



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

ANA PAULA VALENTE PINHO MAFETANO

**INFLUÊNCIA DO TIPO DE AGENTE ESPESSANTE E DA
VISCOSIDADE DO GEL DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA
EFICÁCIA CLAREADORA E MICRODUREZA DO ESMALTE DENTAL**

2018

ANA PAULA VALENTE PINHO MAFETANO

**INFLUÊNCIA DO TIPO DE AGENTE ESPESSANTE E DA
VISCOSIDADE DO GEL DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA
EFICÁCIA CLAREADORA E MICRODUREZA DO ESMALTE**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para a 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.

Orientador: Prof. Assoc. Carlos Rocha Gomes Torres

São José dos Campos 2018

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).

Mafetano, Ana Paula Valente Pinho

Influência do tipo de agente espessante e da viscosidade do gel de peróxido de hidrogênio na eficácia clareadora e microdureza do esmalte dental / Ana Paula Valente Pinho Mafetano. - São José dos Campos : [s.n.], 2018. 79 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, 2018.

Orientador: Carlos Rocha Gomes Torres.

1. Clareamento. 2. Peróxido de hidrogênio. 3. Espessante. 4. Viscosidade. I. Torres, Carlos Rocha Gomes, orient. II. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. IV. Universidade Estadual Paulista (Unesp). V. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Carlos Rocha Gomes Torres (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Dra. Carolina Machado Martinelli Lobo

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Dra. Graziela Ribeiro Batista

Universidade Santo Amaro (Unisa)

Campus de São Paulo

São José dos Campos, 18 de dezembro de 2018.

DEDICATÓRIA

A Deus pelo dom da vida, por me abençoar e me sustentar nesta caminhada.

Aos meus pais Joseline Rosa Valente Pinho e Paulo Nogueira Pinho por todo apoio, incentivo, amor e dedicação a mim e aos meus filhos.

Aos meus filhos Pedro Valente P. M. Mafetano e João Valente P. M. Mafetano pelo apoio, amor, compreensão. Vocês são a razão de tudo, por vocês quero ser uma pessoa melhor a cada dia.

Ao amor da minha vida, meu marido Alexandre Mourão Mafetano, por toda a paciência, apoio incondicional, amor e companheirismo. Sem você não conseguiria chegar até aqui. Obrigada pela por compartilhar sua vida comigo.

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. Adj. Estevão Tomomitsu Kimpara.

Ao meu orientador Prof. Adj. Carlos Rocha Gomes Torres, pela dedicação, pelos conhecimentos compartilhados.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Odontologia Restauradora.

À Professora Karen Cristina Kazue Yui e Professora Taciana Marco Ferraz Caneppele, por fazerem parte de meu exame de qualificação.

*“Todos os nossos sonhos podem se realizar,
se tivermos a coragem de perseguí-los”*

Walt Disney

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS.....	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
3 PROPOSIÇÃO.....	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 Delineamento Experimental.....	30
4.1.1 Fatores do estudo.....	30
4.1.2 Unidades Experimentais	30
4.1.3 Variáveis de Resposta	30
4.2 Preparo dos Espécimes	31
4.3 Leitura inicial da cor	38
4.4 Leitura Inicial da Microdureza.....	40
4.5 Divisão dos grupos.....	41
4.6 Preparo dos géis clareadores.....	43
4.7 Aplicação dos géis clareadores	49
4.8 Leitura das concentrações do peróxido de hidrogênio inicial e final	50
4.9 Leitura final da microdureza e cor.....	53
5 PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO.....	54
6 RESULTADOS	55
7 DISCUSSÃO.....	65
8 CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS*	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Preparo dos espécimes	32
Figura 2 – Padronização da espessura do esmalte	33
Figura 3 – Padronização da espessura da dentina	34
Figura 4 – Embutimento dos espécimes	36
Figura 5 – Polimento dos espécimes embutidos.....	37
Figura 6 – Leitura da Cor	39
Figura 7 – Equipamento para leitura de microdureza	40
Figura 8 – Distribuição dos grupos/subgrupos.....	43
Figura 9 – Manipulação dos géis clareadores.....	45
Figura 10 – Metodologia empregada para leitura da viscosidade Brookfield...	47
Figura 11 – Mensuração da viscosidade	48
Figura 12 – Aplicação do agente clareador.....	50
Figura 13 – Mensuração da concentração do peróxido de hidrogênio.....	52
Figura 14 – Valores de média e desvio padrão da microdureza inicial e final para todos os grupos.....	55
Figura 15 – Médias (desvio-padrão) dos percentuais de redução de dureza	

para todos os grupos.....	59
Figura 16 – Médias (desvio-padrão) dos percentuais de redução de dureza para todos os grupos.....	60
Figura 17 – Valores absolutos de a^* antes e depois dos tratamentos.....	60
Figura 18– Valores absolutos de b^* antes e depois dos tratamentos.....	61
Figura 19 – Médias (desvio-padrão) dos valores de ΔE_{ab} para todos os grupos.....	63
Figura 20 – Médias (desvio-padrão) dos valores de ΔE_{00} para todos os grupos.....	64
Figura 21 – Médias (desvio-padrão) do percentual de redução da concentração de peróxido para todos os grupos.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da ANOVA a 2 fatores quanto à microdureza inicial e coordenadas L*, a* e b*.....	56
Tabela 2 – Resultados de ANOVA a dois fatores para a comparação entre os grupos quanto à microdureza final.....	56
Tabela 3 – Percentual de redução de microdureza e resultados do teste de Tukey para fator tipo de espessante.....	57
Tabela 4 - Percentual de redução de microdureza e resultados do teste de Tukey para fator viscosidade.....	57
Tabela 5 – Médias (Desvio Padrão) do percentual de redução de dureza e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle.....	58
Tabela 6 - Resultados de ANOVA a dois fatores para os parâmetros ΔE_{ab} e ΔE_{00}	61
Tabela 7 – Médias (Desvio Padrão) dos parâmetros ΔE_{ab} e ΔE_{00} e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle.....	62

