos consideram os efeitos deletérios na superfície do dente de baixa relevância clínica, por conta da ação remineralizadora da saliva e existência de possíveis agentes remineralizadores, que após o procedimento de clareamento é induzindo ao aspecto inicial do dente. (De Abreu et al., 2011; Eva et al., 2013)

Sabe-se que a geração de radicais livres resultante da degradação do peróxido de hidrogênio é diretamente proporcional à sua concentração (Kashima-

Tanaka et al., 2003; Kawamoto, Tsujimoto, 2004). Ainda, o padrão da cinética de degradação do peróxido é similar, independente da concentração inicial do gel clareador (Matis et al., 2002). Como o peróxido se degrada em contato com o esmalte, a concentração de íons disponíveis reduz após a aplicação do produto, assim, a troca do gel nesses casos visa ampliar o efeito clareador dos géis.

No entanto, a degradação do peróxido em curtos períodos de tempo, justificando a real necessidade de múltiplas aplicações em uma mesma sessão, não tem sido adequadamente relatada na literatura. Enquanto alguns autores sugerem que o aumento da concentração do peróxido não necessariamente aumenta o efeito clareador (Basting et al., 2012; Da Costa et al., 2012), outros mostram uma relação direta entre concentração e clareamento (Borges et al., 2015). Em estudo laboratorial prévio, observou-se que a troca do gel exerceu baixa influência no efeito clareador, quando testados géis à base de peróxido de hidrogênio a 35% (Caneppele et al., 2015). No entanto, em um estudo clínico com um gel comercial de peróxido de hidrogênio a 35%, um melhor resultado clareador e menor intensidade de sensibilidade foram constatados quando houve a troca do gel, quando comparado a uma aplicação única (Reis et al., 2011).

Existem no mercado diferentes géis clareadores, que apresentam concentrações similares e protocolos de utilização distintos. No entanto, existem poucas evidências na literatura que demonstrem a dinâmica de degradação do peróxido de hidrogênio, assim como a possível alteração do pH do gel durante o procedimento clareador, fatores estes que justificariam trocas constantes do gel durante uma mesma sessão clínica. Portanto, a mensuração destes em estudos controlados é relevante para que se possa guiar o procedimento clareador, visando alta eficácia clareadora, sem afetar de forma significativa a composição do esmalte.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Com o intuito de revisar a literatura sobre o assunto e facilitar a abordagem do leitor, os dados bibliográficos foram divididos em 4 tópicos principais: **Alterações de cor do substrato dental**, no qual são apresentados a composição da estrutura dental, bem como as causas e os tipos de coloração dental; **Clareamento dental**, no qual foi abordado o mecanismo de ação dos agentes clareadores nas diversas técnicas clareadoras em suas diferentes concentrações, bem como o seu efeito na estrutura dental; **Mensuração da alteração de cor dos dentes**, no qual é explicada a avaliação subjetiva da cor na odontologia e os instrumentos utilizados na prática laboratorial e clínica; e por fim, **Efeitos adversos à estrutura dental resultantes do tratamento clareador**, no qual serão apresentados os efeitos adversos associados ou não ao pH do gel clareador.

### 2.1 Alterações de cor do substrato dental

A compreensão e conhecimento das estruturas morfológicas e características químicas do dente é de suma importância, principalmente quando se trata da odontologia preventiva e restauradora (Srot et al., 2012).

Dentre os tecidos que compõe a coroa dental, está o esmalte, dentina e polpa, sendo os dois primeiros os grandes responsáveis pela coloração dos dentes, com destaque para a coloração da dentina. O esmalte é um tecido mineral, que atua como uma proteção para a estrutura dental, suportando uma grande carga mastigatória, conferindo sua resistência e durabilidade. É constituído por um volume de 94-96% de componente inorgânico (ou mineralizado), 3-5% de água e 1% de componente orgânico, contendo principalmente proteínas e lipídios. O componente inorgânico é constituído por fosfato de cálcio em formato de hidroxiapatita (HA), carbonatada e fluoretada. O esmalte consiste de cristais ordenados em prismas, unidos perpendicularmente a partir da junção dentina-esmalte, seguindo em direção a superfície do dente (Gwinnett, 1992; Junqueira, Carneiro, 2008.).

A dentina por sua vez, diferentemente do esmalte, tem volume formado por 70% de componente inorgânico, 20% de componente orgânico e 10% de água, com uma estrutura morfológica tubular que varia de acordo com a sua profundidade. Os túbulos dentinários são preenchidos pelo fluido intratubular que está em direta relação com os prolongamentos odontoblásticos e com a periferia do tecido pulpar (Johansen, 1964; Hegedus et al., 1999; Junqueira, Carneiro, 2008.).

A deposição contínua de mineral na dentina com o avanço da idade e o fato de o esmalte ser translúcido, fazem com que a idade fisiológica seja um causador natural do escurecimento. A medida que a polpa envelhece, ela vai diminuindo em volume, resultante da deposição de dentina secundária ao longo da vida, tornando o dente mais amarelado e com a impressão visual de mais escurecido (Joiner, 2004). A estrutura dos dentes é composta por uma variação de cores, sendo o terço cervical mais escurecido quando comparado com o terço incisal. Esta variação de cor é o resultado da espessura de dentina e translucidez do esmalte, junto com a reflexão da luz. Isto evidencia-se bastante nos caninos, que apresentam uma maior quantidade de estrutura mineral, dando um aspecto mais escurecido comparado aos demais, ficando mais escuros conforme o passar dos anos (Sulieman, 2008). Contudo, outros fatores podem alterar a coloração do dente, como a presença de pigmentação extrínseca e/ou intrínseca, sendo, portanto, importante que o cirurgião dentista saiba diagnosticar, para assim proporcionar um tratamento efetivo para seu paciente (Watts, Addy, 2001; Torres et al., 2014).

A pigmentação intrínseca é de origem endógena, podendo ocasionar uma alteração de cor pré-eruptiva, ou seja, no decorrer de sua formação como problemas herdados no desenvolvimento dental ou após a erupção dentária, de origem traumático durante o desenvolvimento. Em casos posteriores à erupção do dente, o envelhecimento, a necrose da pulpar e a iatrogenia decorrente de tratamentos endodônticos mal sucedidos são as principais causas de pigmentação intrínseca (Watts, Addy, 2001; Dahl, Pallesen, 2003).

Além disso, pigmentos extrínsecos, como a presença de cromógenos, podem adentrar a superfície da estrutura do esmalte e dentina ou ser incorporados à camada de película adquirida, contribuindo com a alteração de cor dental (Sulieman, 2008). Essas substâncias depositadas na superfície do esmalte podem ser retiradas com profilaxia profissional, mas se não forem removidas, eles podem penetrar

através dos prismas do esmalte, tornando-se intrínsecas (Watts, Addy, 2001; Da Costa et al., 2010; Torres et al., 2014). Tais pigmentos são derivados da dieta, pela ingestão constante de bebidas, como por exemplo, refrigerantes à base de cola ou com corantes, café, chá ou vinho; ingestão de frutas ou alimentos coloridos, alguns medicamentos, uso de clorexidina com frequência e hábitos como o uso de tabaco. Eles possuem a capacidade de penetrar a estrutura dental e alteram os fatores fisiológicos, resultante de uma combinação de propriedades ópticas, como a transmissão e reflexão da luz incidente sobre a estrutura dental, causando um efeito óptico de escurecimento (Dahl, Pallesen, 2003; Joiner et al., 2004; Sulieman, 2008).

No caso da pigmentação intrínseca, o clareamento dental é uma opção para solucionar o problema, quer que seja de origem fisiológica, patológica ou traumática, para o gel em contato íntimo com a superfície do dente inicie uma reação química. (Braun et al., 2007).

## **2.2 Clareamento dental**

Ao longo dos anos, tem aumentado a busca dos pacientes pelo clareamento dental nos consultórios odontológicos, por ser considerado um procedimento com objetivo tornar os dentes mais claros, visando a melhoria da estética e garantindo um sorriso mais agradável. Esta técnica é segura, não é invasiva e de baixa complexidade técnica (Matis et al., 2002; Joiner, 2006; Kose et al., 2016).

Como agentes clareadores para intervenção em dentes vitalizados, encontramos no mercado géis a base de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e peróxido de carbamida (PC). Uma notável evolução do tratamento clareador ocorreu em 1989, onde o uso do peróxido de carbamida foi publicado no estudo “Clareamento de dentes vitalizados com moldeira utilizada durante as horas de descanso noturno” (Haywood, 1989). O peróxido de carbamida se dissocia em peróxido de hidrogênio e uréia. O mecanismo de ação do peróxido de hidrogênio, quando aplicado diretamente no esmalte com um produto primário ou sendo um subproduto da reação química do peróxido de carbamida, baseia-se na difusão pelo esmalte e

dentina, liberando radicais reativos e promovendo o resultado do clareamento a partir da oxidação dos pigmentos (Dahl, Pallesen, 2003). Com o crescimento do clareamento dental na indústria de produtos odontológicos, foram desenvolvidos géis com diferentes concentrações e protocolos de aplicação (Joiner et al., 2008).

O peróxido de hidrogênio na sua degradação inicia um processo de oxido-redução, pois atua como um agente oxidante forte por meio da formação de radicais livres, onde as moléculas de oxigênio promovem a quebra das ligações duplas das moléculas dos pigmentos, tornando-as menores e mais reflexivas. O peróxido de hidrogênio possui baixo peso molecular e habilidade para desnaturar proteínas, além da capacidade de permear o esmalte e a dentina, em vista da porosidade e da permeabilidade destes tecidos (Sulieman, 2008; Torres et al., 2014).

O peróxido de carbamida é conhecido por ser consideravelmente instável quando está no meio bucal, pois quando o produto entra em íntimo contato com a superfície da estrutura dental, há uma degradação em 3% de peróxido de hidrogênio e 7% uréia. A vantagem da liberação de uréia é a de que, em sua quebra, pode se formar dióxido de carbono e amônia, assim há o aumento da concentração de íons de hidrogênio e, conseqüentemente, elevação do pH do agente. Com o pH mais alcalino, o gel clareador não necessita de grande energia para a formação de radicais livres, o que resulta em um rendimento melhorado em comparação com o ambiente ácido (Fasanaro, 1992; Haywood, 1992; Tredwin et al., 2006; Sulieman, 2008).

Os cromógenos têm uma estrutura em cadeia de carbono complexa, que absorvem a luz incidida na estrutura do dente. O comprimento de onda de luz que é refletido por essa estrutura, resulta na cor observada na superfície, sendo que, quando há a quebra dessas cadeias complexas, os cromógenos são modificados em cadeias simples. Onde resulta o aumento da reflexão e a redução da absorção de luz, assim, o dente aparenta estar mais branco (Joiner et al., 2004; Joiner, 2006; Torres et al., 2014; Kwon, Wertz, 2015).

O mecanismo do clareamento depende da penetração do agente de clareamento na estrutura dental e sua interação com a mesma. Para melhora da eficácia do clareamento, é necessário saber o tipo de manchamento, a sua etiologia, o tempo que o manchamento está presente, conhecer o agente de clareador, a frequência em que será aplicada de acordo com o fabricante, a duração do

procedimento e a concentração aplicada aos dentes (Leonard et al., 1998; Sulieman, 2008; Bernardon et al., 2016).

Dentre as técnicas clareadoras, existem três formas encontradas no mercado, sendo elas: venda direta ao consumidor (*over-the-counter*), técnica de clareamento caseiro e técnica de clareamento de consultório (Dietschi et al., 2010; Basson et al., 2013; De Geus et al., 2016).

Clareadores de venda livre (*over-the-counter*) são encontrados em lojas especializadas, vendas por internet e farmácias, e geralmente comercializados como fitas, dentifrícios e enxaguantes bucais, sendo que a maioria deles possui em sua composição o peróxido de hidrogênio. O fato de serem de venda livre e de fácil acesso, leva à ausência de supervisão profissional, podendo prejudicar seriamente a saúde bucal dos usuários. Os dentifrícios clareadores atuam principalmente por meio de seus agentes abrasivos, promovendo a remoção mecânica das manchas (Alshara et al., 2014). Existem ainda outros produtos cuja proposta clareadora se baseia em efeito óptico, como a covarina azul, cujo pigmento de cor azulada gera um aspecto mais claro e brilhante (Kishta-Derani et al., 2007; Dietschi et al., 2010).

Na técnica caseira, o gel é fornecido para o paciente para o uso doméstico, sob supervisão do cirurgião-dentista. É uma técnica realizada geralmente com géis de menor concentração, sendo de 3 a 10% para peróxido de hidrogênio e de 10 a 22% para o peróxido de carbamida, no qual por meio de uma moldeira individualizada, o gel é colocado em íntimo contato com a estrutura dental por períodos de tempo pré definidos e determinados pelo fabricante, durante algumas semanas e sempre levando em conta a necessidade estética e anseio do paciente (Joiner et al., 2008). A vantagem do tratamento caseiro é empregar uma menor concentração de  $H_2O_2$ , fácil aplicação, menor custo e menor tempo de consulta (Luque-Martinez et al., 2016). As desvantagens encontradas consistem em um maior tempo para alcançar o resultado, necessidade do uso da moldeira e colaboração do paciente, bem como possibilidade de irritação da gengiva marginal (Matis et al., 2009).

Na técnica clareamento de consultório, a aplicação dos agentes clareadores é realizada diretamente pelo profissional, geralmente com géis de peróxido de hidrogênio mais concentrados (20-40%). Devido à sua alta concentração, é necessário o uso de isolamento do campo operatório, por meio de barreira gengival

ou lençol de borracha associado a afastadores bucais e linguais, para não causar danos aos tecidos moles. Os resultados dependem do número de seções em que o gel é aplicado, variando usualmente entre uma e três (Joiner, 2006).

Embora o clareamento dental possa ser realizado com diferentes técnicas, utilizando produtos que contenham peróxidos em diferentes concentrações, o resultado final tende a ser potencialmente o mesmo (Bernardon et al., 2010; Basting et al., 2012; Da Costa et al., 2012). Isso se dá pelo fato de o mecanismo de ação ser o mesmo, ou seja, a oxidação de pigmentos orgânicos ou cromógenos dente. Os fatores mais importantes relacionados à eficácia do tratamento são: a etiologia da pigmentação, a concentração do agente clareador e a duração do tempo de exposição (Matis et al., 2002; Bernardon et al., 2016).

### **2.3 Mensuração da alteração de cor dos dentes**

A percepção da cor dos dentes é um fenômeno complexo, não é uma propriedade da luz, mas resulta da reflexão de ondas de luz em um determinado objeto e é percebida por meio de três parâmetros: um observador, o iluminante (fonte de luz) e um objeto. A cor pode ser determinada por diferentes fatores, como a diferença na fonte de luz, a forma em que a luz é incidida, absorvida, transmitida e refletida no objeto; diferenças direcionais, a sensibilidade do observador e o contexto em que o dente será avaliado (Dagg et al., 2004; Joiner, 2004).

Para permitir a visualização do efeito clareador, existem diferentes métodos para a mensuração de cor dos dentes antes, durante e após o processo clareador. Na literatura encontramos três itens determinantes para percepção da ação clareadora, onde os índices utilizados para a avaliação devem conter: a luminosidade, ou seja, quanto mais brilhante o dente, mais aparenta ser claro; a tonalidade, utilizada para distinguir diferentes tipos de cores; e a saturação, que é proporção da quantidade de cor em relação a cor média (Joiner et al., 2008).

Na Odontologia, utilizamos o parâmetro cor para proporcionar a estética para a estrutura dental. Assim, existem diferentes métodos para avaliação, e um dos métodos mais e rotineiramente utilizados pelo profissional no dia-a-dia é por meio de



escala de cor (Joiner, 2006; Igiel et al., 2016). Das escalas disponíveis, temos a escala Vita Clássica, sendo esta geralmente a primeira escolha do profissional. No entanto, este método é subjetivo, pois depende da iluminação ambiente e da percepção do observador (Zenthöfer et al., 2014; Igiel et al., 2016). Contudo, é muito utilizado em estudos para a avaliação longitudinal da cor durante o clareamento (Mokhlis et al., 2000; Sulieman et al., 2005) e na clínica, onde é o método mais indicado devido sua simplicidade, rapidez e facilidade de uso (Meyreles et al., 2008). Pelo fato de ser um método subjetivo, alguns fatores podem alterar na percepção da cor, como por exemplo, as condições de iluminação, experiência e idade do avaliador, fadiga dos olhos e decoração do ambiente (Joiner, 2006). Deste modo, precisamos ter cautela na avaliação da cor, para que possa minimizar a influência dos fatores externos. Por isso a habilidade de avaliação de cor deve ser desenvolvida e em casos de estudos, há diferentes formas de calibração para uma efetiva avaliação (Joiner, 2006; Meyreles et al., 2008).

Tendo como finalidade minimizar as limitações do método visual, aparelhos eletrônicos capazes de mensurar a coloração podem ser utilizados. O espaço de cores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  representa os parâmetros mais frequentemente utilizados para a avaliação da cor da estrutura dental antes e após o tratamento clareador, e pode ser gerado por colorímetros, espectrofotômetros e análise de imagens digitais (Joiner, 2004). A cor é frequentemente expressa nos termos estabelecidos pela *Commission Internationale de L'Éclairage* (L'Éclairage), sendo este espaço CIE  $L^*a^*b^*$  a representação de um espaço de cor tridimensional com três eixos ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). O valor de  $L^*$  é medida a luminosidade do objeto e é quantificada em uma escala em que o preto absoluto recebe valor de zero e o branco um valor de 100. O valor de  $a^*$  é a medida do vermelho (positivo) e do verde (negativo). O valor de  $b^*$  é a medida do amarelo (positivo) e azul (negativo). As coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  se aproximam do zero para as cores neutras (branco e cinza) e aumentam a magnitude para as cores mais saturadas (Joiner, 2006; Lee et al., 2008; Igiel et al., 2016). Há uma grande variedade na distribuição dos valores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , mas uma maior contribuição é pelo valor de  $b^*$ , ou seja, uma maior quantidade da cor amarelo no dente (Yiming, 2003). Então, podemos considerar que o sucesso do clareamento se dará por um aumento no valor de  $L^*$  (luminosidade), ou seja, os dentes tendem para o branco, bem como

uma diminuição de valor em  $b^*$ , tendendo os dentes ficarem menos amarelos (Yiming, 2003; Matis et al., 2007; Joiner et al., 2008).

Para a comparação de períodos distintos, a cor deve ser mensurada antes e depois do procedimento clareador, utilizando a seguinte fórmula que determina a diferença de cor ou  $\Delta E$  (Papathanasiou et al., 2002):

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

Na tentativa de melhorar a fórmula do  $\Delta E$ , o CIE em 2001 desenvolveu uma fórmula que resulta os parâmetros do Delta E 2000 ( $\Delta E_{00}$ ), com o objetivo de calcular diferenças de cor medida, se aproximando ao máximo dos limites de percepção do olho humano no espaço de cor CIE Lab, sendo ela mais sofisticada e mais complexa, utilizando a seguinte formula:

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}}$$

Com este sistema de avaliação podemos avaliar os parâmetros de luminosidade sendo representado pelo L, a saturação representada pelo C e a tonalidade representada pelo H. O fator de rotação (RT) é usado para corrigir a deflexão na região azul da direção do eixo da elipse para percepção visual, ou seja, a interação entre o croma e diferenças de matiz na região azul (Lee, 2005; Gómez-Polo et al., 2016).

A capacidade de visualização da cor é tema de diferentes estudos na Odontologia, sendo assim, existem pesquisas que retratam dois limiares que são de suma importância, limite de perceptibilidade e limite de aceitabilidade. O limite de perceptibilidade é o valor onde 50% dos observadores conseguem detectar uma diferença perceptível entre dois valores, e limite de aceitabilidade é o valor onde 50% dos observadores consideram a diferença como clinicamente inaceitável. Existe na literatura uma diversidade de valores relacionando a aceitabilidade e a perceptibilidade (Douglas, Brewer, 1998; Alghazali et al., 2012; Khashayar et al., 2014), mas o estudo mais recente, de caráter multicêntrico e contendo um maior

tamanho amostral, obteve resultado do  $\Delta E$  menor que 1,2 (limite de perceptibilidade) e 2,7 (limite de aceitabilidade), sendo o estudo mais clinicamente aceitável (Paravina et al., 2015).

Os colorímetros são instrumentos correspondentes ao olho humano, de uma forma precisa e simples. Suas medições são realizadas em uma mesma condição de luz, independente se é dia ou noite ou se é um lugar interno ou externo, é um resultado de utilizar uma mesma fonte de luz, fazendo com que as medições sejam extremamente precisa e simples, determinando pequenas diferenças de cores. Os colorímetros expressam as cores numericamente em funções de padrões internacionais, desta forma, qualquer pessoa pode entender a cor expressa (Minolta, 1998; Lee et al., 2008).