Mafetano APVP. Influência do tipo de agente espessante e da viscosidade do gel de peróxido de hidrogênio na eficácia clareadora e microdureza do esmalte dental [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2018.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de agente espessante e da viscosidade do gel de peróxido de hidrogênio (PH) a 35%, na eficácia clareadora e microdureza do esmalte dental. Além disso, a decomposição da molécula de peróxido de hidrogênio dentro do gel clareador também foi verificada. Foram utilizados 110 dentes incisivos bovinos dos quais foram obtidos 324 espécimes em forma de discos de esmalte-dentina, com 4mm de diâmetro, utilizando-se broca trefina. A leitura da cor dos referidos espécimes foi realizada em um espectrofotômetro de reflectância, enquanto a microdureza do esmalte foi analisada através de um microdurômetro com indentador Knoop. Para verificação da concentração de peróxido foi utilizado o método de titulação utilizando o permanganato de potássio. Géis clareadores experimentais foram preparados, contendo cinco diferentes tipos de agentes espessantes (Ar - Aristoflex – Clariant, Ca - Carbopol 980 – Lubrizol, CMC – Carboximetilcelulose, Ae – Aerosil 200 - Evonik e Sa - Salcare – BASF), os quais foram adicionados em quantidades suficientes para produzir géis com viscosidades baixa (B - 50.000 cPs), média (M - 250.000 cPs) e alta (A – 1.000.000 cPs). Os espécimes foram divididos em dezoito grupos: CP (Controle positivo) - de peróxido sem adição de agente espessante, CN (Controle Negativo) –água ultra pura, CC (Controle Comercial) – gel de PH a 35% Whiteness HP-FGM, Ar/B, Ar/M, Ar/A; Ca/B, Ca/M e Ca/A; CMC/B, CMC/M, CMC/A, Ae/B, Ae/M, Ae/A, Sa/B, Sa/M e Sa/A. Os agentes clareadores foram aplicados sobre a superfície do esmalte por um total de 60 minutos. A cada 20 minutos, o agente clareador era trocado e uma amostra deste era coletada e as concentrações de peróxido de hidrogênio mensuradas. A microdureza do esmalte foi avaliada imediatamente após, sendo então as amostras imersas em saliva artificial por 7 dias, seguido pela leitura final da cor. Os dados foram analisados estatisticamente, empregando um nível de significância de 5%. Quanto ao percentual de redução da microdureza a ANOVA 2 fatores mostrou diferenças significativas para o tipo de espessante e viscosidade. Os resultados do teste de Tukey foram: **espessante** – Ae 11,73(3,98)a, As 14,71(3,79)b, CMC 17,00(4,01)c, Ar 22,13(4,43)d e Ca 28,06(2,59); **viscosidade** – alta 15,39(8,52)a, média 18,56(5,42)b e baixa 22,22(4,40)c. Quanto ao ΔE_{ab} e ΔE_{00} não mostrou diferenças significativas. Com relação à concentração do peróxido de hidrogênio, as maiores reduções ocorreram para o espessante Salcare. Concluiu-se que o tipo de espessante e viscosidade dos géis não influenciaram o efeito clareador, porém influenciaram na microdureza do esmalte. O tipo de espessante e viscosidade também influenciaram a concentração final do peróxido de hidrogênio, e o espessante. Sa apresentou o maior percentual de redução de peróxido. Todos os grupos apresentaram diferenças significativas e relação ao grupo CN. O grupo CA/A não apresentou diferença significativa em relação ao grupo CP e apenas o grupo Sa/M não apresentou diferença significativa em relação ao grupo CC.

Palavras-chave: Clareamento. Peróxido de hidrogênio. Espessante. Viscosidade.

Mafetano APVP. Influence of the type the thickening agent and viscosity of hydrogen peroxide gel on dental bleaching efficacy and microhardness of dental enamel. [dissertação]. São José dos Campos (SP): Institute of Science and Technology, Sao Paulo State University - UNESP; 2018.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate of the type of the agent thickener and viscosity of 35% hydrogen peroxide gel, in the bleaching efficacy and microhardness of dental enamel. In addition, the decomposition of the hydrogen peroxide molecule within the bleaching gel was also verified. We used 110 bovine incisor teeth of which 324 specimens were obtained in the form of enamel-dentin discs, with 4 mm diameter, using a trefin drill. The color reading of the aforementioned specimens was performed in a reflectance spectrophotometer, while the microhardness of the enamel was analyzed through a microdurometer with Knoop indenter. To verify the peroxide concentration, the titration method was used using potassium permanganate 0,1 N. Experimental bleaching gels were prepared, containing five different types of thickened agents (Ar – Aristoflex – Clariant, Ca – Carbopol 980 – Lubrizol, CMC – Carboxymethylcellulose, Ae – Aerosil 200 – Evonik and Sa – Salcare – BASF), which were added in sufficient quantities to produce gels with low viscosities (L – 50.000 cPs), Medium (M – 250.000 cPs) and High (H – 1.000.000 cPs). The specimens were divided into eighteen groups/subgroups: PC (positive control) – was applied a peroxide solution without adding thickened agent, NC (Negative control) – was applied ultrapure water, CC (Comercial control) and fifteen more groups, containing hydrogen peroxide at 35% associated with a specific thickened agent, in different viscosities, these being: Ar/L, Ar/M and Ar/H (Aristoflex in low, medium and high viscosity); Ca/L, Ca/M and Ca/H (Carbopol in low, medium and high viscosity); CMC/L, CMC/M and CMC/H (Carboxymethylcellulose in low, medium and high viscosity); Ae/L, Ae/M and Ae/H medium and high viscosity). The bleaching agents were applied on the enamel surface for 60 minutes. Every 20 minutes, the bleaching agent was changed and a sample was collected and the hydrogen peroxide concentrations measured. The enamel microhardness was immersed in artificial saliva for 7 days, followed by the final color reading. Data were analyzed statistically, employing a significance level of 5%. Regarding the percentage of microhardness reduction the ANOVA 2 factors showed significant differences for the type of thickener and viscosity. The Tukey test results were: **thickener** – Ae 11.73(3,98)a, As 14.71(3.79)b, CMC 17.00(4.01)c, Ar 22.13(4.43) and Ca 28.06(2.59); **viscosity** – high 15.39(8.52)a, average 18.56(5.42)b and low 22.22(4.40)c. Regarding ΔE_{ab} and ΔE_{00} showed no significant differences. Regarding the concentration of hydrogen peroxide, the greatest reductions occurred for the Salcare thickener. It was concluded that the type of thickener and viscosity of the gels did not influence the bleaching effect, but influence the microhardness of the enamel. The type of thickener and viscosity also influenced the final concentration of hydrogen peroxide, and the thickener. Sa presented the highest percentage of peroxide reduction. All groups presented significant difference in relation to the CP group and only the Sa/M group did not present a significant difference in relation to the CC group.

Keywords: Bleaching. Hydrogen peroxide. Viscosity.

1 INTRODUÇÃO

O clareamento dental é um tipo de tratamento odontológico estético que promove a modificação cromática dos elementos dentais, pela oxidação dos pigmentos ou grupamentos cromóforos presentes no interior do esmalte e da dentina (Kévin Cocq et al., 2015). Por apresentarem uma estrutura molecular complexa, os pigmentos absorvem parte da luz ambiente que incide sobre os dentes, refletindo apenas determinados comprimentos de onda responsáveis por sua cor característica (McEvoy, 1989). O peróxido de hidrogênio, agente clareador mais empregado na odontologia, tem a capacidade de se decompor e formar radicais livres altamente reativos, os quais interagem com os pigmentos, provocando a quebra de suas ligações químicas, gerando cadeias moleculares mais simples (Chen et al., 1993; Floyd, 1997). Essa alteração promove a mudança de sua interação com a luz ambiente, reduzindo a absorção e aumentando a reflexão de variados comprimentos de onda, o que resulta em um aspecto mais claro para os dentes (Caneppele et al., 2013).

Esse tratamento odontológico pode ser realizado pela técnica caseira, autoadministrada, empregando um agente clareador contendo baixas concentrações de peróxido de hidrogênio, por longos períodos, ou pela técnica de consultório, utilizando altas concentrações por curtos períodos (Rattacaso et al., 2011; Caneppele et al., 2015; Kimyai et al., 2017). Em ambos os casos, o agente clareador é basicamente uma formulação aquosa contendo peróxido em determinada concentração, somada a outros aditivos. Independentemente da técnica, para facilitar a aplicação da substância sobre os dentes, algum tipo de espessante é adicionado à uma solução aquosa, resultando em uma consistência de gel, o que possivelmente interfere na interação do peróxido com a estrutura dental.