Outro método para avaliação de cor é a partir dos espectrofotômetros. Estes aparelhos são de grande importância na odontologia moderna, pois apresentam alta acurácia e reprodutibilidade, podendo mensurar precisamente e em pequenas áreas dos dentes e reproduzir com clareza a sensação subjetiva de percepção da cor. Eles podem funcionar de forma de reflectância e absorbância e apresentam uma esfera de integração que permite a avaliação da curva de reflectância espectral da cor, mas possui como desvantagem o alto custo do equipamento (Minolta, 1998).

Imagens digitais são analisadas por meio de tomadas fotográficas a partir das câmeras digitais, sob condições controladas de iluminação, que geram um arquivo digital de imagem. Por um software, a imagem é analisada, obtendo o valor numérico baseado no sistema CIE  $L^* a^* b^*$  (Lee et al., 2008).

Em um estudo prévio, foram analisados três métodos de avaliação de cor (observações visuais, espectrofotômetro e imagens digitais), com o objetivo de comparar e mensurar a cor dos dentes. Puderam concluir que para as superfícies translúcidas, amarelas e planas, o espectrofotômetro conseguiu alcançar a cor (Guan et al., 2005). Em outro estudo in vivo, no qual 30 incisivos foram avaliados, mostrou que a análise instrumental apresentou 83,3% de concordância, enquanto a análise clínica foi de apenas 46,6%. Isso demonstra que a análise instrumental deve ser a primeira escolha quando o objetivo é avaliar a cor dos dentes de forma precisa (Paul et al., 2002).

## 2.4 Efeitos adversos à estrutura dental resultante do tratamento clareador

Embora o clareamento seja um tratamento de eficácia comprovada por meio do uso de diferentes técnicas e materiais, existe uma grande preocupação com relação à alteração da composição mineral das estruturas dentais e outros efeitos adversos resultantes do procedimento clareador (Trentino et al., 2015).

A sensibilidade, irritação gengival e a alteração do conteúdo mineral da superfície do dente vêm sendo observados em diferentes estudos como principais efeitos adversos (Attin et al., 2004; Borges et al., 2010; Carey, 2014). Os principais problemas relatados quanto à atuação do agente clareador sobre os tecidos dentais são as alterações morfológicas: aumento da porosidade superficial da estrutura do esmalte (Ben-Amar et al., 1995), desmineralização e desnaturação de proteínas (Toledano et al., 2011; Jurema et al., 2018) e perda de íons de cálcio (Cimilli, Pameijer, 2001). Todas estas alterações suportam a hipótese de que os agentes clareadores são componentes quimicamente ativos, ou seja, são capazes de alterar estruturas dentais e suas propriedades mecânicas (Sulieman et al., 2004; Alqahtani, 2014; Carey, 2014).

Há grande diversidade de formulações de géis clareadores, apresentando variados valores de pH, onde alguns produtos apresentam um caráter ácido para aumentar a sua validade. Mas esta característica pode resultar em uma maior quantidade de efeitos deletérios no esmalte, de acordo com a porcentagem do gel e o tempo em contato com a superfície do esmalte (Sulieman et al., 2004). Com isso, a tendência é utilizarmos géis de pH neutro, por outro lado, existem relatos que mesmo os géis clareadores que contém o pH neutro ou alcalino podem ser capazes de desmineralizar o esmalte (Chen et al., 1993; Magalhães et al., 2012; Quintela Souza de Moraes et al., 2015; Jurema et al., 2018). Portanto, o pH não é o único fator que está envolvido na geração de efeitos adversos na superfície do esmalte.

Uma outra possível explicação para o efeito deletério pode estar relacionada à ação oxidante dos radicais livres. Após a penetração do peróxido de hidrogênio no interior dos espaços interprismáticos do esmalte, sugere-se que este interage com sua matriz orgânica, formada principalmente pelas proteínas (amelogenina e enamelinina), provocando a ruptura de suas cadeias de polipeptídios podendo

ocasionar a degradação desta matriz orgânica e consequente colapso da matriz inorgânica (Hegedus et al., 1999; Sulieman et al., 2004; Joiner, 2007).

Sabe-se que a degradação do agente clareador é mais expressiva nos primeiros minutos do procedimento, mas a literatura mostra que o peróxido de hidrogênio ainda continua se decompondo após o tempo recomendado pelo fabricante quando em contato com o substrato (Matis et al., 1999). A maior preocupação de se estender tempo de aplicação é a possível causa de efeitos deletérios no esmalte. Uma alteração do pH do gel clareador que o torne mais ácido ao longo da sessão, poderá aumentar a susceptibilidade do esmalte à desmineralização, podendo promover alterações na topografia do esmalte (Shannon et al., 1993; Reis et al., 2011; Caneppele et al., 2015; Trentino et al., 2015).

Sabendo das questões e processos que envolvem o clareamento dental, são necessárias investigações mais profundas quanto ao efeito dos agentes sobre a estrutura dental, a influência na eficácia do tratamento clareador e o tempo de execução do procedimento, para assim podermos reduzir efeitos indesejáveis e garantir um tratamento efetivo e seguro.

### **3 PROPOSIÇÃO**

A proposta deste estudo invitro foi avaliar dois protocolos de aplicação de géis clareadores à base de peróxido de hidrogênio na técnica de consultório, com relação à alteração da cor, microdureza e rugosidade da superfície do esmalte, além da alteração do pH do gel clareador e degradação do peróxido de hidrogênio em função do tempo de uso.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Delineamento experimental

Unidade Experimental:

- 105 espécimes com esmalte/dentina de dentes incisivos bovinos para os testes de microdureza, rugosidade e cor.
- 30 coroas de incisivos bovinos para os testes de degradação e alteração de pH dos géis clareadores.

Fatores em estudo:

- Gel Clareador – 3 níveis:
  - Whiteness HP (WHP) – Peróxido de Hidrogênio 35% (FGM)
  - Pola Office Plus (POP) – Peróxido de Hidrogênio 37,5% (SDI)
  - Opalescence Boost (OPB) – Peróxido de Hidrogênio 40% (Ultradent)
- Tempo de aplicação – 2 níveis
  - Aplicação múltipla – Aplicação do gel clareador de acordo com o protocolo preconizado pelo fabricante, com as trocas recomendadas.
  - Aplicação única – Aplicação do gel durante o tempo total recomendado pelo fabricante, sem a troca do mesmo.

Variáveis-Resposta: Alteração de cor do dente, alteração da microdureza da superfície do esmalte, alteração da rugosidade superficial do esmalte (Ra), alteração do pH do gel e concentração de peróxido de hidrogênio no gel.

Metodologias: Espectrofotometria para mensuração da cor pelo sistema CIE L\*a\*b\*, mensuração da dureza Knoop por meio de um microdurômetro, mensuração da rugosidade superficial (Ra) por meio de um perfilômetro de contato, análise do pH com pHmetro e degradação do peróxido por titulação.

## **4.2 Aspectos éticos**

O presente estudo usou amostras de esmalte e dentina de origem bovina. Por determinação da Lei nº 11.794 de 08/10/2008 – Lei “Arouca”, não é necessária submissão do projeto para análise do comitê de ética em pesquisa com animais, por se tratar de uma pesquisa que envolve o uso de dentes bovinos como substrato comercialmente viável e não o uso de vertebrados.

## **4.3 Ensaio laboratoriais**

### **4.3.1 Preparo de amostras**

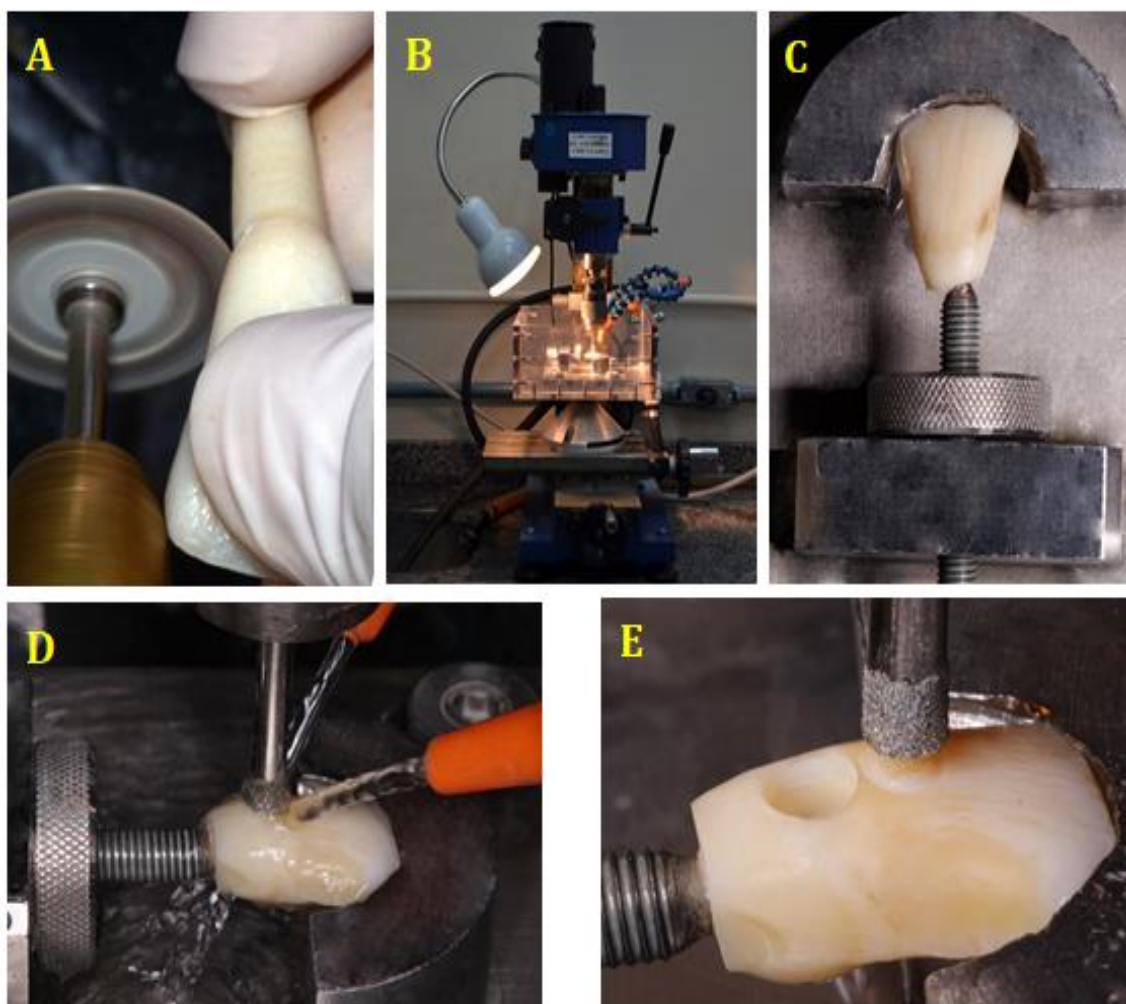
Foram utilizados dentes incisivos bovinos, retirados de mandíbulas de animais recém-abatidos. Após a extração, os resíduos de ligamento periodontal foram removidos com uma lâmina de bisturi nº 18, e armazenados em solução de timol a 0,1% com pH 7,0 sob refrigeração à 5°C, até o momento do uso (Schmalz et al., 2001).

As coroas foram separadas das raízes na junção amelocementária com auxílio de um disco diamantado (Dremel, Racine, WI, Estados Unidos) em torno de alta rotação (Nevoni, São Paulo, Brasil), e as amostras de esmalte/dentina foram obtidas da face vestibular das coroas (Figura 1A). Para confeccionar os espécimes, foi utilizada máquina para corte de amostras circulares (Figura 1B). A coroa foi fixada na base de fixação do equipamento (Figura 1C) e amostras circulares foram



obtidas com auxílio de uma ponta cilíndrica diamantada tipo trefina, com 4 mm de diâmetro interno e margens recobertas com diamante aglutinado, especialmente desenvolvidas para o corte desse tipo de espécime. A base do recipiente de coleta é acoplada a uma articulação esférica que permite o alinhamento da superfície vestibular dos dentes. Assim, a ponta diamantada perpendicular ao longo eixo do dente, foi colocada em movimento e deslocada no sentido vertical, sob abundante irrigação, até a obtenção do espécime cortado (Figura 1D e 1E). Foram confeccionadas 105 amostras utilizadas como unidades experimentais.

Figura 1 - Confeção dos espécimes de dente bovino

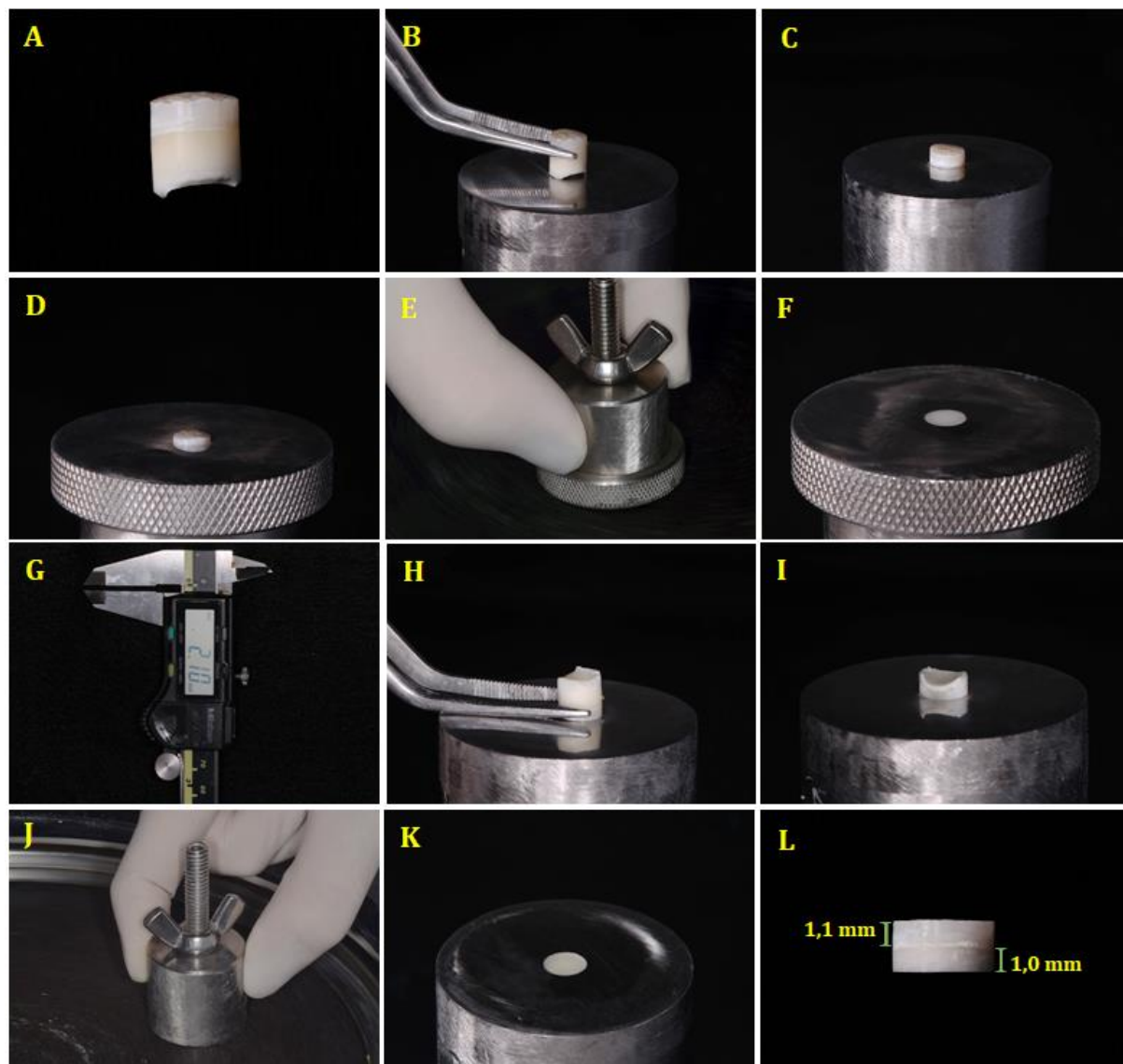


Legenda: a) Secção das coroas em um torno de alta rotação; b) Máquina cortadora de amostras circulares (UNESP – São José dos Campos); c) Fixação da coroa na base da cortadora de amostras; d) Alinhamento do recipiente de coleta de água com a superfície vestibular do incisivo perpendicular ao longo eixo da broca trefina; e) Corte do espécime circular.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Visando simular a espessura do esmalte e da dentina de um dente humano (Harris, Hicks, 1998), foi realizada uma padronização da espessura do esmalte e dentina dos espécimes em 1 mm cada, eles foram posicionados em um dispositivo metálico para desgaste ajustável por meio de um parafuso interno (Borges et al., 2012). As amostras foram inseridas no dispositivo com o esmalte voltado para fora e o limite amelo-dentinário foi alinhado com a superfície do dispositivo (Figura 2A, 2B e 2C), girando o parafuso central na porção inferior. A seguir foi adaptado sobre o dispositivo de desgaste um delimitador de remanescente, com espessura de 1,1 mm (Figura 2D), fazendo com que o excesso de esmalte fosse projetado para fora do dispositivo, permitindo seu desgaste. Este foi realizado com lixa P1200 (Extec Corp., CT, EUA) em politriz circular (DP-10, Panambra, São Paulo, Brasil) com velocidade constante de 600 rpm, sob irrigação contínua (Figura 2E e 2F). A profundidade do orifício foi ajustada para 2,1 mm de altura com um paquímetro digital (Starrett, São Paulo, Brasil) (Figura 2G), e na sequência o espécime foi invertido e o excesso de dentina foi desgastado (Figura 2H e 2I) em politriz circular (Figura 2J e 2K).

Figura 2 - Padronização da espessura de esmalte e dentina



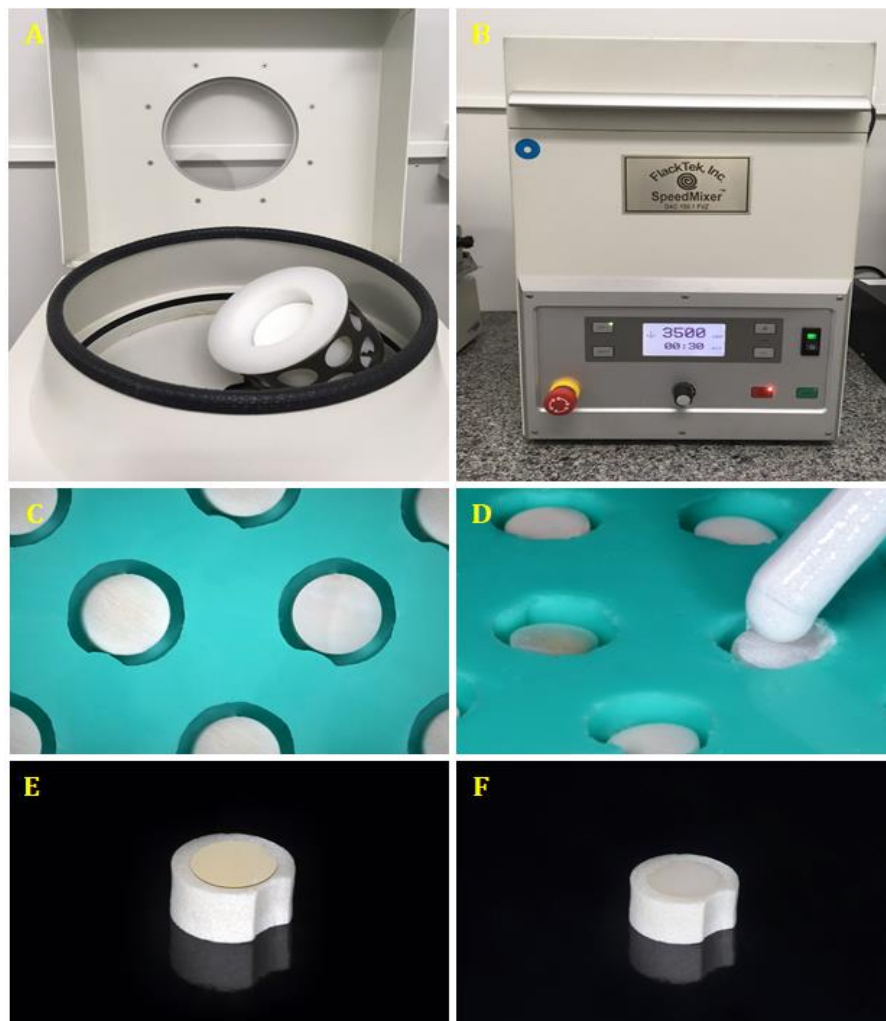
Legenda: a) Amostra em corte circular b) Posicionamento da amostra no orifício com o esmalte voltado para cima; c) Limite amelo-dentinário alinhado com a superfície do dispositivo; d) Posicionamento do anel para a padronização do desgaste do esmalte; e) Desgaste na poltriz; f) Superfície planificada; G) Ajuste da profundidade do orifício do dispositivo para 2.1 mm; h) Posicionamento da amostra no orifício com a dentina voltada para cima; i) espécime posicionado; j) Desgaste na poltriz; k) Amostra planificada; l) Amostra padronizada.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

As amostras padronizadas foram colocadas em uma matriz de silicone com 6 mm de diâmetro e 3 mm de profundidade (Figura 3A) e foram embutidas com resina acrílica translúcida autopolimerizável (Acritec, Panambra, São Paulo, Brasil) com a adição de 10% de óxido de titânio, pigmento necessário para modificação da

sua cor original, onde contribuirá para a leitura da cor. A mistura foi homogeneizada por 20 segundos no misturador do tipo centrífuga dual assimétrica (Speed Mixer DAC 150.1 FVZ – Hauschild Engineering, Maarastra, Índia) (Figura 3B). Os espécimes foram colocados no interior da matriz com a superfície do esmalte voltada para baixo. A resina acrílica foi vertida na matriz utilizando pipeta tipo Pasteur, de forma lenta, evitando a formação de bolhas (Figura 3C). Após a obtenção de um espécime contendo 0,1 mm de esmalte além da resina, este foi posicionado com o esmalte para dentro do dispositivo, para que fosse removido o excesso de resina com lixa P1200 (Extec Corp., CT, EUA). Em seguida, o espécime foi invertido dentro do dispositivo, e a superfície do esmalte agora voltada para fora, foi polida com a sequências de lixas P1200, P2400 e P4000 (Extec Corp., CT, EUA) por 30, 60 e 120 segundos, respectivamente (Figura 3D). Entre as lixas e ao final, os espécimes foram lavados em banho ultrassônico (Ultrasonic Cleaner, Odontobrás, São Paulo, Brasil), durante 10 minutos com água tipo II, para retirar resíduos de abrasivos que possam interferir na lisura da superfície polida, finalizando seu aspecto.

Então, os espécimes foram colocados em tubos tipo Eppendorf numerados, contendo 2 ml de saliva artificial, sendo composta das seguintes substancias: 0,002 g de ácido ascórbico ( $C_6H_8O_6$ ); 0,030 g de glucose ( $C_6H_{12}O_4$ ); 0,580 g de cloreto de sódio (NaCl); 0,225 g de cloreto de cálcio dihidratado ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ); 0,160 g de cloreto de amônia ( $NH_4Cl$ ); 1,270 g de cloreto de potássio (KCl); 0,160 g de tiocianato de sódio (NaSCN); 0,330 g de fosfato de potássio monobásico anidro PA ( $KH_2PO_4$ ); 0,200 g de carbamida ( $CH_4N_2O$ ); 0,426 g de fosfato de sódio bibásico dihidratado ( $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ ); e 2,700 g de mucina em 1 L de água destilada, com pH em torno de 6,8 (Klimek et al., 1982), a 32°C, durante 14 dias foi trocada a saliva diariamente para reidratação e estabilização das trocas de minerais permitindo, assim, uma correta avaliação da cor inicial.

Figura 3 - Embutimento do espécime com resina branca



Legenda: a) Colocação do suporte com resina branca na centrífuga; b) Equipamento pronto para iniciar a mistura; c) Matriz de silicone com as amostras posicionadas; d) Inserção da resina com pipeta pasteur; e) Espécime embutido com 0,1 mm de esmalte fora da resina; f) Espécime finalizado após polimento.

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3.2 Avaliação da cor

A avaliação da cor inicial foi realizada com um espectrofotômetro de reflectância (CM-2600d, Konica Minolta, Osaka, Japão) (Figura 4A). O equipamento foi ajustado para leitura de pequenas amostras (SAV) com área definida em 7,065 mm<sup>2</sup> (diâmetro de 1,5 mm), com uso do iluminante padrão D65, inclusão do ultravioleta em 100%, ângulo do observador em 2° e o componente especular

incluído (SCI). Antes da leitura, o aparelho foi calibrado com os padrões branco e preto fornecidos pelo fabricante. O aparelho é virado e sua face superior se torna a base de apoio (Figura 4B). Foi removido a máscara de proteção e colocado a máscara de leitura que possui um orifício de 3 mm de diâmetro, deixando apenas a superfície do esmalte exposta para a leitura. Isso impediu que a cor da resina de embutimento seja lida simultaneamente (Figura 4C). As amostras foram removidas da saliva artificial, removendo o excesso de umidade com gaze e imediatamente levados ao orifício do dispositivo de posicionamento iniciando a mensuração da cor (Figura 4D e 4E). A cor foi analisada de acordo com o Sistema CIE L\*a\*b\*, por meio do software Spectramagic NX (Konica Minolta, Osaka, Japão). Após a leitura as amostras foram removidas do aparelho e guardados novamente nos tubos Eppendorf contendo saliva artificial.

A leitura da cor foi realizada em dois momentos: Antes do início dos procedimentos clareadores e sete dias após o término do clareamento dental, período este em que as amostras permaneceram armazenados em saliva artificial a 30°C. A alteração da cor final das amostras em relação aos valores iniciais foi calculada, utilizando o parâmetro de variação da percepção de cor ( $\Delta E^*_{ab}$ ) (Illumination, 1978) e  $\Delta E^*_{00}$ , propostas pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), conforme mostrado as fórmulas a seguir:

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

Onde  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  e  $\Delta b$  são as diferenças nos valores respectivos antes e depois do clareamento:

$\Delta L$  = Variação de luminosidade entre o mais claro (Branco: 0) com o mais escuro (Preto: 100);

$\Delta a$  = Variação de cor entre vermelho (valor positivo) e verde (valor negativo);

$\Delta b$  = Variação de cor entre amarelo (valor positivo) e azul (valor negativo);

$\Delta E$  = Variação total da cor ou variação na percepção da cor.

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}$$

Onde  $\Delta L^*$  = Diferença de luminosidade;

$\Delta C^*$  = Diferença de croma;

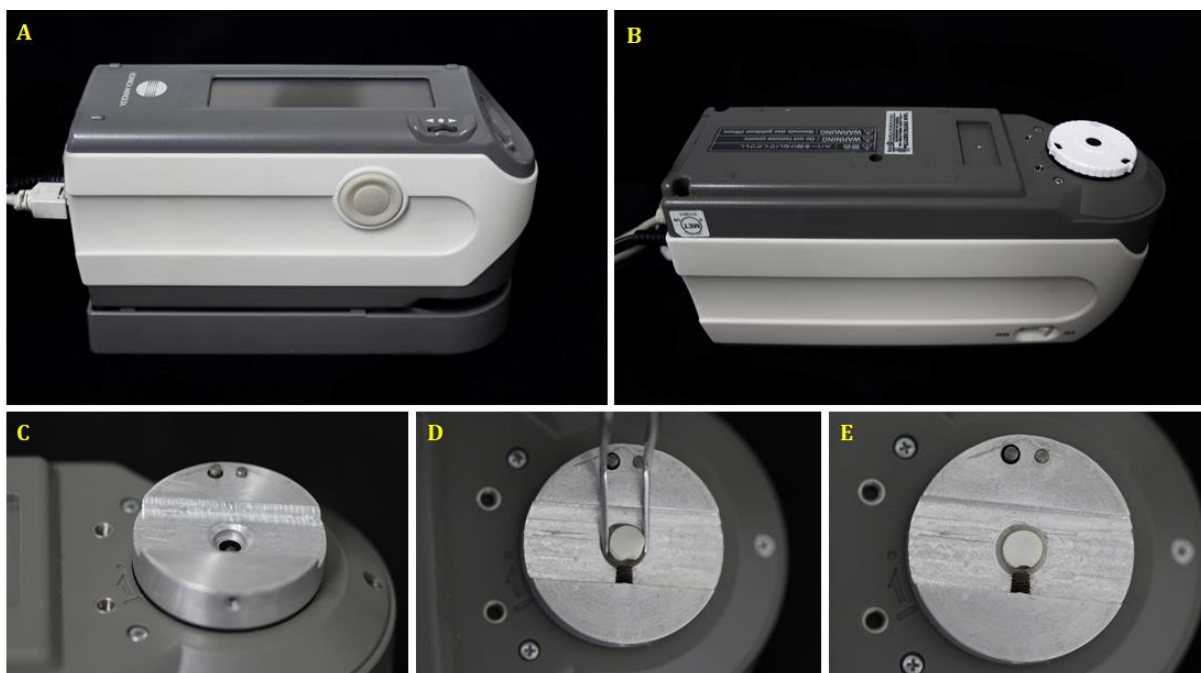
$\Delta H^*$  = Diferença de matiz;

$R_T$  = Função de rotação;

$S_L, S_C, S_H$  = Fatores de ponderação (termos de correção na diferença de cor nas coordenadas  $L^*, a^*$  e  $b^*$ );

$K_L, K_C, K_H$  = Fatores paramétricos (termos de correção para condições experimentais).

Figura 4 - Espectrofotômetro



Legenda: a) Espectrofotômetro; b) Espectrofotômetro posicionado para a remoção da máscara de proteção; c) Colocação da máscara de leitura; d) Amostra sendo posicionada na máscara de leitura; e) Amostra posicionada na máscara para a leitura da cor.

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 4.3.3 Avaliação da microdureza

O ensaio de microdureza objetiva avaliar se houve alguma alteração no conteúdo mineral das amostras após os protocolos clareadores e foi realizado em três momentos:

**KHN<sub>inicial</sub>**: Antes da aplicação dos géis clareadores.

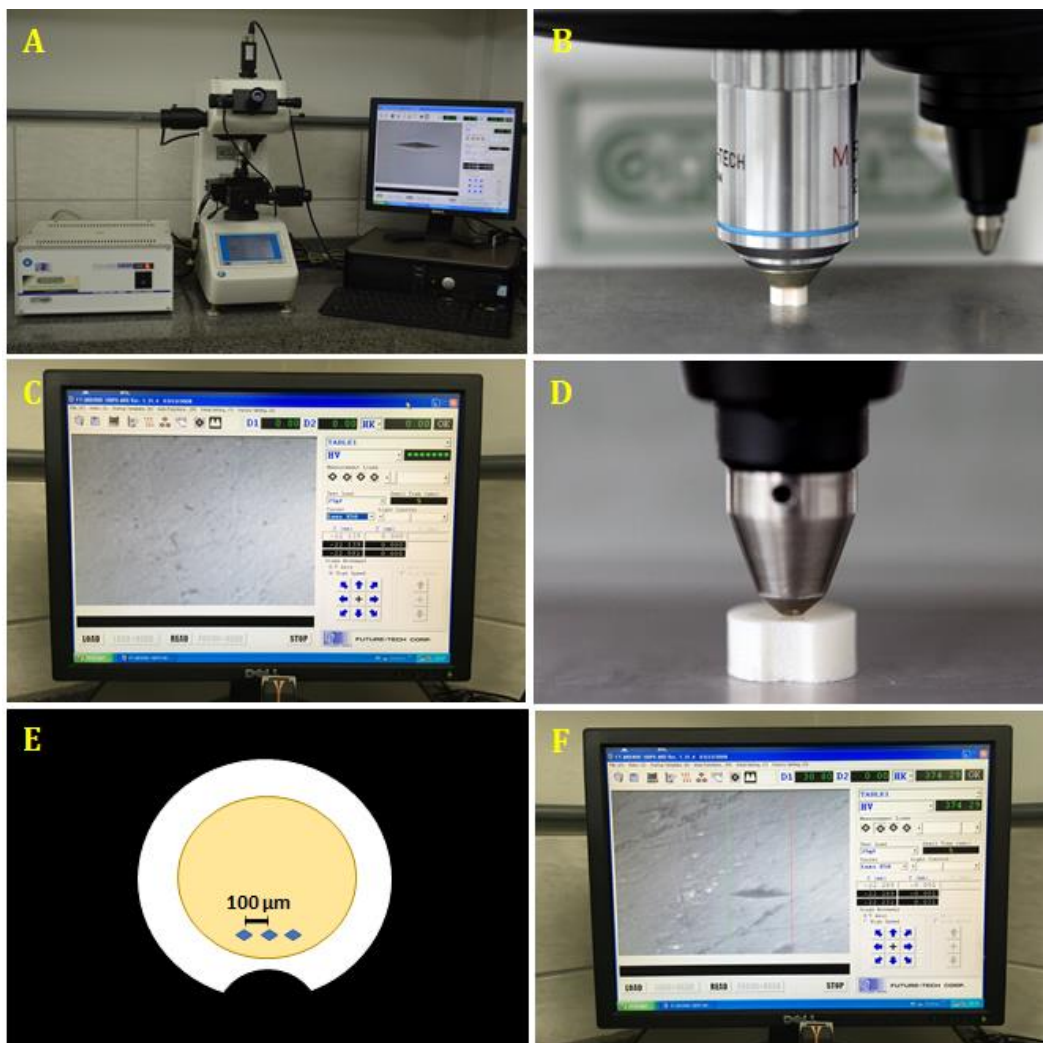
**KHN<sub>pós</sub>**: Imediatamente ao final da aplicação dos géis clareadores.

**KHN<sub>7d</sub>**: Após sete dias, com as amostras imersas em saliva artificial.

Foi realizada a leitura da microdureza inicial (KHN<sub>inicial</sub>), com indentador Knoop montado em microdurômetro (FM-700, Future-Tech, Tóquio, Japão) (Figura 5A). Posicionamos a amostra na lente de aumento 50 mm (Figura 5B e 5C), na parte inferior na porção próxima ao sulco em forma de curva na resina de embutimento, de forma que, posteriormente não houvesse interferências da leitura da rugosidade com o perfilômetro. Nas três indentações foi aplicada carga de 50 g durante 10 segundos (Figura 5D) (Borges et al., 2010), com uma distância de 100 µm entre elas (Figura 5E). Foi obtido o valor médio de dureza nas três indentações (Figura 5F). As amostras que apresentaram os valores na microdureza inicial discrepantes em 10% da média inicial amostral obtida foram descartados e substituídos.



Figura 5 – Microdurômetro



Legenda: a) Microdurômetro; b) Amostra posicionada na lente de aumento 50 mm; c) Análise visual da superfície antes da indentação; d) Momento da indentação na superfície do esmalte; e) Esquema posição da indentação e da distância entre cada uma; f) Análise do valor final de cada indentação.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

A variação de microdureza foi analisada em termos de porcentagem de perda de estrutura e calculada pela seguinte fórmula:

$$\%KHN_{pós} = (KHN_{pós} / KHN_{inicial}) \times 100$$

$$\%KHN_{7d} = (KHN_{7d} / KHN_{inicial}) \times 100$$

Onde %KHN<sub>pós</sub> refere-se à alteração da microdureza do esmalte imediatamente após a remoção do gel clareador e %KHN<sub>7d</sub> refere-se à alteração da microdureza do esmalte após imersão em saliva artificial.

#### 4.3.4 Avaliação da rugosidade superficial do esmalte (Ra)

A avaliação da rugosidade superficial do esmalte foi realizada por meio do perfilômetro de contato (MarSurf GD 25, Mahr, Goettingen, Alemanha) e seu software dedicado (MarSurf XT 20 4.50-07, 2011, Mahr, Goettingen, Alemanha) (Figura 8A).

A rugosidade da superfície foi medida em três momentos:

**Ra<sub>inicial</sub>**: Antes da aplicação do gel clareador;

**Ra<sub>pós</sub>**: Após a sessão de clareamento;

**Ra<sub>7d</sub>**: Após sete dias do clareamento, com imersão em saliva artificial.

Para a comparação das medidas, as amostras foram posicionadas em um dispositivo metálico fixo ao perfilômetro, o qual possui uma trava esférica onde se encaixa ao sulco em forma de curva na resina de embutimento, garantindo o mesmo posicionamento durante as leituras dos perfis inicial, após clareamento e após sete dias do clareamento (Figura 8B).

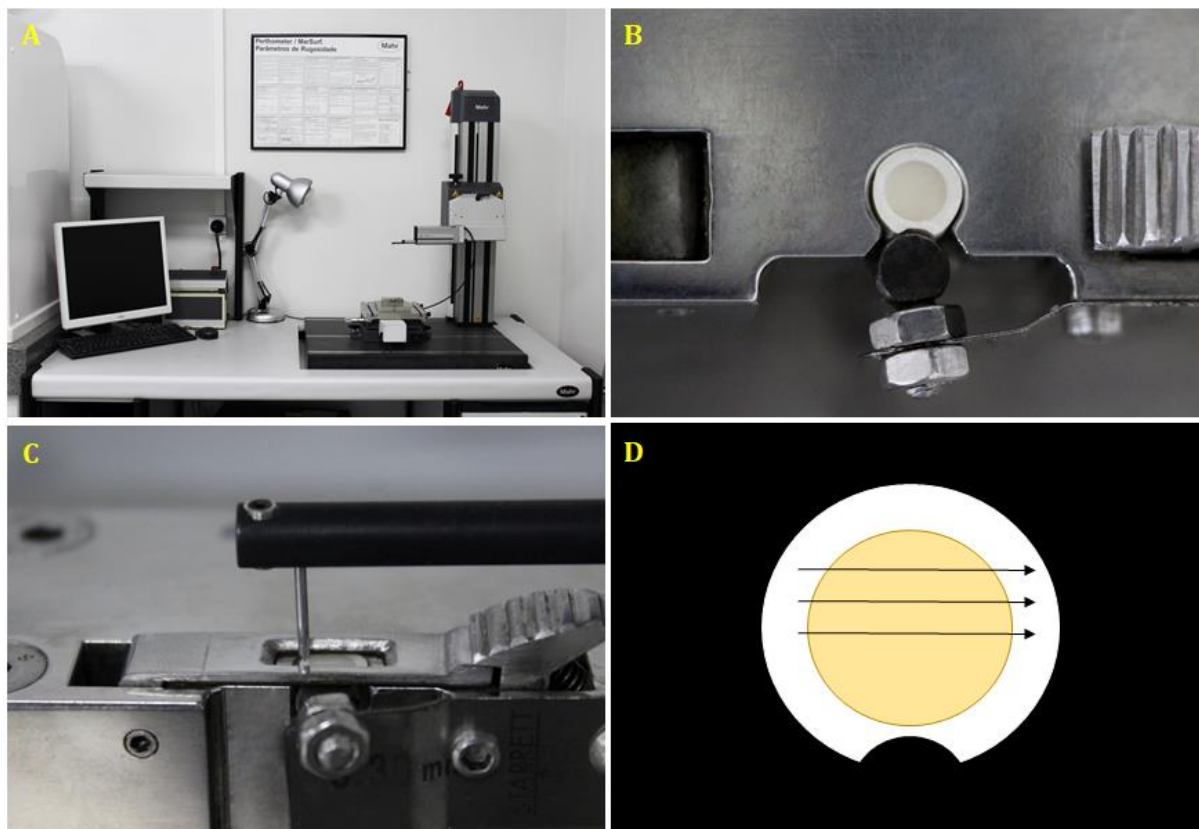
Foram realizadas três varreduras (Figura 8C), os valores médios de Ra foram determinados (µm) com o comprimento transversal de 4,8 mm, um cut-off de 0,25 mm entre elas e velocidade média de 0,5 mm/s, obtendo-se 3 perfis para cada amostra (Figura 8D).