Há estudos que mostram que o clareamento dental causa alterações na superfície do esmalte (Al-Salehi et al., 2007; Jiang et al., 2008; Cakir et al., 2011; Sa et al., 2012; Quintela et al., 2015). Os motivos pelos quais estas alterações acontecem podem ser o baixo pH de alguns géis clareadores (Magalhães et al., 2012; Sa et al., 2012), a ação oxidativa do peróxido (Quintela et al., 2015), o baixo conteúdo de cálcio e fósforo nos mesmos, ou ainda a incorporação de espessantes às formulações dos

clareadores (Basting et al., 2001). Estas alterações são caracterizadas pelo aumento da rugosidade superficial e redução na microdureza superficial, em virtude de seu efeito desmineralizante (Al-Salehi et al., 2007; Cakir et al., 2011; Quintela et al., 2015).

Um agente espessante é uma substância que pode aumentar a viscosidade de um líquido sem substancialmente alterar suas outras propriedades (Rodrigues et al., 2007). Eles são considerados agentes gelificantes, formando um gel, dissolvendo-se na fase líquida sob a forma de uma mistura coloidal com uma estrutura interna fracamente coesiva. (K Cocq et al., 2015).

Dentro das formulações dos géis clareadores, as soluções aquosas de peróxido de hidrogênio são mais comumente associadas a polímeros orgânicos sintéticos diversos, como o Carbopol (polímero acrílico hidrossolúvel), tendo a viscosidade resultante dependente do pH da formulação (Frysh et al., 1995). Além disso, espessantes inorgânicos como a sílica pirogênica e produtos similares também são empregados (Kätzel et al., 2007; Maity, Ray, 2016). Eles formam correntes ou fibras microscópicas rígidas que se interligam ou se aglomeram numa massa, mantendo o líquido associado por tensão superficial, mas que pode se separar ou deslizar quando for aplicada força suficiente.

Independentemente do tipo, o espessante mantém o peróxido de hidrogênio entre suas partículas, que estão interagindo para manter a viscosidade. A quantidade de espessante vai determinar a quantidade de interações moleculares na formulação, podendo influenciar a difusão das moléculas de peróxido, tanto no interior do gel quanto através da interface gel/dente, modificando a disponibilidade de moléculas reativas para interagir com os cromóforos. Além disso, a medida que a reação de clareamento está acontecendo, no interior da camada de gel próximo à superfície dental, deve ocorrer uma redução da concentração de moléculas de peróxido ativas, tanto pela difusão através da interface dente/gel, quanto pela decomposição das mesmas pela interação com a estrutura dental (Palo et al., 2012). Dessa forma, mais moléculas de peróxido deveriam se difundir a partir do restante do gel para a superfície para que a concentração nessa área fosse mantida.

Outro ponto importante se refere ao oxigênio liberado durante a reação de clareamento, que tende a se acumular na camada de gel em contato com a interface na forma de bolhas, o que pode ainda influenciar na difusão dos elementos da formulação no interior do clareador (Watt et al., 2004; Hannig et al., 2011). Pode-se

supor que, quanto maior a viscosidade, maior seria a interação entre as partículas do espessante e menor seria essa difusão, o que em última análise reduziria o efeito clareador.

A influência dos tipos de espessantes e a viscosidade resultante no efeito clareador e na microdureza do esmalte não foram ainda

investigados, sendo que cada fabricante desenvolve sua própria formulação de forma empírica, contendo diferentes tipos de agentes, em quantidades variadas, resultando em diferentes níveis de viscosidade. A compreensão do efeito desses fatores poderia ajudar no desenvolvimento de formulações mais eficientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A presente revisão de literatura apresenta uma síntese de algumas pesquisas mais relevantes que precederam este estudo.

Barbour et al. (2005) testaram algumas substâncias com capacidade anti-erosão contidas em determinados alimentos. Os pesquisadores avaliaram se as referidas substâncias são capazes de reduzir a dissolução de hidroxiapatita em condições que representam refrigerantes à base de ácido cítrico. Foram testados compostos frequentemente usados em alimentos e bebidas, tais como espessantes e alguns fosfatos condensados (geralmente usados como conservantes em carnes, bebidas não alcóolicas e aromatizadas). Todas as soluções continham ácido cítrico mono-hidratado à 0,3% e tinham pH 3.2. Foi usada solução de teste com 10 mM de cloreto de cálcio, para comparar a eficácia dos compostos de teste com a de um método conhecido para reduzir o potencial erosivo dos refrigerantes. Testaram algumas gomas de acordo com seu efeito de dissolução de hidroxiapatita, tais como: a goma xantana (Keltrol R; CP Kelco UK, Leatherhead, UK); carboximetilcelulose; a iota carragenina; a carregenina kappa; goma de Guar; chiclete arábico; goma de alfarroba e pectina. Testaram também, os seguintes fosfatos condensados: pirofosfato de sódio (Sigma-Aldrich); tripolifosfato de sódio (GlaxoSmithKline, Weybridge, UK); e polifosfato de sódio. Cada composto de teste foi dissolvido em água destilada por pelo menos 2 horas, antes da adição da solução concentrada de ácido cítrico. Foram usados discos de hidroxiapatita (Hitemco Medical Applications, Old Bathpage, NY, USA), medindo 12,05 mm de diâmetro e 1,25 mm de espessura. Os discos foram fixados a uma vareta de vidro usando cera adesiva e esse lado do disco foi revestido com verniz, para que cada disco tivesse 156 mm² de área exposta. Para cada medição da taxa de dissolução, foi usado 15 ml de solução de ácido cítrico e fez-se agitação com agitador magnético. Ajustaram pH e temperatura. A reação foi iniciada imergindo os discos de hidroxiapatita na solução. A velocidade de dissolução de um disco de hidroxiapatita na solução de ácido cítrico de controle foi medida em primeiro lugar e depois foi medida a taxa de dissolução do mesmo disco de hidroxiapatita na solução de teste (ácido cítrico mais composto de teste). Cada medição tem seu próprio controle. Cinco dos compostos de teste apresentaram uma redução significativa na

taxa de dissolução de hidroxiapatita. Concluíram, portanto, que o polifosfato e a mistura de polifosfato e xantana foram mais eficazes que o Cálcio 10 mM na redução da taxa de dissolução de hidroxiapatita, em solução de ácido cítrico a um pH 3,2. Já os compostos xilano, carboximetilcelulose, pirofosfato e tripolifosfato reduziram significativamente a taxa de dissolução, mas em menor grau que o cálcio. Portanto, como a adição do cálcio apresenta impacto negativo no sabor dos alimentos, estes compostos podem ser benéficos aditivos redutores da erosão em bebidas ácidas.

Basting et al. (2001) avaliaram os efeitos do peróxido de carbamida à 10%, do carbopol, da glicerina e suas associações na microdureza do esmalte e dentina sadios e desmineralizados. Compararam seus valores com um produto de clareamento comercial contendo 10% de peróxido de carbamida em diferentes intervalos de tempo. Usaram setenta e sete terceiros molares recém extraídos obtiveram então 320 amostras de dente, medindo 3mm X 3mm X 2mm (160 amostras de esmalte e 160 amostras de dentina). As amostras foram embutidas, com resina acrílica autopolimerizável, deixando a superfície do esmalte ou da dentina exposta. Obtiveram então 80 amostras de esmalte sadio e 80 amostras de dentina sadia. As outras 160 amostras, também sadias, foram submetidas aos ciclos dinâmicos de desmineralização – remineralização semelhante ao proposto por Featherstone et al. (1986) e modificado por Delbem e Cury (2002), para a obtenção de esmalte e dentina desmineralizados. Foram avaliados 8 agentes clareadores: OP um agente clareador comercial contendo 10% de peróxido de carbamida e quantidade de carbopol e glicerina não especificados (Opalescence 10% Ultradent, South Jordan, UT, USA), este foi usado como controle por ser considerado seguro e eficaz pela ADA (American Dental Association). Os outros agentes avaliados foram peróxido de carbamida 10% - PC (Proderma – Farmácia, Piracicaba, SP, Brasil), Carbopol – C (Proderma – Farmácia, Piracicaba, SP, Brasil), Glicerina- G (Proderma – Farmácia, Piracicaba, SP, Brasil) e suas associações peróxido de carbamida à 10% + carbopol - PC + C (Mixed fórmula, Proderma, Farmácia, Piracicaba, SP, Brasil), peróxido de carbamida à 10% + glicerina – PC + G (Mixed fórmula, Proderma, Farmácia, Piracicaba, SP, Brasil), carbopol + glicerina - C + G (Mixed fórmula, Proderma, Farmácia, Piracicaba, SP, Brasil) e peróxido de carbamida à 10% + carbopol + glicerina PC + C + G (Mixed fórmula, Proderma, Farmácia, Piracicaba, SP, Brasil). Os tratamentos foram aplicados às superfícies das amostras 8 horas por dia, por 42 dias. Era aplicado 0,02 ml de