Os resultados de alteração da rugosidade superficial foram obtidos a partir das seguintes fórmulas:

$$\%Ra_{pós} = (Ra_{pós} / Ra_{inicial}) \times 100$$

$$\%Ra_{7d} = (Ra_{7d} / Ra_{inicial}) \times 100$$

Figura 6 - Perfilômetro e esquema de leitura de Ra das amostras



Legenda: a) Perfilômetro; b) Posicionamento da amostra no dispositivo fixo; c) Varredura da amostra; d) Imagem ilustrativa da distância das varreduras.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

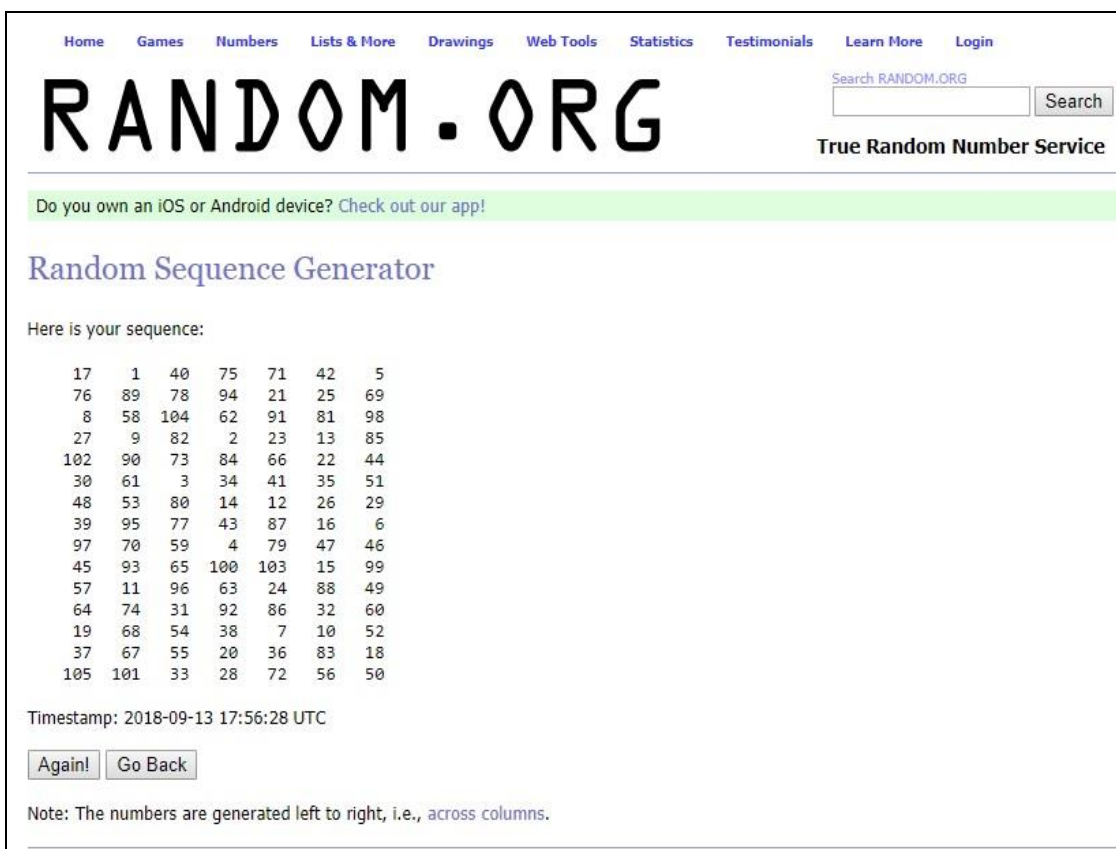
#### 4.3.5 Aleatorização

Após o preparo, acabamento e polimento das amostras, as mesmas foram submetidas ao teste de microdureza e então foram alocadas aleatoriamente em sete grupos, em um mesmo momento, utilizando um programa estatístico online RANDOM.ORG *True Random Number Service* ([www.random.org](http://www.random.org)), na sessão “Numbers”, item “Sequence Generator”. Para a geração da sequência de identificação das amostras e a divisão dos grupos, os limites da sequência foram

preenchidos com o menor valor (1-primeira amostra) e o maior valor (105-última amostra), divididos em seis colunas (seis tratamentos). Após esses dados terem sido completados nas respectivas lacunas, a sequência foi gerada (Figura 6).

Na primeira coluna estão as amostras que receberam o tratamento clareador com Pola Office Plus no modo de aplicação única e na segunda coluna são as amostras que receberam o tratamento clareador com Pola Office Plus no modo de aplicação múltipla (de acordo com o fabricante). Desta forma, na terceira e quarta coluna estão as amostras que receberam tratamento clareador com o Opalescence Boost, variando o modo de aplicação; e a quinta e sexta colunas referem-se as amostras que receberam tratamento clareador com Whiteness HP, de acordo com o modo de aplicação. A sétima coluna corresponde aos que receberam tratamento controle, utilizando água ultra purificada.

Figura 7 - Aleatorização das amostras pelo software online RANDOM de acordo com a microdureza inicial



Home Games Numbers Lists & More Drawings Web Tools Statistics Testimonials Learn More Login

# RANDOM.ORG

Search RANDOM.ORG

True Random Number Service

Do you own an iOS or Android device? [Check out our app!](#)

## Random Sequence Generator

Here is your sequence:

17	1	40	75	71	42	5
76	89	78	94	21	25	69
8	58	104	62	91	81	98
27	9	82	2	23	13	85
102	90	73	84	66	22	44
30	61	3	34	41	35	51
48	53	80	14	12	26	29
39	95	77	43	87	16	6
97	70	59	4	79	47	46
45	93	65	100	103	15	99
57	11	96	63	24	88	49
64	74	31	92	86	32	60
19	68	54	38	7	10	52
37	67	55	20	36	83	18
105	101	33	28	72	56	50

Timestamp: 2018-09-13 17:56:28 UTC

Note: The numbers are generated left to right, i.e., across columns.

Fonte: RANDOM.ORG – True Random Number Service. <https://www.random.org>.

#### 4.3.6 Divisão dos grupos

Os 105 espécimes selecionados foram aleatorizados em sete grupos (n=15) de acordo com os géis clareadores e protocolo de aplicação testados.

As características dos géis clareadores testados foram:

**Whiteness HP (WHP)** – FGM, Joinville, SC, Brasil – Gel à base de peróxido de hidrogênio a 35%, apresentado em dois frascos, um com o espessante e o outro com peróxido de hidrogênio concentrado. A manipulação é feita no recipiente que acompanha o produto, com a proporção de três gotas do peróxido de hidrogênio para uma de espessante, assim fazer a manipulação vigorosamente com a espátula que também acompanha o produto, até o momento em que o conteúdo se homogeneizar. O fabricante recomenda duas aplicações de 15 minutos cada durante a sessão.

**Pola Office + (POP)** – SDI Ltd, Victoria, Austrália – Gel à base de peróxido de hidrogênio a 37,5%, apresentado em seringa única, separada em dois compartimentos, um com o espessante e o outro com peróxido de hidrogênio concentrado. É acompanhado por uma ponta de inserção do material que possui um sistema de auto mistura ao apertar o êmbolo. O fabricante recomenda três aplicações de 8 minutos cada durante a sessão.

**Opalescence Boost (OPB)** – Ultradent Products, South Jordan, Utah, EUA – Gel à base de peróxido de hidrogênio a 40%, apresentado em duas seringas, uma transparente e outra vermelha, que se encaixam entre si. A mistura consiste em empurrar o êmbolo fazendo com que o gel da seringa transparente vá até a seringa vermelha, e em seguida fazer o mesmo com a seringa vermelha, levando o gel até a seringa transparente. Este modo de mistura deve ser repetido por no mínimo 25 vezes. O fabricante recomenda duas aplicações de 20 minutos cada durante a sessão.

**Água ultrapura** – Controle negativo sem agente clareador.

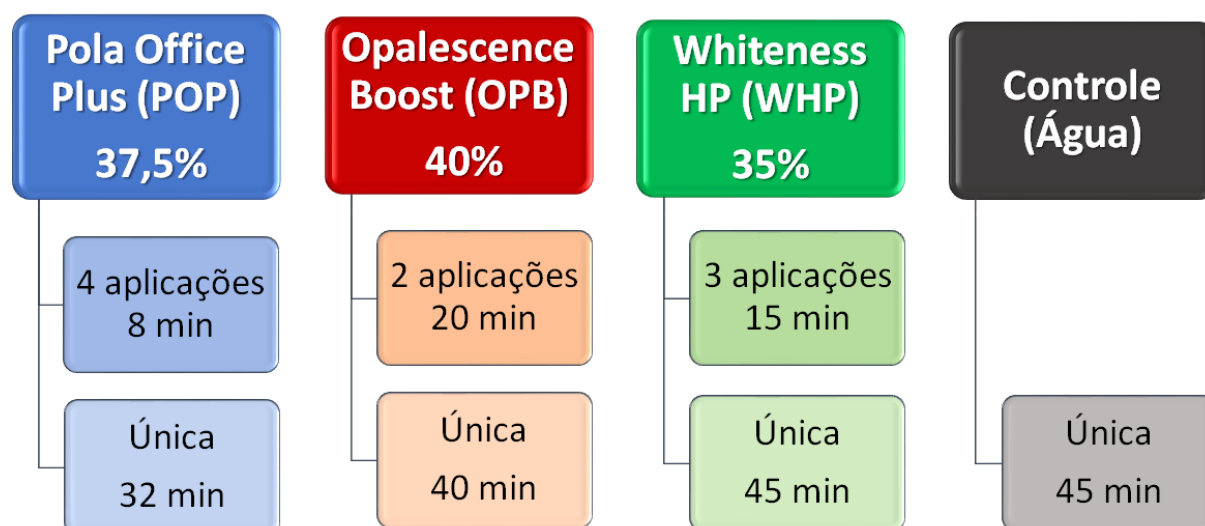
Os protocolos de aplicação utilizados foram:

**Aplicação múltipla (AM)** – O modo de aplicação múltipla dos géis nos espécimes selecionados foi realizado de acordo com o modo proposto pelo fabricante.

**Aplicação única (AU)** – O modo de aplicação única dos géis nos espécimes selecionados foi a soma do valor proposto pelo modo de aplicação múltipla estabelecido pelo fabricante.

O esquema da divisão dos grupos e as formas de aplicação estão ilustrados na Figura 7.

Figura 8 - Esquema da divisão dos grupos experimentais



Legenda: A primeira fileira indica a recomendação do fabricante, a segunda a soma dos tempos recomendados pelo fabricante.

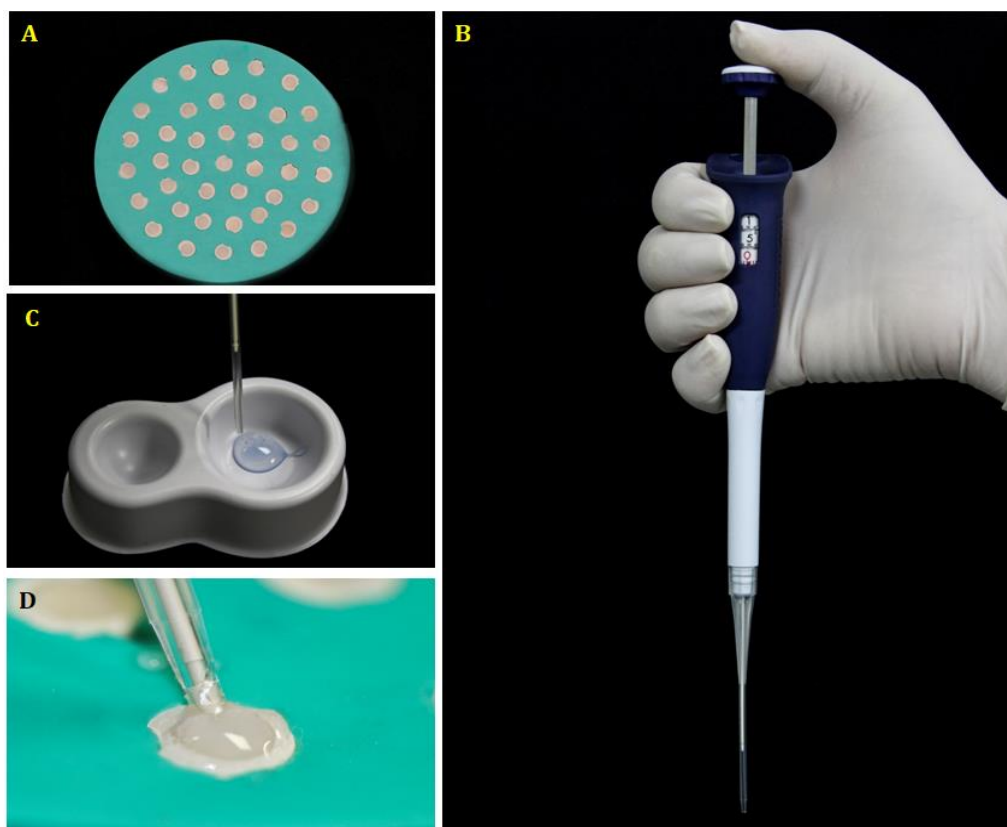
Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3.7 Procedimentos clareadores

As amostras foram condicionadas em matrizes de silicone com o esmalte voltado para cima (Figura 9A). Para a aplicação dos géis clareadores, foi utilizada uma pipeta de deslocamento positivo (Pos-D™, Mettler Toledo Rainin, Califórnia – USA) (Figura 9B), onde sua ponteira possui um êmbolo adequado para materiais

viscosos (Figura 9C). Os géis foram manipulados de acordo com o estipulado pelo fabricante e foi padronizada a quantidade de gel em 15  $\mu$ l, aplicada na superfície do esmalte (Figura 9D), pelo tempo de acordo com o grupo.

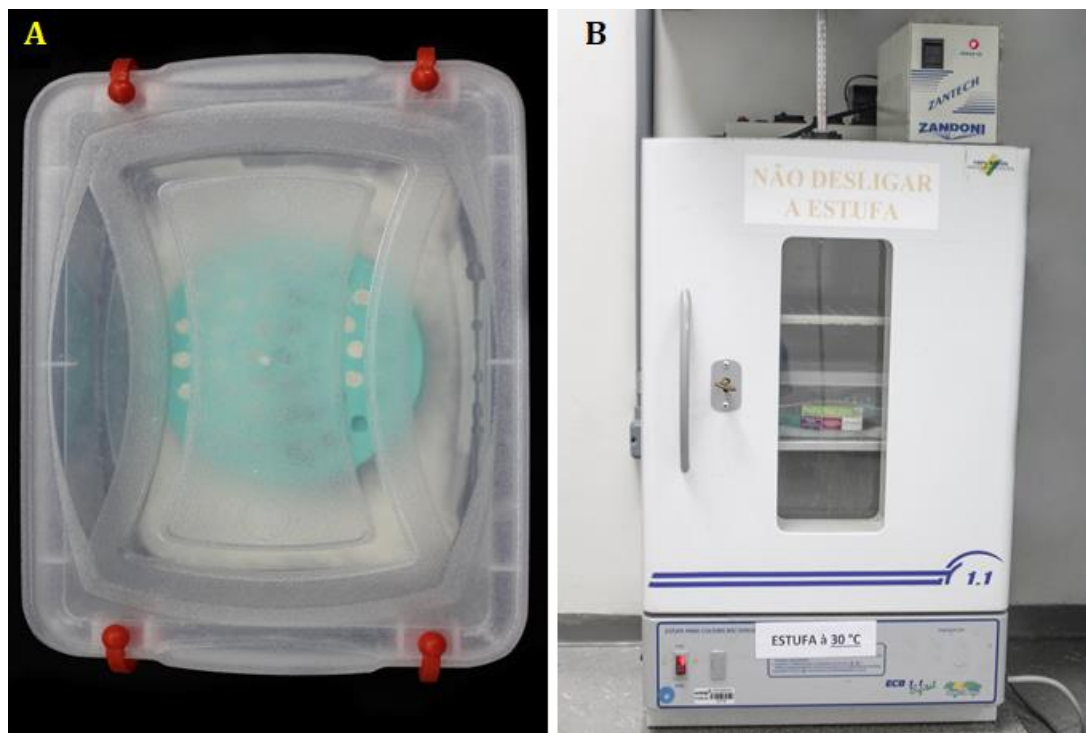
Figura 9 – Período de clareamento



Legenda: a) Espécimes posicionados na matriz de silicone; b) Pipeta de deslocamento positivo; c) Ponta da pipeta em posição para captação do gel; d) Colocação do gel na superfície do esmalte.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

Durante o período do clareamento, as matrizes de silicone foram colocadas dentro de um recipiente com gaze umedecida vedado (Figura 10A), em estufa à 30°C (Figura 10B), para simular da temperatura ambiente do gel clareador quando colocado nos dentes do paciente.

Figura 10 - Procedimento clareador



Legenda: a) Recipiente umedecido vedado; b) Estufa à 30°C.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

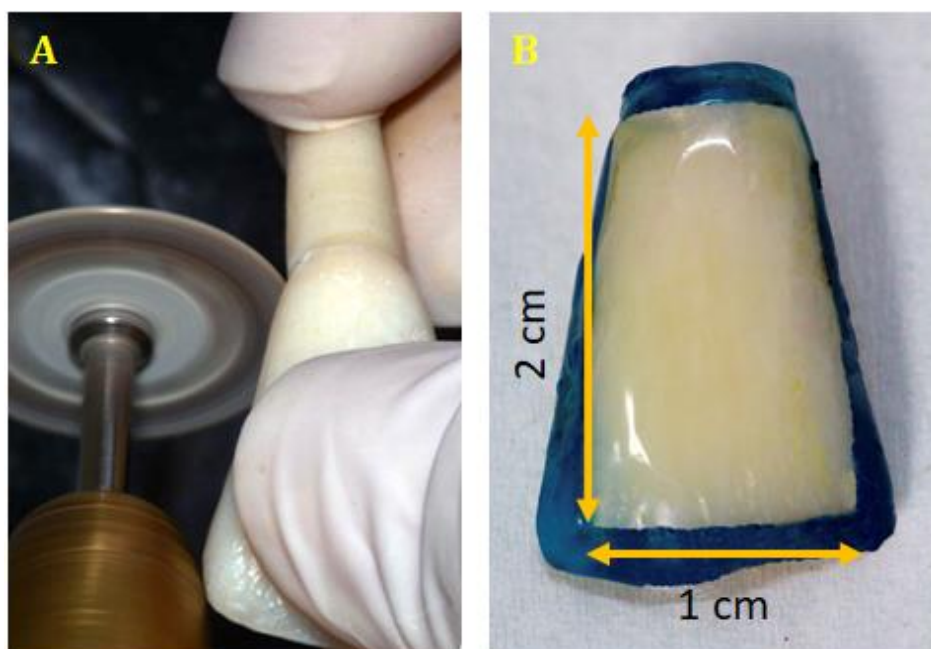
Nos grupos de múltiplas aplicações, o gel foi aspirado por meio de uma cânula de sucção ligada a uma bomba à vácuo (Nevoni, São Paulo, Brasil) e nova camada do gel foi colocada sobre o esmalte. Após a última aplicação (ou, no caso dos grupos de aplicação única, após esta) o gel foi aspirado e os espécimes foram lavados em água deionizada corrente, a remoção completa de qualquer remanescente de gel foi removida com auxílio de uma gaze. Após a remoção do gel, as amostras foram submetidas a nova mensuração da microdureza ( $KHN_{pós}$ ) e rugosidade ( $Ra_{pós}$ ), com os mesmos parâmetros descritos anteriormente. As amostras foram então armazenadas em saliva artificial (Klimek et al., 1982) por sete dias para estabilização da cor e reidratação das mesmas, após este período as leituras finais de cor, microdureza ( $KHN_{7d}$ ) e rugosidade ( $Ra_{7d}$ ) foram realizadas, conforme previamente descrito.



#### 4.3.8 Mensuração de pH dos géis clareadores

Para mensuração do pH dos géis e degradação do peróxido de hidrogênio, foram preparados 30 espécimes adicionais de coroas íntegras de dentes incisivos bovinos, devido às maiores dimensões das mesmas, necessárias para aquisição de um volume suficiente para permitir a análise. Após limpeza, secção da raiz (Figura 11A), profilaxia das coroas, visando a padronização das amostras, foi demarcada uma área de 2,0 cm x 1,0 cm na região central da face vestibular (Figura 11B), utilizando esmalte de unha. Esta área central permaneceu livre para receber o gel clareador.

Figura 11 - Confeção de espécimes de coroa de dente bovino



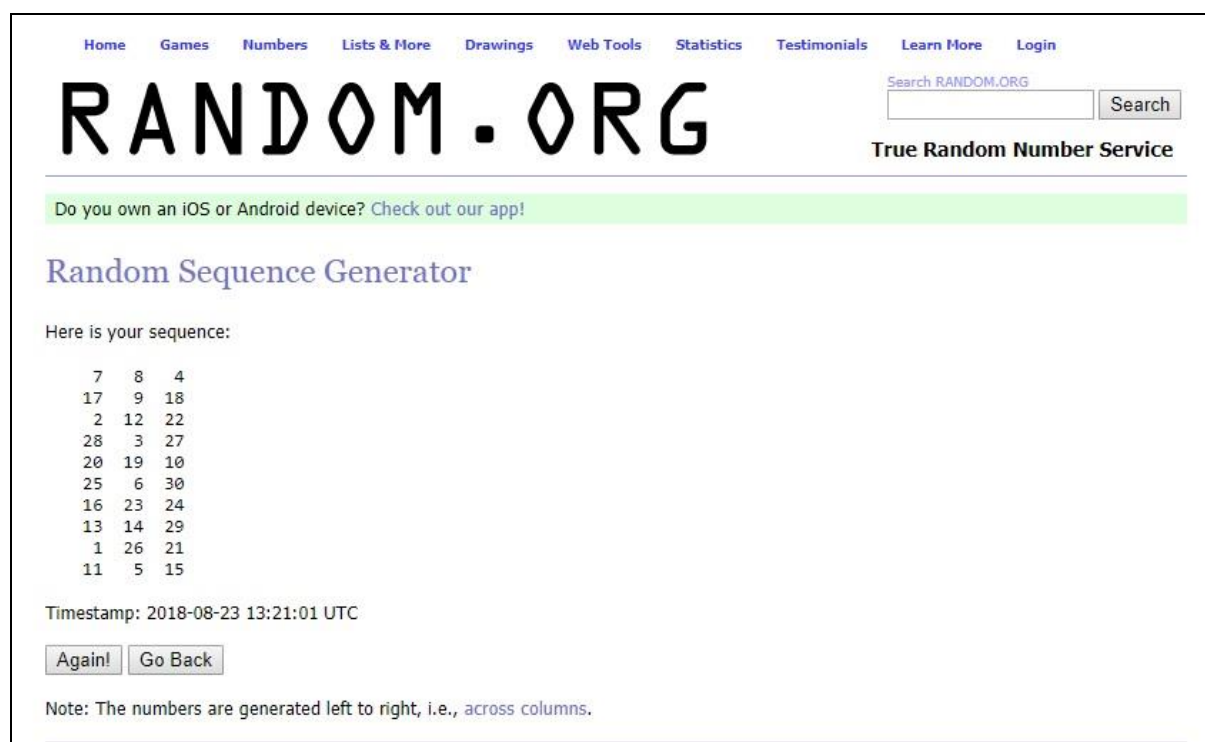
Legenda: a) Separação da coroa e raiz; b) Demarcação da área central da coroa bovina para aplicação do clareador.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os espécimes foram aleatorizados (Figura 12) de acordo com as três marcas de géis já utilizado anteriormente, sendo que a primeira coluna foi submetida ao tratamento clareador com Whiteness HP, a segunda coluna o tratamento

clareador foi realizado com Opalescence Boost e a terceira coluna foi realizado o tratamento clareado com Pola Office Plus.

Figura 12 - Aleatorização das amostras de coroa de dente bovino pelo software online RANDOM



Home Games Numbers Lists & More Drawings Web Tools Statistics Testimonials Learn More Login

# RANDOM.ORG

Search RANDOM.ORG

True Random Number Service

Do you own an iOS or Android device? [Check out our app!](#)

## Random Sequence Generator

Here is your sequence:

7	8	4
17	9	18
2	12	22
28	3	27
20	19	10
25	6	30
16	23	24
13	14	29
1	26	21
11	5	15

Timestamp: 2018-08-23 13:21:01 UTC

Note: The numbers are generated left to right, i.e., across columns.

Fonte: RANDOM.ORG – True Random Number Service. <https://www.random.org>.

Foi realizada a mensuração do pH inicial dos géis clareadores com pHmetro (SevenMulti, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Suíça) (Figura 13A), munido com um eletrodo (micro pH electrode, Hanna Instruments, EUA) (Figura 13B), que foi previamente calibrado utilizando soluções com pH 4.00 e 6.86. As amostras foram posicionadas com a palatina dos dentes voltada para cima em uma matriz de cera utilidade, para a estabilidade do dente durante o procedimento. Em uma balança analítica (Mettler Toledo -XP 204, São Paulo, Brasil) foi pesado  $\pm 0,050$  g do gel e colocado sobre o dente, formando uma camada uniforme cerca de 2 mm de gel clareador sobre a superfície das amostras quando medido com uma sonda

milimetrada, seguindo os procedimentos clareadores descritos previamente. O pH foi medido nos seguintes tempos:

- Inicial;
- Após 8 minutos;
- Após 15 minutos;
- Após 20 minutos;
- Após 35 minutos;
- Após 40 minutos;
- Após 45 minutos.

Nos momentos de medição do pH do gel clareador, o micro-eletrodo era posicionado em contato com a superfície do dente, onde com o auxílio de uma espátula descartável de plástico, aproximava-se o gel do eletrodo (Figura 13C). Após a medição, com uma nova espátula o gel foi novamente uniformizado na superfície do dente.

Figura 13 - Mensuração do pH dos géis clareadores



Legenda: a) pHmetro; b) Eletrodo; c) Eletrodo em contato com o gel clareador.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3.9 Mensuração da degradação do peróxido de hidrogênio

Para mensuração da concentração do peróxido de hidrogênio presente no gel clareador antes, durante e após o clareamento, foi adotado o método titulométrico, baseando na permanganometria da solução analisada, utilizando os produtos especificados no quadro 1.

Quadro 1 - Descrição dos reagentes que foram utilizados

<b>Produto</b>	<b>Descrição</b>
Ácido sulfúrico	Densidade: $1,840 \pm 0,010$ g/ml a 25°. Código: QMA00001122101000. CAS: 7664-93-9 Lote: 05314 Química moderna Industria e Comercio Ltda – Barueri/SP
Permanganato de potássio	P.M. 158,03 Código: P1011.01. Reg M.S. nº 1.04.214-4 Lote: 120955 LABSYNTH Produtos para Laboratórios Ltda – Diadema/SP
Oxalato de sódio	P.M. 184,23 Código: 01005.01.AF. Reg M.S. nº 1.04.214-4 LABSYNTH Produtos para Laboratórios Ltda – Diadema/SP
Peróxido de hidrogênio (solução)	P.M. 34,01. Código: P029.09.124 Quimesp Química Ltda – Guarulhos/SP

Foi realizada inicialmente a titulação de uma solução de peróxido de hidrogênio de 200 volumes, por meio de uma tituladora automática (HI 902 – Hanna

Instruments – Rhodelsland, EUA) (Figura 14A). Um padrão primário à base de oxalato de sódio foi empregado para padronizar a solução de  $\text{KMnO}_4$ , pelo fato de o permanganato de potássio não ser um reagente primário padrão e ser instável. Foi dispensada pela tituladora a solução de permanganato, em um recipiente contendo 25 ml do padrão oxalato de sódio e 20 ml de ácido sulfúrico. A reação foi finalizada quando a solução de oxalato de sódio (transparente) apresentou uma coloração roxa constante. Então, por meio do volume do permanganato gasto, foi calculado o fator de correção, sendo esse valor utilizado para calcular a concentração de peróxido posteriormente.

O fator de correção foi calculado por meio da fórmula:

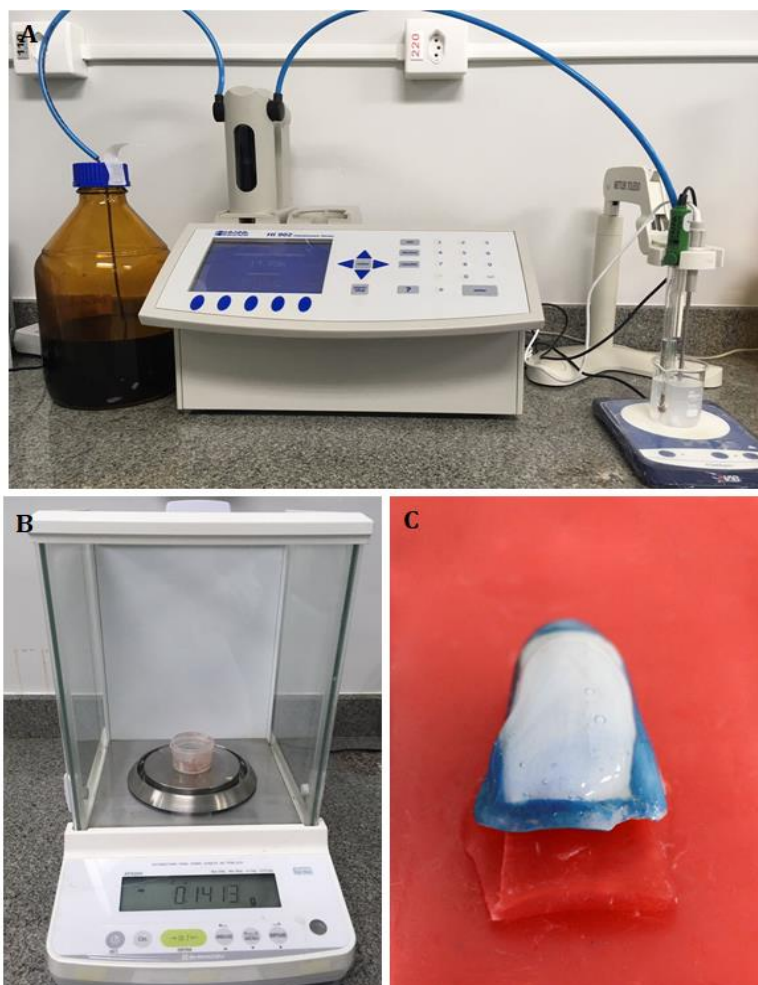
$$F_c = 25/V$$

Em que:  $F_c$  é o fator de correção da solução de permanganato de potássio; e  $V$  é o volume gasto de permanganato de potássio.

Após a verificação do volume da solução de permanganato, iniciou-se a titulação para análise da concentração de peróxido presente nos diferentes géis clareadores.

Previamente, as amostras de géis foram pesadas em uma balança analítica (Mettler Toledo -XP 204, São Paulo, Brasil) e deveriam ter um peso de no mínimo 0,100 g (Figura 14B). As amostras de dentes bovinos foram posicionadas em uma matriz de cera utilidade com a face vestibular voltada para cima e com uma espátula de plástico descartável, foi colocado o gel clareador anteriormente pesado, na superfície da face vestibular, sobre a área demarcada, padronizando a quantidade de material (Figura 14C).

Figura 14 - Mensuração da concentração de peróxido de hidrogênio no gel clareador



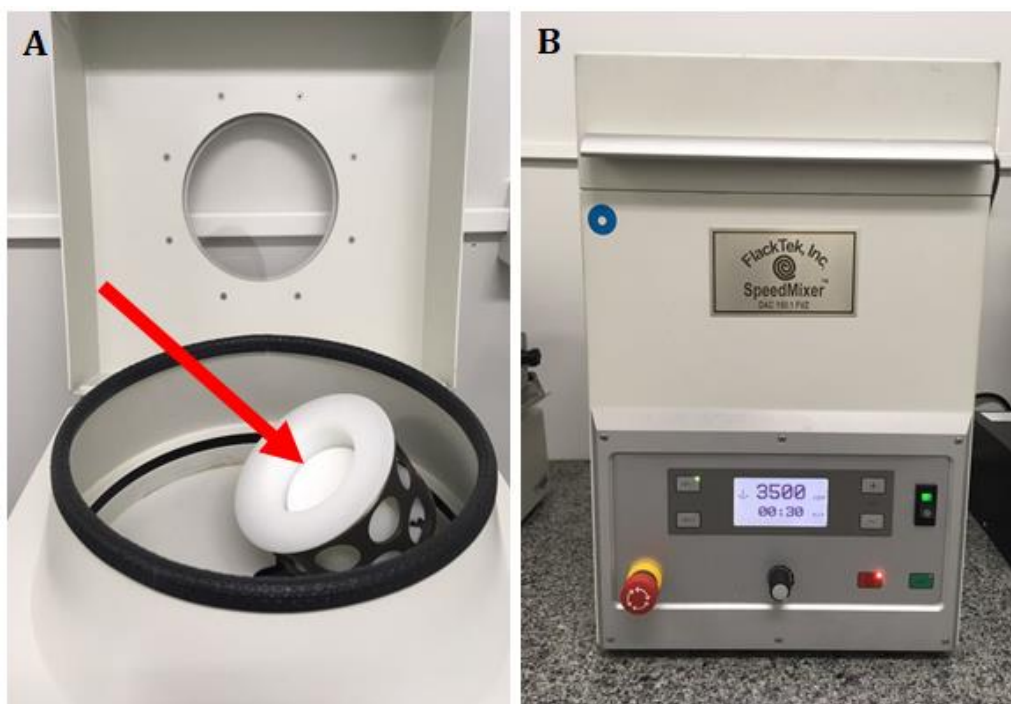
Legenda: a) Tituladora; b) Pesagem do gel clareador; c) Colocação do gel clareador na superfície da face vestibular.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a colocação do gel em posição na amostra de dente bovino, foram realizadas duas leituras iniciais da concentração de peróxido de hidrogênio do gel. Para a titulação, foi calculada a necessidade de uma quantidade mínima de 0,020 g de gel para cada leitura.

Após a pesagem do gel, foram adicionados 10 ml de água ultrapura com uma pipeta automática (HLT, Labmate International, Hertfordshire, Reino Unido), para que o gel pudesse ser diluído. Este recipiente era compatível ao misturador do tipo centrífuga dual assimétrica (Speed Mixer DAC 150.1 FVZ – Hauschild Engineering, Maarastra, Índia). O recipiente foi acoplado na centrífuga (Figura 15A) e a mistura foi programada para 3500 rpm por 30 segundos (Figura 15B).

Figura 15 - Diluição do gel clareador



Legenda: a) Fechamento do recipiente com uma tampa correspondente e encaixe na centrífuga; b) Equipamento pronto para iniciar o procedimento de diluição do gel clareador por 30 segundos.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a diluição da amostra, a mesma foi depositada em um frasco Becker de 50 ml contendo 20 ml de ácido sulfúrico, posicionado em um agitador magnético junto com o termômetro e o eletrodo da tituladora, estando em contato com a solução (Figura 16A).

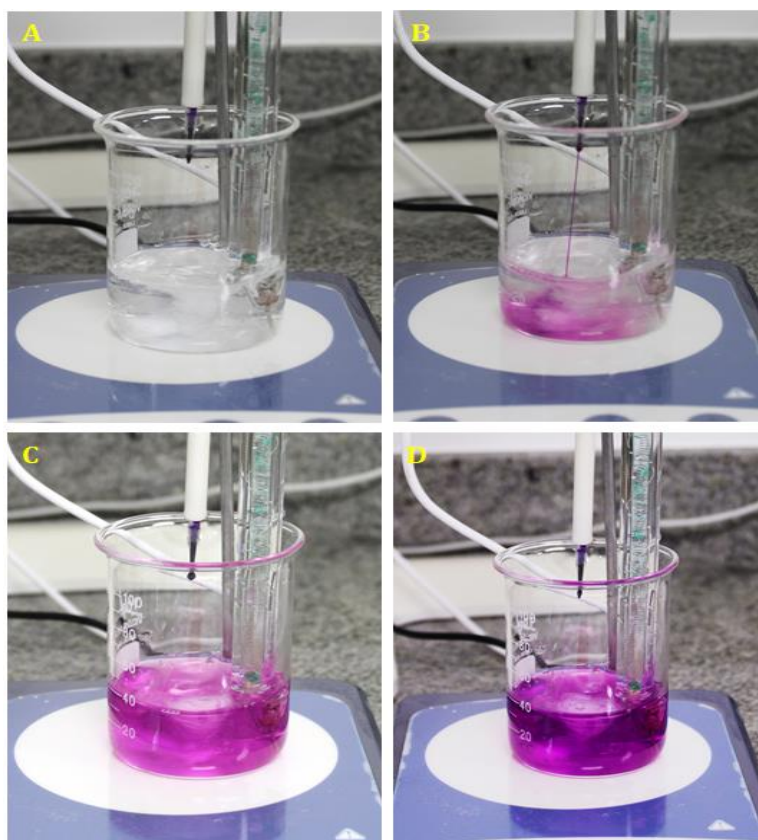
Na tituladora, o peso da amostra foi registrado manualmente, para assim a titulação ser iniciada. Inicialmente a solução se apresentava transparente. Foram então depositadas alíquotas da solução de permanganato de potássio (coloração roxa) (Figura 16B) sobre a solução inicial, até o momento em que a reação atingia seu pico (quando a solução de peróxido de hidrogênio e ácido sulfúrico transparente se tornavam de coloração rósea irreversível) (Figura 16C e D).

A concentração de peróxido de hidrogênio foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$C=V.1,701.Fc.100/m$$

Em que: C é a concentração de peróxido de hidrogênio; V é o volume de permanganato de potássio 0,1 N gasto na titulação em ml; Fc é o fator de correlação da solução de permanganato de potássio 0,1 N; e m é a massa da amostragem em mg. A degradação do peróxido foi calculada comparando-se a concentração final com a inicial.

Figura 16 - Titulação do gel clareador



Legenda: a) Solução no frasco, com agitador magnético, eletrodo e termômetro da tituladora; b) deposição da solução de permanganato de potássio; c) Momento em que a reação inicia atingir seu pico; d) Momento em que a reação se estabiliza.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Foi realizada a medida da concentração de peróxido de hidrogênio inicial presente nos diversos géis clareadores. Foram realizadas duas medidas em cada determinado tempo:

- Inicial;



- Após 8 minutos;
- Após 15 minutos;
- Após 20 minutos;
- Após 35 minutos;
- Após 40 minutos;
- Após 45 minutos.

Após finalizada esta etapa, foi possível identificar exatamente o ponto em que a reação de óxido-redução teve seu ponto de viragem, na qual foi possível identificar a concentração de peróxido precisa na amostra, desde o momento que se iniciou o procedimento clareador, até os 45 minutos seguintes.

#### **4.4 Delineamento estatístico**

A partir dos objetivos as seguintes hipóteses de nulidade foram levantadas:

***H<sub>01</sub>***: Os diferentes protocolos de aplicação não refletem em diferenças na eficácia clareadora dos géis testados.

***H<sub>02</sub>***: Os diferentes protocolos de aplicação não refletem em diferenças na microdureza da superfície do esmalte.

***H<sub>03</sub>***: Os diferentes protocolos de aplicação não refletem em diferenças na rugosidade superficial do esmalte.

***H<sub>04</sub>***: A degradação do peróxido de hidrogênio não é afetada pelos diferentes protocolos de aplicação.

***H<sub>05</sub>***: O pH do gel clareador não é alterado pelos diferentes protocolos de aplicação.

Os dados obtidos a partir da avaliação da concentração de peróxido de hidrogênio e da avaliação do pH foram submetidos à análise estatística. A estatística descritiva consistiu no cálculo da média e desvio-padrão. Na estatística inferencial

foi aplicado os testes ANOVA de medidas repetidas e teste de comparações múltiplas de Tukey, com nível de significância adotado em todo o estudo de 5%.

#### **4.5 Programas estatísticos utilizados**

Os testes de análise de variância e o teste de multiplas comparações de Tukey utilizados no presente estudo foram realizados no software Statistica for Windows (StatSoft, Tulsa, Oklahoma, EUA). Para um maior detalhamento dos resultados, foi utilizado o software online GraphPad (GraphPad Software, Inc. La Jolla, EUA).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Avaliação da cor

A tabela 1 mostra os valores de média e desvio padrão dos dados de cor  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  e  $\Delta b$  calculados a partir dos dados da leitura de cor inicial comparada com a final.

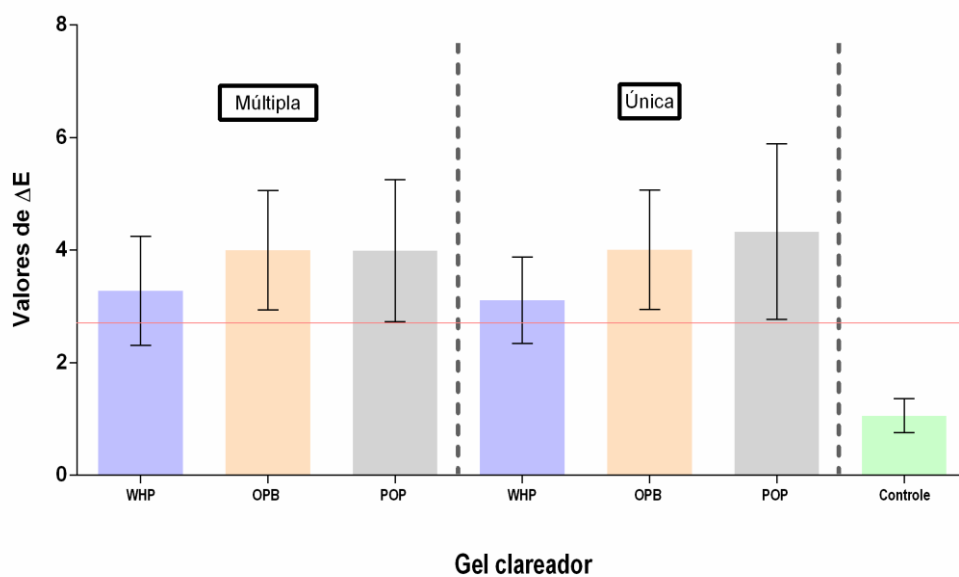
Tabela 1 – Média e desvio padrão (DP) do  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  para os grupos testados

GRUPOS	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
POP U	1,87±1,15	0,23±0,21	-3,81±1,32
POP M	0,59±1,76	0,28±0,21	-3,64±0,88
OPB U	1,61±0,61	0,19±0,24	3,62±1,02
OPB M	1,33±0,48	0,19±0,17	-3,72±1,10
WHP U	0,63±0,64	0,21±0,21	-2,96±0,78
WHP M	0,66±1,34	0,26±0,14	-2,94±0,94
Controle	0,15±0,39	0,01±0,11	-0,93±0,43

Fonte: Elaborada pelo autor.