agente clareador em cada espécime. Após este período, os agentes eram removidos de cada espécime. Nas 16 horas de intervalo entre as aplicações de tratamento, os espécimes ficavam estocados individualmente em 13,5 ml de saliva artificial. Após os 42 dias de tratamento, os espécimes foram individualmente armazenados em saliva artificial por 14 dias. A saliva era trocada a cada 2 dias. Foram realizados testes de microdureza antes da realização dos tratamentos e depois de 8 horas, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias e ainda 7 e 14 dias após a finalização dos tratamentos (correspondendo de 49 a 56 dias após o início da aplicação dos tratamentos). Usou-se um microdurômetro (Future Tech, FM – 1e, Tokyo, Japão). Foi usada uma carga de 25 gramas para as indentações nas superfícies de esmalte e 10 gramas para as indentações realizadas nas superfícies de dentina, por 5 segundos. As análises estatísticas mostraram diferenças significativas entre os agentes clareadores e cada intervalo de tempo, exceto na medição inicial para esmalte e dentina sadios e desmineralizados. Para os espécimes de esmalte desmineralizados houve um aumento nos valores da microdureza com todos os agentes durante o tratamento e na fase após o tratamento. Houve uma diminuição nos valores da microdureza, para dentina sadia, após o tratamento com todos os agentes. Para a dentina desmineralizada houve uma diminuição nos valores da microdureza durante todo o período de tratamento, para todos os agentes, principalmente depois da aplicação do PC, PC + G, C + G e PC + C + G. Porém estes espécimes apresentaram aumento nos valores da microdureza na fase de pós tratamento. Concluíram, portanto, que o peróxido de carbamida à 10%, carbopol, glicerina e suas associações diminuíram a microdureza do esmalte e dentina sadios e também da dentina desmineralizada. O carbopol e suas associações causaram alterações na microdureza, embora a glicerina pareça causar menos alterações tanto no esmalte, quanto na dentina.

Em 2007, Al-Salehi et al. Avaliaram o efeito da concentração do peróxido de hidrogênio na perda de minerais e microdureza do esmalte dos dentes bovinos. Foram estocados, em água destilada, por três meses, vinte e seis dentes bovinos, recém extraídos. Estes dentes foram seccionados com ponta diamantada e foram obtidas amostras de esmalte e dentina. Foram obtidas quatro amostras de esmalte e quatro amostras de dentina, de cada dente, sendo que cada amostra media 2 mm x 2 mm x 1,5 mm. As vinte amostras de esmalte, foram divididas em quatro grupos. Cada grupo continha uma amostra de cada um dos cinco dentes, então cada grupo continha cinco

amostras. As amostras de dentina, também foram divididas da mesma forma. Logo depois, cada grupo de esmalte e dentina foram imersos em 10 mL de solução de peróxido de hidrogênio 3% (p/v), 10% (p/v), 30% (p/v) e água destilada como controle (0% de peróxido de hidrogênio). Foram realizadas análises de liberação de íons, através de espectrometria de massa por plasma indutivamente acoplado. Os vinte e um dentes restantes, foram usados para medidas de microdureza Vickers. Os dentes foram devidamente embutidos em resina acrílica, formando blocos cilíndricos deixando a parte de esmalte e dentina expostos no topo dos cilindros. As superfícies dentárias expostas foram polidas com lixas abrasivas P240, P600 e P 1200, seguida por um polimento de disco de feltro. Em seguida foi realizada a análise da microdureza inicial. Na sequência os espécimes foram divididos em três grupos iguais e submetidos ao clareamento com peróxido de hidrogênio a 3% (p/v) no primeiro grupo, peróxido de hidrogênio a 10% (p/v) no segundo grupo e peróxido de hidrogênio a 30% no terceiro grupo. A microdureza Vickers final foi analisada. Os resultados foram analisados estatisticamente pelos testes Kruskal-Wallis e Mann Whitney, com nível de significância de 5%. As diferenças nas concentrações de íons liberados após os tratamentos com diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio foram estatisticamente significantes ($p < 0,025$). Houve um aumento da liberação de cálcio e fósforo com o aumento da concentração de peróxido de hidrogênio. Houve também uma redução significativa ($p < 0,05$), nos valores da microdureza Vickers para o esmalte, após o clareamento. Concluíram, portanto, que a liberação de íons tanto para esmalte como para dentina, aumenta quando a concentração de peróxido de hidrogênio aumenta e a microdureza do esmalte diminui significativamente com o clareamento.

Rodrigues et al. (2007), avaliaram a influência do agente espessante, do gel clareador, na microdureza do esmalte dental submetido ao clareamento caseiro. Quarenta incisivos bovinos recém extraídos foram armazenados em solução de timol à 0,1%. Estes foram submetidos ao desbridamentos de tecidos e suas coroas foram seccionadas. Usaram discos diamantados de dupla face (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) para a obtenção de 72 amostras medindo 3 X 3 X 3. As amostras foram individualmente embutidas, com resina acrílica autopolimerizável (Cromex, São Paulo, SP, Brasil), deixando apenas uma face da amostra sem a cobertura da resina. A superfície de esmalte exposta da amostra, foi polida com lixas abrasivas de