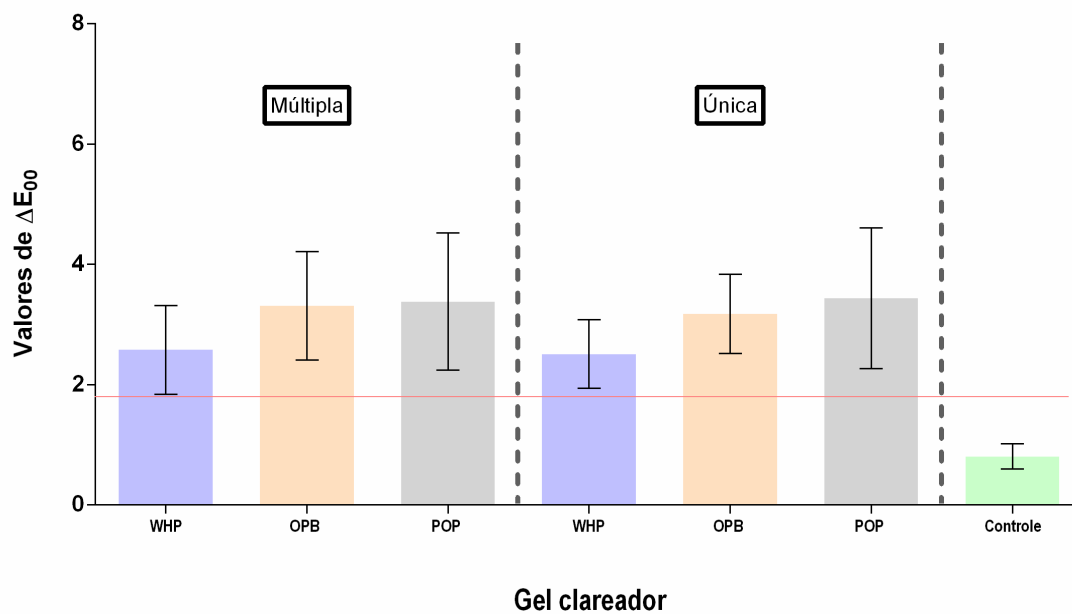
A Figuras 17 e 18 mostram os valores de média e desvio padrão dos dados de cor de  $\Delta E$  e  $\Delta E_{00}$  respectivamente, calculados a partir dos dados da leitura de cor inicial comparada com a final.

Figura 17 – Média dos valores absolutos dos dados de  $\Delta E$  nos grupos estudados (a linha horizontal se refere ao limite de aceitabilidade (2,7))



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 18 – Média dos valores absolutos dos dados de  $\Delta E_{00}$  nos grupos estudados (a linha horizontal se refere ao limite de perceptibilidade (1,8))



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados do teste ANOVA um fator para os dados de  $\Delta E$  e  $\Delta E_{00}$  estão apresentados nas tabelas 2 e 3, respectivamente. Pode-se observar que houve diferença significativa para os grupos testados em ambos os parâmetros ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2 – Resultado do teste ANOVA um fator para os dados de  $\Delta E$

	<b>SS</b>	<b>Grau de liberdade</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Intercept	1214,888	1	1214,888	1065,519	0,0000001
Grupos	112,299	6	18,717	16,415	0,0000001
Error	111,738	98	1,140		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 3 – Resultado do teste ANOVA um fator para os dados de  $\Delta E_{00}$

	<b>SS</b>	<b>Grau de liberdade</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Intercept	792,30	1	792,30	1136,57	0,0000001
Grupos	78,72	6	13,12	18,82	0,0000001
Error	68,31	98	0,69		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados de  $\Delta E$  e  $\Delta E_{00}$  foram então submetidos ao teste de Tukey, evidenciando diferença significativa para todos os grupos testados comparados com o controle, conforme apresentado na tabela 4, demonstrando a eficácia clareadora dos géis testados. O grupo POP U mostrou eficácia clareadora significativamente maior que o WHP U.

Tabela 4- Média e desvio-padrão para os dados de  $\Delta E$  e  $\Delta E_{00}$  e resultados do teste de Tukey (5%)

GRUPOS	$\Delta E$		$\Delta E_{00}$	
	Média	Letra	Média	Letra
POP U	4,33±1,56	A	3,44±1,17	A
POP M	3,99±1,26	AB	3,38±1,14	AB
OPB U	4,01±1,06	AB	3,18±0,66	AB
OPB M	4,00±1,06	AB	3,31±0,90	AB
WHP U	3,11±0,77	B	2,50±0,57	B
WHP M	3,28±0,97	AB	2,58±0,74	AB
Controle	1,06±0,30	C	0,80±0,21	C

\* Letras maiúsculas indicam diferença significativa nas colunas. Letras diferentes nas colunas significam diferença significativa (5%).

Fonte: Elaborada pelo autor.

## 5.2 Avaliação da microdureza

A tabela 5 mostra os valores de média e desvio-padrão de microdureza absoluta medidas para os diferentes grupos nos tempos avaliados.

Tabela 5 – Dados absolutos de alteração de microdureza obtida para os diferentes grupos na leitura inicial ( $KHN_{inicial}$ ) após o clareamento ( $KHN_{pós}$ ) e após uma semana ( $KHN_{7d}$ )

<b>GRUPOS</b>	<b><math>KHN_{inicial}</math></b>	<b><math>KHN_{pós}</math></b>	<b><math>KHN_{7d}</math></b>
POP U	331,64±18,18	288,48±24,74	320,27±21,53
POP M	327,05±18,09	291,26±25,48	302,88±33,06
OPB U	327,50±16,79	297,17±17,96	321,55±16,43
OPB M	329,18±16,07	291,67±22,48	319,58±23,17
WHP U	333,98±13,91	303,32±11,40	316,95±7,88
WHP M	328,29±15,42	291,91±13,23	313,70±13,76
Controle	333,99±14,07	330,46±14,73	332,30±14,18

Fonte: Elaborada pelo autor.

A tabela 6 mostra o resultado do teste ANOVA de medidas repetidas para os dados de alteração da microdureza do esmalte. Observa-se diferença significativa para ambos os fatores grupos e tempo, bem como para a interação entre os mesmos ( $p < 0,05$ ).

Tabela 6 – Resultado do teste Anova de medidas repetidas para os dados de microdureza superficial

	<b>SS</b>	<b>Grau de liberdade</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Intercept	1840259	1	1840259	24977,09	0,000001
Grupos	1349	6	225	3,05	0,008862
Error	7220	98	74		
TEMPO	1747	1	1747	114,01	0,000001
TEMPO*Grupos	453	6	75	4,92	0,000194
Error	1502	98	15		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados de alteração da microdureza foram então submetidos ao teste de Tukey, observando-se diferença significativa no período pós clareamento para o grupo POP U comparado ao controle. No período após 7 dias, não houve diferença significativa entre os grupos. Quando se comparou os dois períodos de tempo nos mesmos grupos de clareadores, observou-se que os grupos POP M, WHP U e controle não apresentaram variação de microdureza significativa (5%).

Tabela 7- Média e desvio-padrão para alteração de microdureza após o clareamento (%KHN<sub>pós</sub>) e após uma semana (%KHN<sub>7d</sub>) e resultados do teste de Tukey para a interação entre os fatores grupos e tempo

GRUPOS	%KHN <sub>pós</sub>	%KHN <sub>7d</sub>
POP M	89,12±7,03 ABa	92,65±9,25 Aa
POP U	87,24±8,84 Aa	96,73±6,86 Ab
OPB M	88,79±7,90 ABa	97,26±8,06 Ab
OPB U	90,94±6,88 ABa	98,56±8,98 Ab
WHP M	89,07±5,33 ABa	95,70±5,36 Ab
WHP U	90,98±5,30 ABa	95,04±4,34 Aa
Controle	98,93±0,87 Ba	99,49±1,28 Aa

\* Letras maiúsculas indicam diferença significativa nas colunas e letras minúsculas, nas linhas (5%).  
Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.3 Avaliação da rugosidade

A tabela 8 mostra os valores de média e desvio padrão dos dados de rugosidade absoluta medidas nos diferentes tempos avaliados.



Tabela 8 – Média e desvio-padrão dos valores de rugosidade absoluta observada entre os grupos nos diferentes tempos testados

<b>GRUPOS</b>	<b>Ra<sub>inicial</sub></b>	<b>Ra<sub>pós</sub></b>	<b>Ra<sub>7d</sub></b>
POP U	0,0215±0,006	0,0250±0,004	0,0229±0,003
POP M	0,0218±0,004	0,0219±0,004	0,0218±0,004
OPB U	0,0240±0,006	0,0240±0,005	0,0240±0,006
OPB M	0,0215±0,004	0,0221±0,005	0,0212±0,002
WHP U	0,0229±0,006	0,0238±0,006	0,0232±0,005
WHP M	0,0220±0,006	0,0221±0,005	0,0220±0,006
Controle	0,0223±0,006	0,0234±0,005	0,0233±0,006

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados foram analisados quanto a normalidade. A aplicação do teste ANOVA de medidas repetidas mostrou diferença significativa para o fator tempo ( $p < 0,05$ ), conforme evidenciado na tabela 9. Não houve diferença significativa para os grupos avaliados.

Tabela 9 – Resultado do teste ANOVA de medidas repetidas para os dados de rugosidade superficial

	<b>SS</b>	<b>Grau de liberdade</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Intercept	0,163014	1	0,163014	2010,365	0,000001
Grupos	0,000214	6	0,000036	0,441	0,850033
Error	0,007946	98	0,000081		
TEMPO	0,000046	2	0,000023	4,275	0,015235
TEMPO*Grupos	0,000076	12	0,000006	1,173	0,305003
Error	0,001054	196	0,000005		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados de alteração da rugosidade para o fator tempo foram então submetidos ao teste de Tukey, observando-se que os grupos avaliados imediatamente após o clareamento apresentaram valores de alteração da rugosidade significativamente maiores que após sete dias de armazenamento em saliva artificial (5%).

Tabela 10 - Média e desvio-padrão para alteração de rugosidade superficial após o clareamento (%Ra<sub>pós</sub>) e após uma semana (%Ra<sub>7d</sub>) e resultados do teste de Tukey para o fator tempo

<b>Grupos</b>	<b>%Ra<sub>pós</sub></b>	<b>%Ra<sub>7d</sub> *</b>
POP M	101,73±12,86	100,89±9,26
POP U	123,66±36,03	111,72±22,62
OPB M	103,37±19,36	100,86±14,44
OPB U	101,54±13,65	99,89±7,92
WHP M	102,94±11,97	101,72±14,18
WHP U	106,04±21,30	103,09±20,74
Controle	105,89±9,37	104,94±7,49

\*Diferença significativa para o fator tempo (período 7d comparado ao período pós-clareamento) (p<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **5.4 Avaliação da degradação do peróxido de hidrogênio**

A média e desvio-padrão da degradação e a concentração do peróxido de hidrogênio de cada gel clareador estão representados na tabela 11.

Tabela 11 - Médias e desvio padrão (DP) de degradação (D) e concentração de peróxido de hidrogênio (C) de cada gel clareador testado

Tempo (min)	OPB		WHP		POP	
	C (%)	D (%)	C (%)	D (%)	C (%)	D (%)
Inicial	41,31±0,17	100,00±0	36,63±0,16	100,00±0	36,28±0,29	100,00±0
8	41,19±0,14	99,07±0,36	36,26±0,14	98,98±0,27	35,70±0,21	98,39±0,49
15	40,57±0,39	97,34±0,99	35,67±0,028	97,37±0,76	35,93±0,34	96,27±1,23
20	40,00±0,26	95,99±0,68	34,88±0,41	95,21±0,98	34,87±0,36	94,42±1,24
32	39,42±0,24	94,59±0,60	34,32±0,36	93,69±1,01	33,48±0,43	92,30±1,62
40	38,92±0,25	93,40±0,86	33,54±0,60	91,55±1,56	32,84±0,19	90,52±1,11
45	38,45±0,28	92,28±0,93	32,74±0,40	89,37±1,22	32,29±0,17	89,01±0,96

Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise estatística referente à degradação foi feita a partir dos valores percentuais dos dados de concentração inicial de peróxido de hidrogênio de cada gel clareador, considerando que a concentração inicial (C.I.) dos géis é de 100% do valor absoluto.

O teste ANOVA dois fatores medidas repetidas foi aplicado a fim de se verificar diferença entre os fatores estudados. Houve diferença significativa para os fatores: gel clareador, tempo e interação ( $p < 0,05$ ) (Tabela 12).

Tabela 12 – Resultado do teste ANOVA dois fatores medidas repetidas

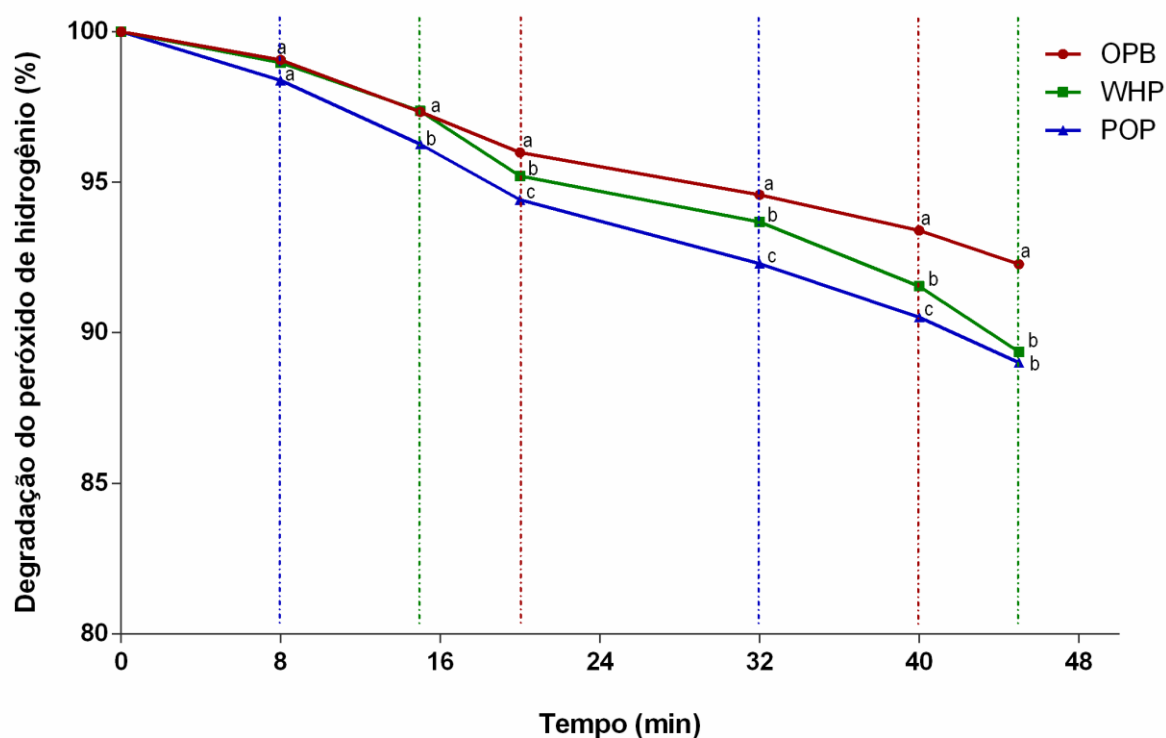
Fator	Grau de liberdade	p
Tempo	88	0,0001
Clareador	53,727	0,0002
Interação	2,141	0,0001

Fonte: Elaborada pelo autor.

O teste de Tukey mostrou que nos primeiros 8 minutos, não houve diferença na porcentagem de degradação entre eles. A degradação do peróxido, foi, em média, 98,81%. Após 15 minutos, o gel clareador POP apresentou degradação significativamente diferente (96,27%) em relação aos outros dois produtos. Nos demais tempos avaliados (20, 32 e 40 minutos), os géis clareadores apresentaram padrão de degradação diferentes e somente nos 45 minutos de avaliação OPB apresentou menor degradação quando comparado aos demais produtos (Figura 19).

A Figura 19 apresenta o padrão de degradação do peróxido de hidrogênio entre os grupos durante os tempos, mostrando uma relação linear entre a degradação e o tempo, de acordo com o teste de Correlação de Pearson.

Figura 19 – Porcentagem da degradação de peróxido de hidrogênio em cada gel clareador nos referidos tempos testados



Legenda: Letras minúsculas mostram diferença entre os géis clareadores em determinado tempo, de acordo com o teste de Tukey (5%).

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 19 mostra a porcentagem da degradação nos referidos tempos estudados, evidenciando os períodos de tempo que os fabricantes indicam a troca do gel durante as sessões clareadoras.

## 5.5 Avaliação do pH

A média e desvio-padrão dos valores absolutos de pH e a porcentagem da diferença entre o pH inicial do gel clareador (pH inicial 100%) e o pH dos referidos tempos testados estão representados na tabela 13.

Tabela 13 - Médias e desvio-padrão dos valores absolutos e da variação de pH de cada gel clareador nos diferentes tempos testados

Tempo (min)	OPB		WHP		POP	
	pH	% variação	pH	% variação	pH	% variação
Inicial	7,82 ±0,11	100,00±0	6,83 ±0,07	100,00±0	8,09±0,09	100,00±0
8	7,85 ±0,10	100,37±0,48	6,27±0,10	91,82±1,16	8,04±0,09	99,41±0,43
15	7,90±0,10	101,04±0,77	6,08±0,08	89,11±1,02	8,01±0,09	99,04±0,46
20	7,94±0,09	101,58±1,31	5,94±0,08	87,07±0,98	7,98±0,08	98,62±0,55
32	7,94±0,10	101,52±1,72	5,88±0,06	86,21±0,84	7,94±0,07	98,06±0,45
40	7,90±0,08	101,10±1,64	5,84±0,06	85,51±0,90	7,90±0,07	97,67±0,46
45	7,87±0,07	100,71±1,60	5,81±0,06	85,07±0,94	7,88±0,07	97,37±0,53

Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise estatística referente à mensuração do pH foi feita a partir dos valores absolutos dos dados. O teste ANOVA dois fatores medidas repetidas foi aplicado a fim de se verificar diferença entre os fatores estudados. Houve diferença significativa para os fatores: gel clareador, tempo e interação ( $p < 0,05$ ) (Tabela 14).

Tabela 14 – Resultado do teste ANOVA dois fatores medidas repetidas para os dados de pH

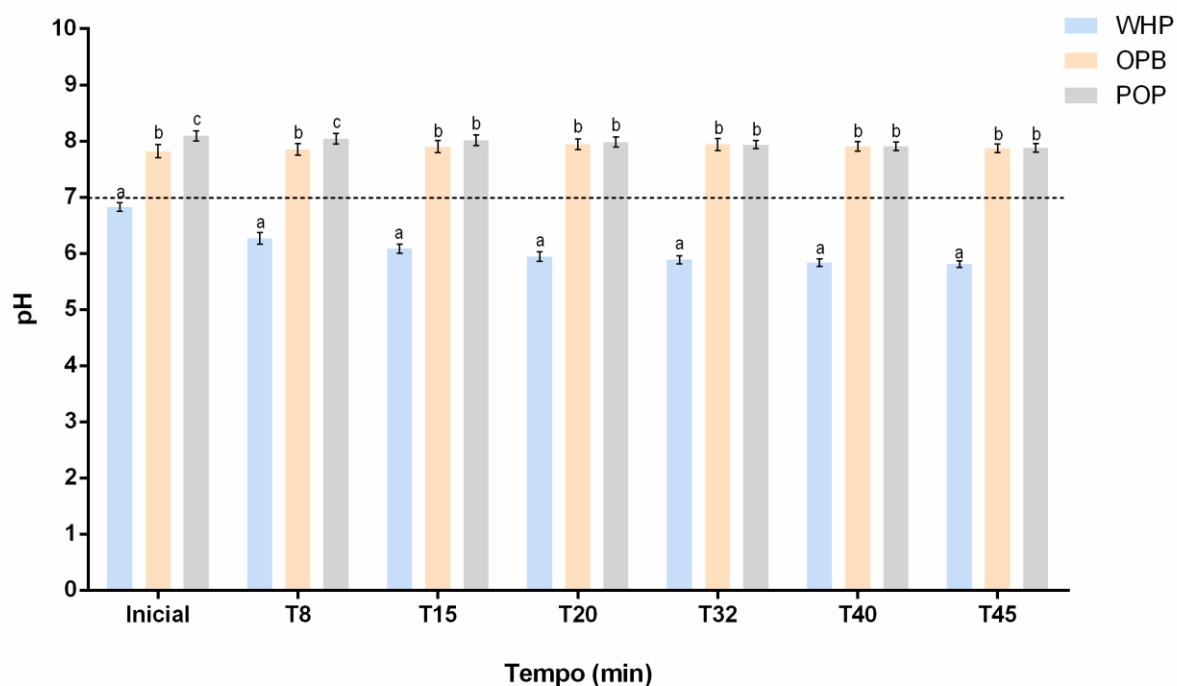
<b>Fator</b>	<b>Grau de liberdade</b>	<b>p</b>
Tempo	1,894	0,0001
Clareador	94,20	0,0001
interação	3,035	0,0001

Fonte: Elaborada pelo autor.