granulação 400, 600 e 1000 (Carborundum Abrasivos, Recife, PE, Brasil), usando-se resfriamento com água para obtenção de uma superfície de esmalte plana e padronizada. Na sequência, as amostras foram polidas com pastas de diamante de 6, 3 e 1 μm . Após isso, as amostras foram mantidas em água destilada deionizada até a realização dos testes de microdureza. Para o tratamento experimental, as amostras foram distribuídas aleatoriamente em quatro grupos. Cada grupo recebeu um agente clareador diferente. O grupo G1 usou um gel contendo carbopol à 2%; o grupo G2 usou um gel à base de peróxido de carbamida à 10% (Whiteness Perfect, FGM, Joinville, SC, Brasil); o grupo G3 usou um gel contendo carbowax (polímero de óxido de etileno) e o grupo G4 usou um gel à base peróxido de carbamida à 10% (Colgate Platinum Overnight, Colgate Oral Pharmaceuticals, Canton, MA, USA). O tratamento proposto foi aplicado por 6 horas por dia, durante 28 dias. Colocaram 0,2 ml de agente clareador na superfície da amostra, colocaram uma moldeira cobrindo-as e deixaram imersas em saliva artificial. Após o tratamento com o agente clareador, o gel era totalmente removido da superfície da amostra com água corrente. As amostras eram então mantidas individualmente em 11 ml de saliva artificial durante o restante do dia. Após os 28 dias de tratamento as amostras eram mantidas por mais 14 dias em saliva artificial. Foram realizados testes de microdureza antes da realização dos tratamentos (T0), para ser usado como controle e 7(T1), 14(T2), 21 (T3) e 28(T4) dias de exposição ao tratamento clareador. Outra avaliação de microdureza foi realizada aos 42(T5) dias, após o período de clareamento. Para a mensuração da microdureza Knoop usou-se um microdurômetro digital (10A 1000 HVS – 1000A, Panambra Ind. e Tec. SA., São Paulo, SP, Brasil). Em cada teste foram realizadas 5 indentações com carga de 25g por 5s. Os resultados apresentados pelo teste ANOVA e teste de Tukey mostraram que não houve diferenças significativas em relação ao fator tratamento experimental. Encontraram, porém diferenças significativas para o fator tempo. Não houveram diferenças significativas na interação entre fator tratamento experimental e tempo. Houveram diferenças estatísticas entre os tempos estudados, segundo o teste de Tukey. Houve um aumento numérico nas médias da microdureza para todos os grupos, exceto para G1. De T1 para T2, T3 e T4 os valores médios da microdureza diminuíram e diferiram estatisticamente de T1. Os valores da microdureza obtidos em T2, T3 e T4 foram estatisticamente semelhantes ao obtido em T0. De T4 para T5 não houve aumento estatístico nas medias dos valores da microdureza. Concluíram que o

clareamento dental com gel de peróxido de carbamida à 10% e tratamento com gel contendo carbopol à 2% ou gel contendo carbowax por 6 horas por dia, não reduziu estatisticamente a microdureza do esmalte dental. Também constataram que caso haja alguma diminuição no valor da microdureza, após o término do tratamento clareador, este resultado pode ser revertido pela ação da saliva.

Em 2010, Soldani et al., avaliaram os efeitos de diferentes sistemas clareadores e seus agentes espessantes na microdureza do esmalte dental humano *in situ*. As unidades experimentais deste estudo foram 90 amostras de esmalte dental, medindo 3 X 3 X 2 mm e obtidas de terceiros molares recém extraídos. Foram fixadas duas amostras às faces vestibulares dos primeiros molares superiores de 45 indivíduos. As variáveis avaliadas foram tratamento experimental e tempo. Estes indivíduos foram divididos em 5 grupos, sendo estes: grupo 1 no qual os voluntários foram tratados com gel de peróxido de carbamida à 10%, contendo carbopol como agente espessante (Whiteness Perfect, FGM, Joinville, SC, Brasil); grupo 2 recebeu gel de carbopol à 2% (Poly Comercial, São Paulo, SP, Brasil); grupo 3 recebeu o tratamento com pasta de peróxido de carbamida à 10%, contendo polaxamer como agente espessante (Colgate Platinum Overnight, Colgate Oral Pharmaceuticals, Canton, MA, USA) ; grupo 4 usou um gel de polaxamer à 40% (F&A, São Paulo, SP, Brasil) e o grupo 5 recebeu tratamento com tiras contendo 6,5% de peróxido de hidrogênio, por 21 dias (Crest Whitestrips, Procter e Gamble, Cincinnati, Ohio, USA). Antes do início do tratamento experimental, cada um dos voluntários recebeu informações quanto à técnica de escovação (técnica de Bass) que deveria ser realizada por eles, para realização da profilaxia. Cada voluntário recebeu uma moldeira individualizada para a realização do tratamento clareador caseiro proposto, exceto o grupo 5 que fez o clareamento usando as tiras clareadoras, contendo o peróxido de hidrogênio à 6.5%. por 30 min, duas vezes por dia (de manhã e à tarde). Para os grupos 1 a 4 foi proposta a realização do tratamento à noite, para maior comodidade do paciente e também para melhorar a retenção do produto, devido a menor salivagem e à menor interferência do paciente no tratamento. Os mesmos usavam o gel durante 8 horas por noite, enquanto dormiam. Os efeitos do tratamento foram avaliados pelo teste de microdureza, fazendo-se 5 indentações em cada amostra. Estes testes foram realizados antes do tratamento, como forma de controle e imediatamente após o tratamento e remoção das amostras de esmalte das faces

vestibulares dos primeiros molares. Segundo as análises de variância e teste de Tukey houve diferença estatística significativa com relação ao fator tempo inicial e final. Já entre os tratamentos experimentais relacionados ao tempo, não houve diferenças estatísticas. Concluiu-se, portanto, que tratamentos clareadores à base de peróxido de carbamida à 10% e peróxido de hidrogênio à 6,5%, juntamente com os agentes espessantes avaliados, carbopol e polaxamer, no presente estudo *in situ*, causaram diminuição na microdureza do esmalte.

Sa et al. (2012) analisaram o efeito de dois géis clareadores de consultório com diferentes pH na estrutura dental e propriedades mecânicas do esmalte dental humano *in vitro* e *in situ*. Obtiveram cento e oito espécimes de esmalte com as seguintes medidas 4 mm x 3 mm x 2 mm, a partir de pré-molares humanos recém extraídos. Estes espécimes foram embutidos em resina acrílica transparente, e as superfícies de esmalte dos espécimes ficaram expostas para que fossem realizadas as aplicações de gel clareador. Os espécimes foram polidos com lixas de carbetto de silício com granulação de 600, 1000, 1500 e 2000. Logo depois, as amostras foram lavadas em banho ultrassônico por 5 min e estocadas em saliva artificial por 7 dias, a fim de padronizar as condições iniciais. Os espécimes foram distribuídos em 9 grupos, de forma aleatória (n = 12). Os espécimes, de alguns grupos, foram aprisionados em aparelhos maxilares e colocados na cavidade oral de voluntários para que ficassem em contato com a saliva humana (SH). Beyond (peróxido de hidrogênio 35%, pH = 4,03 – Beyond Technology Corp) + SH, Controle (sem clareamento) + SH, Beyond + saliva artificial (SA), O-Boost + SA, Controle + AS, Beyond + água destilada (AD), O-Boost + AD, Controle +AD. O clareamento foi realizado durante oito dias, fazia-se 3 aplicações de 15 min, e entre cada sessão, os espécimes ficavam armazenados em SH, SA, ou AD, de acordo com o grupo a que pertenciam. Os dados iniciais e finais de rugosidade, morfologia de superfície, microdureza Vickers e resistência à fratura foram realizadas antes do tratamento clareador e no décimo quinto dia, respectivamente. A avaliação sobre Microscopia de Força Atômica mostrou alteração na superfície do esmalte, comparando ao grupo controle dos seguintes grupos: Beyond + SA e Beyond + AD. Os testes ANOVA dois fatores e Tukey mostraram diferenças estatísticas significantes com relação a rugosidade de superfície entre os grupos para as duas condições de armazenagem e agente clareador, enquanto que não revelou alterações significantes quanto a microdureza e a resistência à fratura.

Concluíram que géis com baixo pH, podem induzir alterações morfológicas no esmalte *in vitro* e que a presença de saliva humana pode eliminar a desmineralização causada pelo baixo pH do gel clareador.