O teste de Tukey mostrou que nos primeiros quinze minutos, houve diferença nos valores de pH entre os géis clareadores. Após 15 minutos, WHP apresentou os menores valores de pH no decorrer de todo o estudo quando comparado aos outros dois géis. Tanto OPB quanto o POP apresentaram pH acima de 7 durante todo o estudo (Figura 19).

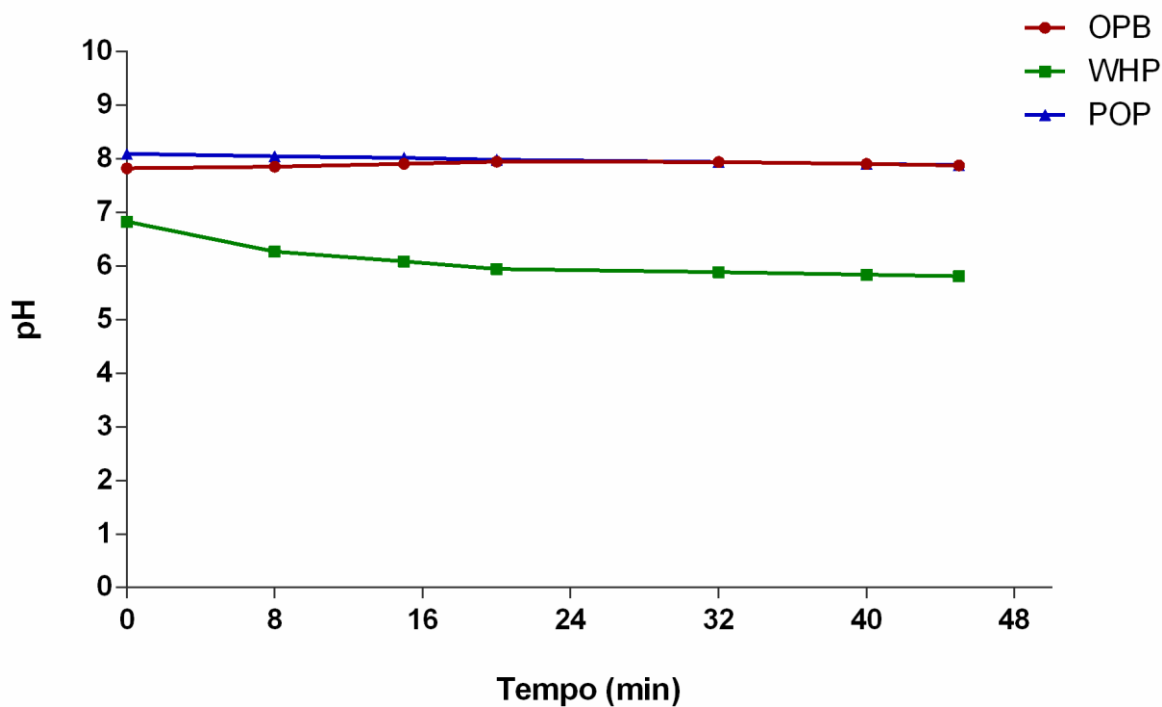
De acordo com o teste de Correlação de Pearson, tanto POP quanto OPB apresentaram tendência polinomial entre os valores de pH e os referidos tempos estudados. Os valores de WHP apresentam uma relação linear entre os valores de pH e o tempo (Figura 20).

Figura 20 - Teste de Tukey diferença de valores de pH entre os géis clareadores no mesmo tempo



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 21 – Variação do pH dos diferentes géis nos referidos tempos estudados



Fonte: Elaborada pelo autor.

## 6 DISCUSSÃO

Para a elaboração deste estudo, foram selecionados dentes bovinos para a confecção dos espécimes. Embora o esmalte bovino apresente algumas características morfológicas que o difere do esmalte humano, como por exemplo o a forma dos cristais de hidroxiapatita, que se apresenta oval e estreito no bovino, diferente da forma arredondada dos mesmos no dente humano, estudos mostram que os dentes bovinos devem ser os substitutos de primeira escolha em pesquisa, pois são eles os que mais se assemelham em relação a sua característica, quando se julga a quantidade de matéria orgânica e inorgânica presente na estrutura. Além disso os dentes bovinos têm um tamanho relativamente grande quando comparado com os dentes humanos, são fáceis de obter em maior quantidade, e com bom estado de superfície, sem a presença de lesões de cárie e outros defeitos (Yassen et al., 2011; Teruel et al., 2015).

O mecanismo de ação dos agentes clareadores tem sido atribuído à ação oxidativa promovida pelos radicais livres sobre os cromóforos presentes na estrutura dental, que promovem o rompimento das cadeias macromoleculares longas, transformando-as em moléculas menos complexas e conseqüentemente, ocorrendo a alteração de sua característica óptica, diminuindo a absorção de luz dessas moléculas, criando um efeito visual de clareamento da estrutura dental (Joiner, 2006; Borges et al., 2015).

Neste estudo, verificou-se eficácia clareadora dos géis testados, pois todos os grupos apresentaram alteração de cor ( $\Delta E$  e  $\Delta E_{00}$ ) significativamente maior que o grupo controle após a sessão de clareamento. Além disso, a aplicação única ou múltipla dos géis testados não resultou em diferença significativa quanto à alteração de cor dos dentes, desta forma, aceitou-se a primeira hipótese de nulidade. A mudança de cor do substrato deve-se à alteração dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , medidos antes e após o procedimento. Como podemos perceber no presente estudo, houve aumento no valor de  $L^*$  (luminosidade) com todos os géis, nos quais se observa que a luminosidade dos dentes clareados tendeu para o branco (Tabela 1). Observou-se também uma diminuição dos valores de  $b^*$ , indicando que os dentes ficaram menos amarelos. Ambos os parâmetros  $L^*$  e  $b^*$  afetam o efeito clareador, no



entanto, acredita-se que a maior contribuição seja dada pelo valor de  $b^*$ , ou seja, o desamarelamento dental (Yiming, 2003).

Neste estudo, foram calculados os valores de  $\Delta E$  e  $\Delta E_{00}$  para avaliação da alteração de cor, obtendo-se resultados estatísticos semelhantes para ambos os parâmetros. O uso da fórmula para cálculo do  $\Delta E_{00}$  tem sido proposta como uma alternativa para corrigir o fator de rotação, usado para corrigir a interação entre o croma e diferenças de matiz na região azul (Lee, 2005; Gómez-Polo et al., 2016). Em todos os grupos clareados, foram obtidos valores de  $\Delta E$  maiores que 2,7 e de  $\Delta E_{00}$ , de 1,8 que são considerados os limites de aceitabilidade para alteração de cor. Quando a diferença de cor é considerada aceitável por pelo menos 50% dos observadores, ou seja, corresponde ao limite de 50% de aceitabilidade (Paravina et al., 2015; Gómez-Polo et al., 2016).

O tratamento clareador pode causar alterações químicas e morfológicas nas estruturas mineralizadas do dente. Estas alterações são atribuídas à modificação na composição das estruturas dentárias após o tratamento com agentes clareadores, que reduzem a quantidade de cálcio e fósforo, podendo também modificar também a morfologia dos cristais presentes na camada superficial do esmalte (Attin et al., 2004; Sulieman et al., 2004; Carey, 2014). Estudos *in vitro* prévios mostraram redução dos valores de microdureza do esmalte e da dentina após o clareamento, mesmo com o uso de géis com pH neutro (Borges et al., 2010). Este efeito está relacionado à oxidação do peróxido de hidrogênio sobre a superfície do esmalte, agindo na fase orgânica do esmalte, assim podendo ter uma maior queda da microdureza quando se trata de um agente clareado de baixo pH, embora a presença de saliva, fluoretos ou outras soluções remineralizantes tenham sido capazes de manter um equilíbrio entre os processos de remineralização e desmineralização (Borges et al., 2009; Borges et al., 2010; De Abreu et al., 2011; Eva et al., 2013; Borges et al., 2014).

No presente estudo, podemos observar houve diferença significativa em relação à microdureza após o clareamento e após sete dias de armazenamento na saliva para alguns grupos testados (POP U, OPB U, OPB M, WHP M). No entanto, quando se compara os grupos de mesmo gel com aplicação única e múltipla, não existem diferenças significantes, aceitando-se a segunda hipótese de nulidade (Tabela 7). Há que se ressaltar que, de acordo com a norma ISO 28399, o potencial

aceitável de redução de microdureza após uma sessão clareadora é de no máximo 10%. Valores próximos ou menores que este foram observados em todos os grupos. Ainda, após sete dias, todos os grupos apresentaram reversão desta queda, com valores similares aos do grupo controle não clareado. Assim, pode-se comprovar que a saliva exerce de fato efeito remineralizante, conforme observado em estudos prévios (Borges et al., 2010; De Abreu et al., 2011) e, portanto, sugere-se que esta alteração mínima não resulte em relevância clínica.

Com relação à rugosidade, não houve diferença entre os grupos testados, aceitando-se também a terceira hipótese de nulidade testada. De uma forma geral, todos os géis levaram a uma redução significativa nos valores de rugosidade medida logo após o procedimento clareador, independentemente de sua concentração e tempo de aplicação (Tabela 10). No entanto, deve-se considerar os baixos valores médios de alteração de rugosidade (variando de 99,89% a 123,66%). De fato, embora as alterações superficiais tenham sido mostradas anteriormente após o clareamento (Grazioli et al., 2018), a exposição contínua ao procedimento clareador e à saliva em situações clínicas não mostrou alterações significativas na rugosidade superficial (Cadenaro et al., 2010).

O uso do peróxido de hidrogênio como agente clareador é relatado na literatura desde 1884, quando Harlan o introduziu na Odontologia sob a forma de solução (Fasanaro, 1992; Haywood, 1992). Com a evolução das técnicas e produtos clareadores, foram desenvolvidos para a técnica de consultório os géis a base de peróxido de hidrogênio, em concentrações entre 20 a 40%. O período de aplicação varia em geral a cerca de 24 a 45 minutos, com uma ou duas trocas de gel durante a sessão (Joiner, 2006).

Desta forma, observa-se no mercado odontológico diferentes apresentações de géis clareadores, que possuem concentrações similares ou não e protocolos de utilização distintos. No entanto, são escassas as evidências na literatura que demonstrem a dinâmica de degradação do peróxido de hidrogênio, associada a alteração do pH do gel durante o procedimento clareador, fatores importantes que justificariam trocas do gel durante uma mesma sessão clínica. Em estudo laboratorial, observou-se que a troca do gel exerceu baixa influência no efeito clareador, quando testados géis à base de peróxido de hidrogênio a 35% (Caneppele et al., 2015). O resultado da degradação do peróxido de hidrogênio dos

géis clareadores testados no presente estudo, por meio da tituladora, mostrou que no grupo OPB a média inicial da concentração de peróxido de hidrogênio do grupo era 41,67%, e após 20 minutos (recomendação da troca do gel clareador segundo o fabricante) o gel apresentou média de concentração de 40,0%, ou seja, equivalente a 95,99% da concentração inicial. Já o WHP iniciou com 36,63% e aos 15 minutos (recomendação da troca do gel clareador segundo o fabricante) o gel estava com uma concentração de peróxido de hidrogênio à 35,67%, equivalente à 97,37% da concentração inicial. O grupo POP iniciou com 36,28% de peróxido de hidrogênio, e aos 8 minutos (recomendação da troca do gel clareador segundo o fabricante) o gel estava com uma concentração à 35,7%, equivalente a 98,39% da concentração inicial. Embora tenha sido observada redução significativa da concentração do peróxido de hidrogênio, há que se ressaltar que a concentração ainda permaneceu alta no final do período analisado (45 minutos), sendo esta redução de no máximo 4% da concentração inicial.

Desta forma, sabendo-se que no período de troca do gel, a concentração de peróxido no gel clareador ainda é alta, pode-se sugerir que não há a necessidade da troca do mesmo quando se refere ao seu padrão de degradação. As bulas dos fabricantes dos géis testados neste estudo não especificam a justificativa e importância da troca no tempo determinado.

A marca comercial Whiteness HP Blue Calcium (FGM), que é um gel clareador de aplicação única, possui na sua bula a explicação sobre as gerações anteriores de clareadores, os quais não possuem a tecnologia de catalizadores estáveis, por tanto, necessitam que seja trocado no tempo determinado.

Durante a aplicação dos géis, foi feita a agitação dos mesmos com uma sonda exploradora, pois a formação de bolhas no gel poderia reduzir o contato do mesmo com a estrutura dental, portanto, eliminando esse potencial fator de alteração.

Ainda, a presença de saliva é um importante fator quando se trata de degradação do gel clareador, o que é relevante no clareamento caseiro. No entanto, na técnica de consultório não existe o contato com a saliva, pois o procedimento é realizado sob isolamento absoluto ou relativo com barreira gengival fotopolimerizável, sendo este fator de pouca relevância no presente estudo. Isto ainda pode estar relacionado à baixa degradação dos géis clareadores na técnica de

consultório comparada à técnica caseira. Foi observada degradação de cerca de 47% do gel clareador de peróxido de hidrogênio a 10% após 30 minutos de uso da moldeira (Mailart et al., 2019).

Visando a eficácia clareadora, sem afetar de forma significativa a composição mineral do esmalte, preconiza-se o uso de géis neutros a fim de reduzir o efeito erosivo sobre o esmalte, evitando sua desmineralização (Borges et al., 2012; Torres et al., 2013; Torres et al., 2014). Nos resultados deste estudo, a leitura do pH mostrou que o grupo OPB, iniciou o processo clareador com 7,82 e aos 20 minutos seu pH teve um aumento para 7,94, comprovando uma estabilidade durante o período do clareamento. O grupo WHP iniciou o processo clareador com pH 6,84 e aos 15 minutos seu pH teve uma pequena queda para 6,08. Já o grupo POP iniciou o clareamento com um pH 8,0 permanecendo estável após 8 minutos. Desta forma, observa-se que nos períodos avaliados com os diferentes géis, estes se mantêm estáveis ou apresentam uma pequena queda de pH, mas clinicamente este fator pode ser considerado irrelevante para que justifique a troca dos géis clareadores durante a sessão.

Embora o pH de 5,5 seja considerado crítico para a desmineralização do esmalte considerando o fluido do biofilme no processo cariioso, o mesmo não se aplica diretamente ao processo de desmineralização do esmalte durante o procedimento clareador. Sabe-se que quando utilizados géis clareadores com pH ácido, efeitos deletérios mais evidentes e severos são observados na superfície do esmalte, como por exemplo aumento do potencial de sensibilidade dentária, podendo envolver a superfície do esmalte com uma perda significativa da microdureza e um aumento da rugosidade superficial (Sulieman et al., 2004; Sun et al., 2011; Magalhães et al., 2012). Desta forma, a tendência é utilizarmos géis com pH mais próximos ao neutro, na tentativa de se minimizar este potencial deletério. No entanto, existem relatos que mesmo os géis clareadores que apresentam pH neutro ou alcalino podem ser capazes de desmineralizar a superfície do esmalte (Chen et al., 1993; Magalhães et al., 2012; Jurema et al., 2018). Isto ocorre devido ao potencial de oxidação do peróxido de hidrogênio, que age no conteúdo orgânico da estrutura dental, facilitando a penetração do peróxido de hidrogênio principalmente ao longo das proteínas do esmalte, desnaturando e causando mudanças estruturais nestas proteínas, como a enamelinina e a amelogenina, porque

há uma parte inorgânica mineralizada, sendo ela mais compacta do que a orgânica, e a penetração através dos cristais de hidroxiapatita é provavelmente muito baixa (Hegedus et al., 1999).

Como existe uma conexão entre as proteínas e o conteúdo mineral do esmalte, ocorre a redução da dureza do mesmo, não como consequência do pH, mas sim da oxidação do conteúdo orgânico (Bistey et al., 2007).

Outro fator importante, relacionado ao pH dos géis, se refere ao seu potencial de formação de radicais livres durante seu processo de degradação. Sabe-se que diferentes radicais livres são formados em decorrência de pH distintos. A formação de íon peridroxila é influenciada pelo pH, ou seja, quanto maior for o valor do pH, mais íons serão formados, podendo levar uma maior produção de radicais livres, sendo o anion peridroxil o principal responsável pelos resultados do clareamento dental (Torres et al., 2014; Borges et al., 2015). Desta forma, eventuais alterações de pH poderiam estar relacionadas não apenas ao potencial deletério sobre a estrutura dental, mas também sobre o potencial clareador dos géis.

No entanto, o potencial de alteração do pH foi mínimo, bem como o de degradação dos géis durante o período estudado. Desta forma, a troca dos géis durante a sessão de clareamento não apresenta justificativa relevante com base nos fatores testados, envolvendo não apenas a eficácia clareadora, mas também o potencial deletério ao esmalte dental.

## 7 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que houve diferença significativa na degradação e no pH dos géis clareadores testados durante os períodos de tempo estudados. No entanto, os protocolos de aplicação não interferiram na eficácia clareadora dos géis, bem como na microdureza e rugosidade superficial do esmalte. De uma forma geral, houve mínima degradação e alteração dos pH dos géis durante o período de tempo estudado. Desta forma, diante da metodologia empregada, não existe a necessidade da troca dos géis durante a sessão de clareamento dental.

## REFERÊNCIAS\*

- Alghazali N, Burnside G, Moallem M, Smith P, Preston A, Jarad FD. Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *J Dent*. 2012 Jul;40 Suppl 1:e10-7. doi: 10.1016/j.jdent.2012.04.023. Pubmed PMID: 22561647.
- Alqahtani MQ. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *Saudi Dent J*. 2014 Apr;26(2):33-46. doi: 10.1016/j.sdentj.2014.02.002. Pubmed PMID: 25408594.
- Alshara S, Lippert F, Eckert GJ, Hara AT. Effectiveness and mode of action of whitening dentifrices on enamel extrinsic stains. *Clin Oral Investig*. 2014;18(2):563-9. doi: 10.1007/s00784-013-0981-8. Pubmed PMID: 23616153.
- Attin T, Muller T, Patyk A, Lennon AM. Influence of different bleaching systems on fracture toughness and hardness of enamel. *Oper Dent*. 2004 Mar-Apr;29(2):188-95. Pubmed PMID: 15088731.
- Basson R, Grobler SR, Osman Y. Guidelines for the selection of tooth whitening products amongst those available on the market: material report. *SADJ*. 2013;68(3):122-9. Pubmed PMID: 23951776.
- Basting RT, Amaral FL, Franca FM, Florio FM. Clinical comparative study of the effectiveness of and tooth sensitivity to 10% and 20% carbamide peroxide home-use and 35% and 38% hydrogen peroxide in-office bleaching materials containing desensitizing agents. *Oper Dent*. 2012 Sep-Oct;37(5):464-73. doi: 10.2341/11-337-C. Pubmed PMID: 22616927.
- Ben-Amar A, Liberman R, Gorfil C, Bernstein Y. Effect of mouthguard bleaching on enamel surface. *Am J Dent*. 1995;8(1):29-32. Pubmed PMID: 7546470.
- Bernardon JK, Martins MV, Rauber GB, Junior SM, Baratieri LN. Clinical evaluation of different desensitizing agents in home-bleaching gels. *J Prosthet Dent*. 2016;115(6):692-6. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.10.020. Pubmed PMID: 26794704.
- Bernardon JK, Sartori N, Ballarin A, Perdigão J, Lopes GC, Baratieri LN. Clinical performance of vital bleaching techniques. *Oper Dent*. 2010;35(1):3-10. doi: 10.2341/09-008CR. Pubmed PMID: 20166405.
- Bistey T, Nagy IP, Simo A, Hegedűs C. *In vitro* FT-IR study of the effects of hydrogen peroxide on superficial tooth enamel. *J Dent*. 2007;35(4):325-30. doi: 10.1016/j.jdent.2006.10.004. Pubmed PMID: 17116354.
- Borges AB, Guimarães C, Bresciani E, Ramos CJ, Borges A, Rocha CGT. Effect of incorporation of remineralizing agents into bleaching gels on the microhardness of bovine enamel in situ. *J Contemp Dent Pract*. 2014;15(2):195-201. Pubmed PMID: 25095843.