Magalhães et al. 2012 avaliaram o efeito dos agentes clareadores contendo peróxido de hidrogênio à 35% e diferentes pHs, na microdureza do esmalte. Foram selecionados trinta incisivos bovinos, os quais tiveram suas raízes seccionadas. As coroas dos dentes foram embutidas em resina acrílica autopolimerizável (Classic, São Paulo, Brasil). As superfícies vestibulares de esmalte foram polidas com lixas de granulação 600, para que uma área de 3 X 3 mm fosse exposta. Em seguida as áreas expostas de esmalte foram polidas com lixas de granulação 800, 1200 e 4000. A microdureza Vickers foi mensurada usando-se 200g de força, por 10 segundos empregando um microdurômetro (FM-700, Future Tech, Tokyo, Japão). Os trinta incisivos bovinos foram divididos em 3 grupos, de acordo com o gel aplicado. O grupo 1 recebeu o agente clareador Whiteness HP (FGM, Joinville, SC, Brasil); grupo 2 recebeu Total Bleach (Clean Line, Taubaté, SP, Brasil) e o grupo 3 recebeu o Opalescence Xtra (Ultradent, South Jordan, UT). Foi aplicada uma camada de 2mm de gel clareador sobre a superfície do esmalte. Foram feitas três aplicações de 10 minutos cada, totalizando 30 minutos de tratamento. Os géis foram ativados por um aparelho híbrido que continha diodos emissores de luz azul (1000 nW/470 nm) combinados com um diodo laser de baixa intensidade (120 mW/795 nm). A dureza Vickers foi mensurada no início e logo após a aplicação do gel clareador e a diferença da microdureza foi calculada. Foi usado o teste t para comparação da perda de dureza entre os três produtos, com nível de significância de 5%. O gel Opalescence Xtra, que apresentou menor pH (pH = 4,5), apresentou a maior perda de microdureza, ao ser comparado ao Total Bleach, o qual apresentava maior pH (pH = 6,62). O gel clareador mais ácido promoveu maior perda de microdureza em relação ao gel menos ácido. Portanto o clareamento demonstrou uma diminuição da microdureza da superfície do esmalte. Concluíram que o clareamento dental com peróxido de hidrogênio provoca diminuição nos valores da microdureza e ainda que os géis com pH mais ácido (Opalescence Xtra) causaram uma diminuição ainda maior na microdureza, quando comparados aos agentes menos ácidos (Total Bleach).

Borges et al. (2015) estudaram o efeito dos géis experimentais de peróxido de hidrogênio com diferentes concentrações (20%, 25%, 30% e 35%) na microdureza Knoop (KNH) do esmalte, assim como em alterações na cor dos dentes. Obtiveram através de incisivos bovinos, espécimes cilíndricos de esmalte/dentina, medindo 3 mm de diâmetro e uma espessura de 2 mm. Estes espécimes foram divididos aleatoriamente em 6 grupos (n = 20), de acordo com a concentração do gel clareador (20%, 25%, 30%, 35% e controle – gel sem peróxido). Realizaram o polimento e logo após, mediram os valores iniciais da microdureza e da cor, na superfície do esmalte. A cor foi analisada por espectrofotometria, usando o sistema CIE L * a* b*. Aplicou-se os géis sobre a superfície do esmalte durante 30 minutos e mediu-se a microdureza imediatamente após. Em seguida, os espécimes foram armazenados em saliva artificial por sete dias, logo depois foram realizadas novas medidas de microdureza e de cor. Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Tukey. As diferentes concentrações dos géis e o tempo de armazenamento não influenciaram a microdureza (p = 0,54 e p = 0,29, respectivamente). Em relação às mudanças de cor, os dados\E mostraram que o gel de peróxido de hidrogênio à 35% apresentou maior alteração de cor do que o gel de peróxido de hidrogênio à 20% (p = 0,006). Concluíram, portanto que o clareamento com gel de peróxido de hidrogênio a 35% foi mais eficaz do que com o gel de peróxido de hidrogênio a 20%, sem, contudo, causar efeito adverso na microdureza do esmalte.

Silva et al. (2018) estudaram a influência de géis clareadores, à base de peróxido de carbamida 10%, associados à diferentes agentes espessantes. Avaliaram os efeitos do gel clareador experimental, contendo natrosol (hidroxietilcelulose), nas propriedades e morfologia do esmalte, avaliando cor, microdureza e rugosidade superficial. Prepararam quarenta e oito blocos de esmalte/dentina, medindo 4 mm x 4 mm x 2,5 mm, sendo 1 mm de esmalte e 1,5 mm de dentina, usando-se um cortador metalográfico. Estes foram divididos em 7 grupos (n=12), sendo eles: CP (peróxido de carbamida) + carbopol (FGM); CP + carbopol + glicerina (Ultradent); CP + natrosol (gel experimental); Carbopol; Carbopol + glicerina e natrosol e grupo sem tratamento (grupo controle). Os espécimes foram manchados, após ficarem imersos em solução de chá preto (Lion Junior AS, Curitiba, PR, Brasil), por 6 dias. Em seguida os espécimes foram esterilizados em óxido de etileno e estocados em água à 4°C até o seu uso. Participaram deste estudo, 12 voluntários (sendo 6 homens e 6 mulheres),

com idades variando entre 24 e 28 anos. Para cada voluntário, foi feito um molde, em alginato (Hydrogum- Zhermack, Badia polesine, Itália), da arcada superior. Em seguida foi confeccionado um aparelho de resina acrílica, contendo 7 reservatórios, cada um medindo 25 mm² de largura e 3 mm de profundidade. Sete blocos esmalte/dentina foram anexados aos aparelhos intra-orais, com cera pegajosa, e permaneceram por 1 dia na boca dos pacientes, antes de iniciar o tratamento clareador, para a formação de película adquirida. O tratamento clareador foi realizado por 14 dias, da seguinte forma; o aparelho foi removido das bocas dos pacientes e 6 espécimes recebiam o gel clareador e o sétimo não recebia nenhum tratamento pois seria parte do grupo controle. Os géis eram aplicados de acordo com a recomendação do fabricante, 4 horas, à temperatura ambiente. Após cada sessão, o gel era removido com pontas flexíveis de algodão, em seguida, os espécimes eram lavados com água e os aparelhos voltavam às bocas dos voluntários. A análise de cor dos espécimes foi realizada, usando-se um espectrofotômetro (CM 700D, Minolta, Osaka, Japão). Avaliou-se a cor inicial e final (realizada após 24 horas após finalizar o tratamento clareador). As mudanças de cor foram calculadas empregando o Delta EA microdureza do esmalte foi analisada, usando-se um microdurômetro (HMV – 2000, Shimadzu, Tóquio, Japão). Foram realizadas 5 indentações, com 50 g de carga, por 5 segundos, com 100 µm cada. Uma média foi calculada, para a obtenção de um número de dureza Knoop (KNH). A rugosidade superficial foi avaliada usando-se um perfilômetro (Surfcorder 1700, Kosaka, Japão), no início e 24 horas após o término do tratamento clareador. Para análise da superfície, foram escolhidas aleatoriamente, duas amostras de cada grupo e analisadas em microscópio de força atômica (Multimode 3, Digital Instruments Bruker, Santa Barbara, EUA). Os dados foram analisados estatisticamente com os testes de ANOVA, TUKEY e DUNETT. Concluíram, portanto, que o uso do carbopol, da glicerina e do natrosol, não causaram alterações estatisticamente significantes na microdureza do esmalte durante o clareamento. E a substituição do Carbopol por Natrosol, causou menos alteração na rugosidade superficial.

Schiavoni et al. (2006) avaliaram os efeitos dos agentes clareadores na permeabilidade do esmalte dental em 75 caninos humanos. Foram utilizados agentes clareadores contendo peróxido de carbamida à 10, 16, 37% (PC 10, PC 16, PC 37) e peróxido de hidrogênio à 35% (pH 35). O grupo controle ficou imerso em saliva

artificial. Os agentes clareadores foram aplicados seguindo a recomendação dos fabricantes. Entre as aplicações dos agentes clareadores, os espécimes ficaram imersos em saliva artificial. Em seguida as amostras foram preparadas para a análise histoquímica e através da capacitação de imagens digitais em microscópio óptico, foi calculada a penetração de íons cobre sobre a superfície do esmalte. Verificou-se então que o uso de peróxido de carbamida à 10% e peróxido de hidrogênio à 35% causou maior permeabilidade no esmalte quando comparado ao grupo controle. Não houve diferenças estatísticas significativas nos grupos PC 10, PC 16, PC 37 e PH 35.

Zheng et al. (2016) estudaram a hipótese de que o perfil de permeabilidade na pele, de uma nano emulsão (NE) poderia ser modulado ao se incorporar um hidrogel, com diferentes proporções de agente espessante (NGs). As NEs são usadas como sistema de liberação transdérmica de drogas para fins terapêuticos sistemáticos. Os objetivos do estudo foram os seguintes: 1) determinar a estabilidade e irritabilidade da pele dos NGs; 2) comparar os perfis de permeabilidade cutânea e os padrões de deposição de drogas dos NGs; e 3) visualizar o percurso dos NGs. Foram utilizadas Terbinafina (TER) e Citral (CIT) como drogas modelo neste estudo. Os NGs foram preparados misturando nano emulsão (NE) em bases de gel contendo Carbopol 934 (CP934), como descrito por Hussain et al., com ligeiras modificações. Primeiro, as bases de gel foram preparadas dispersando diferentes quantidades de CP934 em água deionizada e depois agitando (120 rpm) com uma esfera de agitação magnética durante 3h à temperatura ambiente. As bases de gel continham 1%, 2% ou 3% de CP934 (p/v). Em segundo lugar, a trietanolamina foi adicionada às bases do gel. As misturas foram agitadas a 60 rpm e o pH foi ajustado para 7,0. As bases de gel foram deixadas em repouso durante a noite para permitir que o ar retido escapasse e para permitir a reticulação entre CP934 e trietanolamina. Em seguida, as bases de gel foram misturadas separadamente com NE numa razão de 1:1 (p/p) e agitadas (120 rpm) à temperatura ambiente até os NGs serem homogêneos e límpidos. Os NGs contendo 1%, 2% e 3% de CP934 mais NE serão referidos a seguir como NG1, NG2 e NG3, respectivamente. Foram realizados testes de permeabilidade cutânea *in vivo* e indicaram que as taxas de fluxo percutâneo de terbinafina diminuíram na seguinte ordem NE (215 g/cm²) NG1 (213 g/cm²) NG2 (123 g/cm²) NG3 (74,3 g/cm²). As taxas de fluxo de citral diminuíram na ordem NE (1,026 g/cm²) NG1 (1,021 g/cm²) NG2 (541 g/cm²) NG3 (353 g/cm²). Os NGs acumularam quantidades maiores dos fármacos no

tecido córneo e menos da derme/epiderme do que a NE ($p < 0,05$) por um período de 12 h. Segundo a análise de microscopia com focal de varredura à laser, os NGs alteraram as principais vias de administração de medicamentos da pele ao interior das células. Histologicamente, observou-se que alterações na estrutura da pele, mais especificamente os espaços intercelulares epidérmicos e a distância dos feixes de colágenos dérmico poderiam ser minimizadas pelo aumento da proporção de CP934. Estes resultados concluíram que ajustes nas proporções de CP934 podem ser usados para modular os perfis de permeabilidade da pele de NGs com finalidade terapêutica específica.

Kwon et al. (2002) estudaram o potencial de penetração de dessensibilizantes ou materiais clareadores contendo nitrato de potássio, no interior da cavidade pulpar, de acordo com a concentração e viscosidade das formulações. Usaram cinquenta dentes molares humanos recém extraídos. Estes dentes foram preparados e randomizados em 5 grupos de 10 dentes cada. Uma barreira de resina (OpalDam, Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, EUA) foi colocada da seguinte forma: 2 mm apicalmente à junção cimento-esmalte e fotopolimerizada por 20 segundos (luz de fotopolimerização LED Elipar S10, 3M ESPE, St Paul, MN, EUA) para limitar o material de tratamento à superfície coronal do dente. O grupo controle recebeu um tratamento por 30 minutos, sem nenhum tipo de material de tratamento. Os outros quatro grupos correspondem aos seguintes tratamentos: DayW - Day White (Philips Oral Health Care, Stamford, CT, USA) que é um material clareador com peróxido de hidrogênio a 14%, contendo nitrato de potássio; PrevD – Prevident 5000 Sensitive (Colgate-Palmolive, New York, NY, USA) que é uma pasta de dente dessensibilizante; Relief – Relief ACP (Philips Oral Health Care) que é um gel dessensibilizante; e Ultra – Ultra EZ (Ultradent Products) que é um gel dessensibilizante. Foram medidos os níveis de penetração de nitrato de potássio, através de um kit de nitrato/nitrito (Sigma-Aldrich), composto de soluções padrões de nitrato e nitrito, soluções tampão, redutase de nitrato, cofatores enzimáticos e corantes de Griess para a determinação colorimétrica de nitrato nas amostras. Para o teste de viscosidade, foi utilizado um reômetro (Haake Rheostress 1, Thermo Scientific, Nashville, TN, USA) com temperatura controlada e estabilizada em 37°C. Foi utilizado também o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para avaliar as diferenças entre os grupos devido à não-normalidade e heterogeneidade de variância associada à distribuição dos valores de

penetração de nitrato de potássio entre os cinco grupos. Para as comparações pareadas, usaram o método de Tukey modificado por Conover WJ. Concluíram que os níveis de penetração de potássio foram significativamente diferentes entre os cinco grupos ($p < 0,0001$, teste de Kruskal-Wallis). O nitrato de potássio, incluído em dessensibilizantes e géis clareadores, quando aplicados na superfície externa do dente, pode penetrar no esmalte e na dentina em 30 minutos. O nível de penetração de nitrato de potássio pode ser influenciado pela concentração e também pode ser parcialmente afetado pela viscosidade do material.

Ibsen et al. (2002) estudaram composições de produtos orais, como o gel clareador e observou que estes podem proporcionar benefícios como o de clarear os dentes, removendo manchas extrínsecas ou intrínsecas. No entanto, produtos que contêm peróxido em suas composições, podem ser instáveis ou difíceis de se manipular. Por esta razão, pode ser desejável adicionar um componente à fórmula, para estabilizar o peróxido e manter a viscosidade. Os agentes usados para o clareamento dentário, que compreendem peróxido de hidrogênio e um agente espessante como o Aristoflex, são estáveis no que diz respeito à viscosidade e concentração do peróxido de hidrogênio ao longo do tempo. Géis altamente eficazes podem ser formulados e armazenados à temperatura ambiente por longos períodos de tempo sem a necessidade de refrigeração. Embora esteja disponível uma grande variedade de agentes espessantes, existem poucos capazes de proporcionar uma viscosidade aumentada em composições onde estejam presentes agentes oxidantes. Isto ocorre mais precisamente devido à instabilidade do agente espessante na presença de peróxido de hidrogênio. Como a maioria dos agentes espessantes são polímeros e copolímeros, eles são suscetíveis à reação de oxidação que podem reduzir o peso molecular e sua capacidade de manter a viscosidade consistente ao longo do tempo. Vários tipos de espessantes tem sido usado na formulação de géis clareadores, com diferentes níveis de sucesso, mas geralmente apresentam uma diminuição na viscosidade dependendo do tempo e da temperatura na presença do peróxido de hidrogênio, como acontece, por exemplo, no copolímero de carboximetileno (Carbopol®). Existe um certo número de géis de peróxido de hidrogênio disponíveis comercialmente para clareamento dental. A fim de preservar a eficácia do peróxido de hidrogênio durante uma vida útil razoável (12 a 18 meses), é necessário o armazenamento sob refrigeração normalmente entre 2 e 8°C. O gel