\* Baseado em: International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Sample References [Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [atualizado 04 nov 2015; acesso em 25 jan 2017]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Disponível em: [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)

Borges AB, Samezima L, Fonseca L, Yui K, Borges ALS, Torres C. Influence of potentially remineralizing agents on bleached enamel microhardness. *Oper Dent*. 2009;34(5):593-7. doi: 10.2341/08-081-L. Pubmed PMID: 19830975.

Borges AB, Torres CR, de Souza PA, Caneppele TM, Santos LF, Magalhaes AC. Bleaching gels containing calcium and fluoride: effect on enamel erosion susceptibility. *Int J Dent*. 2012;2012:347848. doi: 10.1155/2012/347848. Pubmed PMID: 23193404.

Borges AB, Yui K, D'Avila T, Takahashi C, Torres C, Borges ALS. Influence of remineralizing gels on bleached enamel microhardness in different time intervals. *Oper Dent*. 2010;35(2):180-6. doi: 10.2341/09-117-L. Pubmed PMID: 20420061.

Borges AB, Zanatta RF, Barros AC, Silva LC, Pucci CR, Torres CR. Effect of hydrogen peroxide concentration on enamel color and microhardness. *Oper Dent*. 2015 Jan-Feb;40(1):96-101. doi: 10.2341/13-371-L. Pubmed PMID: 25136902.

Bowles WH, Thompson LR. Vital bleaching: the effects of heat and hydrogen peroxide on pulpal enzymes. *J Endod*. 1986;12(3):108-12. doi: 10.1016/S0099-2399(86)80300-4. Pubmed PMID: 3457893.

Braun A, Jepsen S, Krause F. Spectrophotometric and visual evaluation of vital tooth bleaching employing different carbamide peroxide concentrations. *Dent Mater*. 2007;23(2):165-9. doi: 10.1016/j.dental.2006.01.017. Pubmed PMID: 16504281.

Cadenaro M, Navarra CO, Mazzoni A, Nucci C, Matis BA, Di Lenarda R, et al. An in vivo study of the effect of a 38 percent hydrogen peroxide in-office whitening agent on enamel. *J Am Dent Assoc*. 2010;141(4):449-54. Pubmed PMID: 20354095.

Caneppele TMF, Torres CRG, Huhtala MFRL, Bresciani E. Influence of whitening gel application protocol on dental color change. *ScientificWorldJournal*. 2015;2015. doi: 10.1155/2015/420723. Pubmed PMID: 25866839.

Carey CM. Tooth whitening: what we now know. *J Evid Based Dent Pract*. 2014;14:70-6. doi: 10.1016/j.jebdp.2014.02.006. Pubmed PMID: 24929591.

Chen J-H, Xu J-W, Shing C-X. Decomposition rate of hydrogen peroxide bleaching agents under various chemical and physical conditions. *J Prosthet Dent*. 1993;69(1):46-8. Pubmed PMID: 8455167.

Cimilli H, Pameijer CH. Effect of carbamide peroxide bleaching agents on the physical properties and chemical composition of enamel. *Am J Dent*. 2001 Apr;14(2):63-6. Pubmed PMID: 11507801

Da Costa J, McPharlin R, Hilton T, Ferracane J, Wang M. Comparison of two at-home whitening products of similar peroxide concentration and different delivery methods. *Oper Dent*. 2012;37(4):333-9. doi: 10.2341/11-053-C. Pubmed PMID: 22433035.



- Da Costa J, McPharlin R, Paravina R, Ferracane J. Comparison of at-home and in-office tooth whitening using a novel shade guide. *Oper Dent*. 2010;35(4):381-8. doi: 10.2341/09-344-C. Pubmed PMID: 20672721.
- Dagg H, O'connell B, Claffey N, Byrne D, Gorman C. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *J Oral Rehabil*. 2004;31(9):900-4. doi: 10.1111/j.1365-2842.2004.01310.x. Pubmed PMID: 15369473.
- Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching--a critical review of the biological aspects. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2003;14(4):292-304. Pubmed PMID: 12907697.
- De Abreu DR, Sasaki RT, Amaral FLB, Florio FM, Basting RT. Effect of Home-Use and In-Office Bleaching Agents Containing Hydrogen Peroxide Associated with Amorphous Calcium Phosphate on Enamel Microhardness and Surface Roughness. *J Esthet Restor Dent*. 2011;23(3):158-68. 10.1111/j.1708-8240.2010.00394.x. Pubmed PMID: 21649830.
- De Geus J, Wambier L, Kossatz S, Loguercio A, Reis A. At-home vs in-office bleaching: a systematic review and Meta-analysis. *Oper Dent*. 2016;41(4):341-56. doi: 10.2341/15-287-LIT. Pubmed PMID: 27045285.
- Dietschi D, Benbachir N, Krejci I. *In vitro* colorimetric evaluation of the efficacy of home bleaching and over-the-counter bleaching products. *Quintessence Int*. 2010;41(6). Pubmed PMID: 20490393.
- Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 1998;79(3):254-60. Pubmed PMID: 9553875.
- Elfallah HM, Bertassoni LE, Charadram N, Rathsam C, Swain MV. Effect of tooth bleaching agents on protein content and mechanical properties of dental enamel. *Acta Biomater*. 2015 Jul;20:120-8. doi: 10.1016/j.actbio.2015.03.035. Pubmed PMID: 25841347.
- Eva K, Marijan M, Mira R, Ivan S, Katica P, Zrinka T. Surface changes of enamel and dentin after two different bleaching procedures. *Acta Clin Croat*. 2013;52(4.):413-28. Pubmed PMID: 24696990.
- Fasanaro TS. Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. *J Esthet Dent*. 1992;4(3):71-8. Pubmed PMID: 1389350.
- Gómez-Polo C, Muñoz MP, Luengo MCL, Vicente P, Galindo P, Casado AMM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent*. 2016;115(1):65-70. 10.1016/j.prosdent.2015.07.001. Pubmed PMID: 26412001.
- Grazioli G, Valente LL, Isolan CP, Pinheiro HA, Duarte CG, Münchow EA. Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Arch Oral Biol*. 2018;87:157-62. 10.1016/j.archoralbio.2017.12.026. Pubmed PMID: 29304422.

Guan YH, Lath DL, Lilley T, Willmot D, Marlow I, Brook A. The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a comparison. *J Oral Rehabil.* 2005;32(1):7-15. doi: 10.1111/j.1365-2842.2004.01340.x. Pubmed PMID: 15634295.

Gwinnett A. Structure and composition of enamel. *Oper Dent.* 1992;10-7. Pubmed PMID: 1470538.

Harris EF, Hicks JD. A radiographic assessment of enamel thickness in human maxillary incisors. *Archives of Oral Biology.* 1998;43(10):825-31. Pubmed PMID:

Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence Int.* 1992;23(7):471-88. Pubmed PMID: 1410249.

Haywood VB. Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int.* 1989;20:173-6. Pubmed PMID: 2762507.

Hegedus C, Bistey T, Flora-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A. An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. *J Dent.* 1999 Sep;27(7):509-15. Pubmed PMID: 10507207.

Igiel C, Weyhrauch M, Wentaschek S, Scheller H, Lehmann KM. Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dent Mater J.* 2016;35(1):63-9. doi: 10.4012/dmj.2015-006. Pubmed PMID: 26830824.

International Commission on Illumination. CIE 1978: Recommendations on Uniform Color Spaces-Color-difference Equations. Viena: International Commission on Illumination; 1978.

International Standards Organization. ISO 28399:2011: dental materials: Products for external tooth bleaching. Geneva: International Standards Organization; 2011.

Johansen E. Microstructure of Enamel and Dentin. *J Dent Res.* 1964;43(6):1007-20. doi: 10.1177/00220345640430060201. Pubmed PMID: 14236876.

Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *J Dent.* 2006 Aug;34(7):412-9. doi: 10.1016/j.jdent.2006.02.002. Pubmed PMID: 16569473.

Joiner A. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. *J Dent.* 2007;35(12):889-96. doi: 10.1016/j.jdent.2007.09.008. Pubmed PMID: 17964705.

Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32 Suppl 1:3-12. doi: 10.1016/j.jdent.2003.10.013. Pubmed PMID: 14738829.

Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent.* 2008;36 Suppl 1:S2-7. doi: 10.1016/j.jdent.2008.02.001. Pubmed PMID: 18646363.

Joiner A, Thakker G, Cooper Y. Evaluation of a 6% hydrogen peroxide tooth whitening gel on enamel and dentine microhardness *in vitro*. *J Dent.* 2004;32:27-34. doi: 10.1016/j.jdent.2003.10.010. Pubmed PMID: 14738832.

Junqueira L, Carneiro J. Histologia Básica. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008.

Jurema ALB, de Souza MY, Torres CRG, Borges AB, Caneppele TMF. Effect of pH on whitening efficacy of 35% hydrogen peroxide and enamel microhardness. *J Esthet Restor Dent*. 2018. doi: 10.1111/jerd.12367. Pubmed PMID: 29392894.

Kashima-Tanaka M, Tsujimoto Y, Kawamoto K, Senda N, Ito K, Yamazaki M. Generation of free radicals and/or active oxygen by light or laser irradiation of hydrogen peroxide or sodium hypochlorite. *J Endod*. 2003;29(2):141-3. doi: 10.1097/00004770-200302000-00013. Pubmed PMID: 12597716.

Kawamoto K, Tsujimoto Y. Effects of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching. *J Endod*. 2004 Jan;30(1):45-50. doi: 10.1097/00004770-200401000-00010. Pubmed PMID: 14760908.

Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *J Dent*. 2014;42(6):637-44. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.017. Pubmed PMID: 24334221.

Kishta-Derani M, Neiva G, Yaman P, Dennison D. *In vitro* evaluation of tooth-color change using four paint-on tooth whiteners. *Oper Dent*. 2007;32(4):394-8. doi: 10.2341/06-117. Pubmed PMID: 17695613.

Klimek J, Hellwig E, Ahrens G. Fluoride taken up by plaque, by the underlying enamel and by clean enamel from three fluoride compounds *in vitro*. *Caries Res*. 1982;16(2):156-61. doi: 10.1159/000260592. Pubmed PMID: 6951638.

Kose C, Calixto A, Bauer J, Reis A, Loguercio A. Comparison of the effects of in-office bleaching times on whitening and tooth sensitivity: a single blind, randomized clinical trial. *Oper Dent*. 2016;41(2):138-45. doi: 10.2341/15-085-C. Pubmed PMID: 26509229.

Kwon SR, Wertz PW. Review of the Mechanism of Tooth Whitening. *J Esthet Restor Dent*. 2015 Sep-Oct;27(5):240-57. doi: 10.1111/jerd.12152. Pubmed PMID: 25969131.

Lee B-S, Huang S-H, Chiang Y-C, Chien Y-S, Mou C-Y, Lin C-P. Development of *in vitro* tooth staining model and usage of catalysts to elevate the effectiveness of tooth bleaching. *Dent Mater*. 2008;24(1):57-66. doi: 10.1016/j.dental.2007.01.012. Pubmed PMID: 17442388.

Lee Y-K. Comparison of CIELAB  $\Delta E^*$  and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dent Mater*. 2005;21(7):678-82. doi: 10.1016/j.dental.2004.09.005. Pubmed PMID:

Leonard Jr RH, Haywood vB, Phillips C. Risk factors for developing tooth sensitivity and gingival irritation associated with nightguard vital bleaching. *Quintessence Int*. 1997;28(8):527-534. Pubmed PMID: 9477880.

Leonard RH, Sharma A, Haywood vB. Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching teeth: An *in vitro* study. Quintessence Int. 1998;29(8):503-507. Pubmed PMID: 9807130.

Luque-Martinez I, Reis A, Schroeder M, Muñoz MA, Loguercio AD, Masterson D, et al. Comparison of efficacy of tray-delivered carbamide and hydrogen peroxide for at-home bleaching: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Investig. 2016;20(7):1419-33. doi: 10.1007/s00784-016-1863-7. Pubmed PMID: 27290611.

Magalhães JG, Marimoto ÂR, Torres CR, Pagani C, Teixeira SC, Barcellos DC. Microhardness change of enamel due to bleaching with in-office bleaching gels of different acidity. Acta Odontol Scand. 2012;70(2):122-6. doi: 10.3109/00016357.2011.600704. Pubmed PMID: 21780968.

Mailart MC, Ferracioli CS, Torres CR, Palo RM, Borges AB. Hydrogen peroxide degradation of bleaching systems with different trays: Randomized clinical trial. Periódico em análise, enviado para publicação na Operative dentistry. 2019.

Matis B, Cochran M, Franco M, Al-Amman W, Eckert G, Stropes M. Eight in-office tooth whitening systems evaluated in vivo: a pilot study. Oper Dent. 2007;32(4):322-7. doi: 10.2341/06-135. Pubmed PMID: 17695603.

Matis B, Yousef M, Cochran M, Eckert G. Degradation of bleaching gels in vivo as a function of tray design and carbamide peroxide concentration. Oper Dent. 2002;27(1):12-8. Pubmed PMID: 11817465.

Matis BA, Cochran MA, Wang G, Eckert GJ. A clinical evaluation of two in-office bleaching regimens with and without tray bleaching. Oper Dent. 2009 Mar-Apr;34(2):142-9. doi: 10.2341/08-64. Pubmed PMID: 19363969.

Matis BA, Gaião U, Blackman D, Schultz FA, Eckert GJ. In vivo degradation of bleaching gel used in whitening teeth. J Am Dent Assoc. 1999;130(2):227-35. Pubmed PMID: 10036846.

Meireles S, Heckmann S, Leida F, Santos I, Bona Á, Demarco F. Efficacy and safety of 10% and 16% carbamide peroxide tooth-whitening gels: a randomized clinical trial. Oper Dent. 2008;33(6):606-12. doi: 10.2341/07-150. Pubmed PMID: 19051852.

Meireles SS, Demarco FF, Santos IdSd, Dumith SdC, Bona AD. Validation and reliability of visual assessment with a shade guide for tooth-color classification. Oper Dent. 2008;33(2):121-6. doi: 10.2341/07-71. Pubmed PMID: 18435184.

Minolta K. Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação. Osaka: Konika Minolta Sensing. INC; 1998.

Mokhlis GR, Matis BA, Cochran MA, Eckert GJ. A clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use. Journal Am Dent Assoc. 2000;131(9):1269-77. Pubmed PMID: 10986827.

- Papathanasiou A, Kastali S, Perry RD, Kugel G. Clinical evaluation of a 35% hydrogen peroxide in-office whitening system. *Compend Contin Educ Dent*. 2002;23(4):335-8, 40, 43-4 passim; quiz 48. Pubmed PMID: 12789959.
- Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(S1): 1- 9. doi: 10.1111/jerd.12149. Pubmed PMID: 25886208.
- Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle C. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res*. 2002;81(8):578-82. doi: 10.1177/154405910208100815. Pubmed PMID: 12147751.
- Quintela Souza de Moraes I, Nunes de Brito Silva L, de Moraes Porto C, Cristina I, de Lima Neto CF, Barbosa Dos Santos N, et al. Effect of in-office bleaching with 35% hydrogen peroxide with and without addition of calcium on the enamel surface. *Microsc Res Tech*. 2015;78(11):975-81. doi: 10.1002/jemt.22561. Pubmed PMID: 26279091.
- Reis A, Tay L, Herrera D, Kossatz S, Loguercio A. Clinical effects of prolonged application time of an in-office bleaching gel. *Oper Dent*. 2011;36(6):590-6. Pubmed PMID: 12147751.
- Ribeiro APD, Sacono NT, Lessa FCR, Nogueira I, Coldebella CR, Hebling J, et al. Cytotoxic effect of a 35% hydrogen peroxide bleaching gel on odontoblast-like MDPC-23 cells. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;108(3):458-64. doi: 10.1016/j.tripleo.2009.05.006. Pubmed PMID: 19716511.
- Schmalz G, Hiller K-A, Nunez LJ, Stoll J, Weis K. Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. *J Endod*. 2001;27(1):23-30. doi: 10.1097/00004770-200101000-00007. Pubmed PMID: 11487159.
- Shannon H, Spencer P, Gross K, Tira D. Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Quintessence Int*. 1993;24(1). Pubmed PMID: 8511257.
- Srot V, Bussmann B, Salzberger U, Koch CT, van Aken PA. Linking microstructure and nanochemistry in human dental tissues. *Microsc Microanal*. 2012;18(3):509-23. doi: 10.1017/S1431927612000116. Pubmed PMID: 22494533.
- Sulieman M. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. *Periodontol 2000*. 2008;48(1):148-69. doi: 10.1111/j.1600-0757.2008.00258.x. Pubmed PMID: 18715362.
- Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees J. The bleaching depth of a 35% hydrogen peroxide based in-office product: a study *in vitro*. *J Dent*. 2005;33(1):33-40. doi: 10.1016/j.jdent.2004.07.008. Pubmed PMID: 15652166.
- Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees J. A safety study *in vitro* for the effects of an in-office bleaching system on the integrity of enamel and dentine. *J Dent*. 2004;32(7):581-90. doi: 10.1016/j.jdent.2004.06.003. Pubmed PMID: 15386865.

Sulieman MA. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. *Periodontol* 2000. 2008;48:148-69. doi: 10.1111/j.1600-0757.2008.00258.x. Pubmed PMID: 18715362.

Sun L, Liang S, Sa Y, Wang Z, Ma X, Jiang T, et al. Surface alteration of human tooth enamel subjected to acidic and neutral 30% hydrogen peroxide. *J Dent*. 2011;39(10):686-92. 10.1016/j.jdent.2011.07.011. Pubmed PMID: 21855600.

Tavares M, Stultz J, Newman M, Smith V, KENT R, Carpino E, et al. Light augments tooth whitening with peroxide. *J Am Dent Assoc*. 2003;134(2):167-75. Pubmed PMID: 12636120.

Tay LY, Kose C, Herrera DR, Reis A, Loguercio AD. Long-term efficacy of in-office and at-home bleaching: a 2-year double-blind randomized clinical trial. *Am J Dent*. 2012;25(4):199. Pubmed PMID: 23082382.

Teruel JdD, Alcolea A, Hernández A, Ruiz AJO. Comparison of chemical composition of enamel and dentine in human, bovine, porcine and ovine teeth. *Arch Oral Biol*. 2015;60(5):768-75. 10.1016/j.archoralbio.2015.01.014. Pubmed PMID: 25766469.

Toledano M, Yamauti M, Osorio E, Osorio R. Bleaching agents increase metalloproteinases-mediated collagen degradation in dentin. *J Endod*. 2011;37(12):1668-72. Pubmed PMID:

Torres CR, Crastechini E, Feitosa FA, Pucci CR, Borges AB. Influence of pH on the effectiveness of hydrogen peroxide whitening. *Oper Dent*. 2014 Nov-Dec;39(6):E261-8. doi: 10.2341/13-214-L. Pubmed PMID: 25136903.

Torres CR, Souza CS, Borges AB, Huhtala MF, Caneppele TM. Influence of concentration and activation on hydrogen peroxide diffusion through dental tissues *in vitro*. *ScientificWorldJournal*. 2013;2013:193241. doi: 10.1155/2013/193241. Pubmed PMID: 24163616.

Tredwin C, Naik S, Lewis N, Scully C. Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: review of adverse effects and safety issues. *Br Dent J*. 2006;200(7):371. doi: 10.1038/sj.bdj.4813423. Pubmed PMID: 16607324.

Trentino AC, Soares AF, Duarte MAH, Ishikiriyama SK, Mondelli RFL. Evaluation of pH levels and surface roughness after bleaching and abrasion tests of eight commercial products. *Photomed Laser Surg*. 2015;33(7):372-7. doi: 10.1089/pho.2014.3869. Pubmed PMID: 26154725.

Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Br Dent J*. 2001;190(6):309. doi: 10.1038/sj.bdj.4800959a. Pubmed PMID: 11325156.

Yassen GH, Platt JA, Hara AT. Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. *J Oral Sci*. 2011;53(3):273-82. Pubmed PMID:

Yiming L. Tooth color measurement using Chroma Meter: techniques, advantages, and disadvantages. *J Esthet Restor Dent*. 2003;15(s1). Pubmed PMID: 15000903.

Yiming L. Tooth color measurement using Chroma Meter: techniques, advantages, and disadvantages. *J Esthet Restor Dent*. 2003;15:33-41. Pubmed PMID: 15000903.

Zenthöfer A, Cabrera T, Corcodel N, Rammelsberg P, Hassel AJ. Comparison of the Easyshade Compact and Advance *in vitro* and in vivo. *Clin Oral Investig*. 2014;18(5):1473-9. doi: 10.1007/s00784-013-1118-9. Pubmed PMID: 24100636.