Opalescence Boost (Ultradent, South Jordan, UT) é um gel de peróxido de hidrogênio a 45%, que, apesar do pH baixo, aproximadamente 3, necessita de refrigeração para evitar perda de eficácia do peróxido de hidrogênio e da viscosidade do gel, os quais levariam a um desempenho ruim do clareador dental. O gel Colgate Visible White (Colgate – Oral Pharmaceuticals, New York, NY) é um gel de peróxido de hidrogênio de 40 a 50%, com pH entre 1,8 a 2,8 e espessado com dióxido de silício. O armazenamento sob refrigeração também é necessário para evitar a degradação prematura da eficácia do gel e das propriedades reológicas. As composições oxidantes altamente estáveis da presente invenção são constituídas por um composto oxidante, um polímero espessante e uma porção de ácido sulfônico. A formulação acima utilizou água, glicerina, peróxido de hidrogênio, ácido etidrónico e estanato de potássio misturados em um recipiente com agitação de cisalhamento de moderada a alta até os componentes estarem bem misturados. O copolímero de acrilato de hidroxietilo/acrilato de dimetilo de sódio foi rapidamente adicionado e a mistura agitada até que o pó do polímero esteja bem disperso e umedecido. Em seguida a mistura foi transferida a um agitador à vácuo, sob uma agitação lenta até que a mistura ficasse lisa, sem bolhas e clara. A mistura foi ajustada a um pH 5, com a solução de hidróxido de amônio enquanto continuava a agitação à vácuo. A mistura final foi um gel translúcido e transparente. A viscosidade foi determinada por um viscosímetro (DVII – Brookfield Engineering), nas seguintes condições velocidade de 1rpm, temperatura de 25°C. A viscosidade determinada 24 h após a fabricação, foi 39.353 cPs (centipoises).

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de agente espessante e da viscosidade do gel na eficácia clareadora dos dentes, microdureza do esmalte e decomposição da molécula de peróxido de hidrogênio.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delineamento Experimental

4.1.1 Fatores do estudo

- Tipos de espessantes:
 - Aerosil (sílica pirogênica);
 - Aristoflex;
 - Carbopol;
 - Carboximetilcelulose;
 - Salcare.

- Viscosidade dos géis:
 - 1 cP (solução de peróxido de hidrogênio, sem espessante);
 - 50.000 cPs (baixa viscosidade);
 - 250.000 cPs (média viscosidade);
 - 1.000.000 cPs (alta viscosidade).

4.1.2 Unidades Experimentais

- Espécimes de esmalte/dentina obtidos a partir de incisivos bovinos.

4.1.3 Variáveis de Resposta

- Cor;
- Microdureza;
- Concentração de peróxido de hidrogênio no gel clareador.

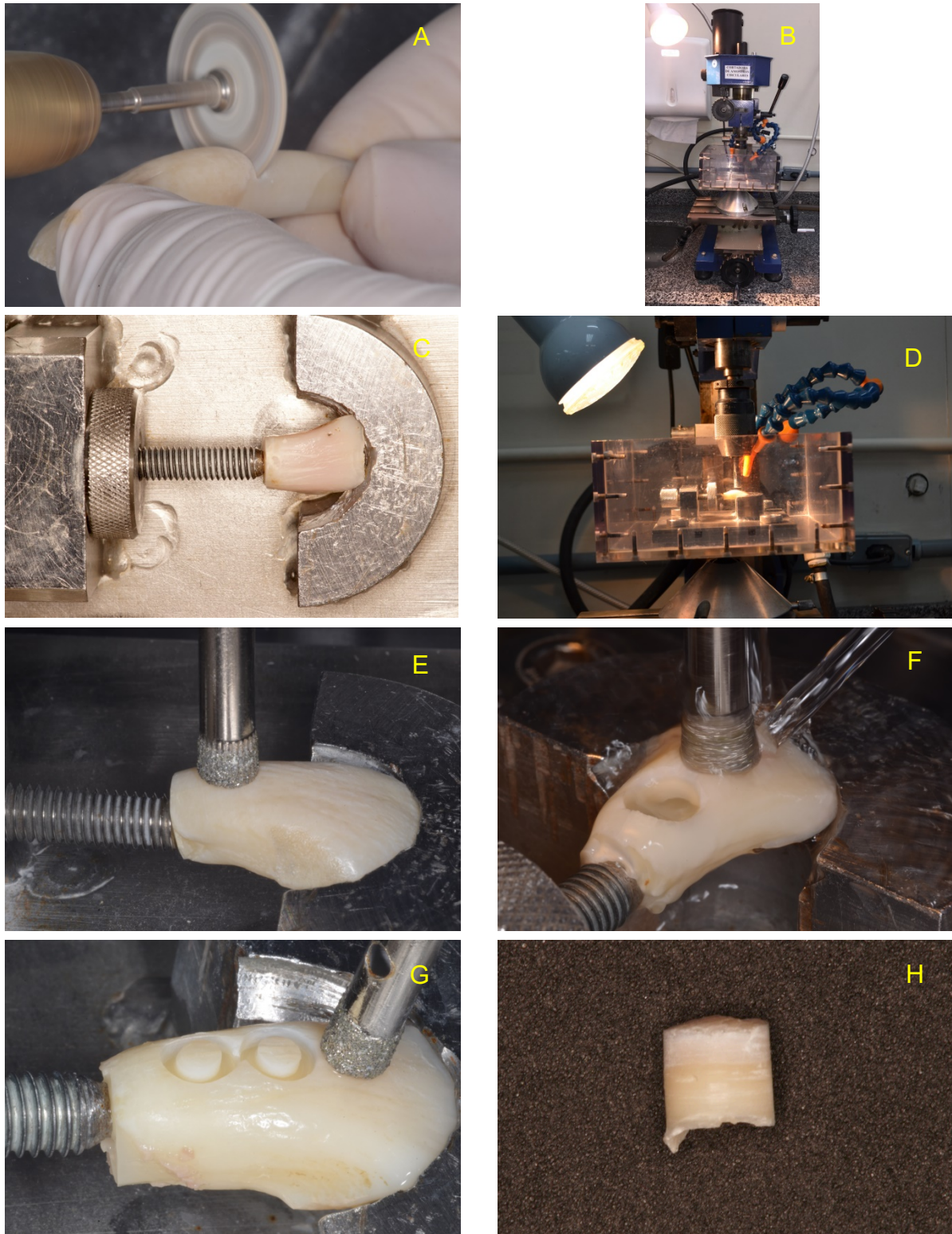
4.2 Preparo dos Espécimes

Foram utilizados neste estudo 110 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, sendo então armazenados em solução de timol a 0,1%, sob refrigeração a 4°C, até o momento do uso. Antes da utilização dos dentes para a preparação dos espécimes, eles foram analisados em estereomicroscópio para verificação da presença de trincas ou outros defeitos de superfície (Jones et al., 1999).

Foram realizados cortes perpendiculares ao longo eixo dos dentes, ao nível da junção amelo-cementária, utilizando um disco diamantado em torno de alta rotação (Nevoni, São Paulo, SP), separando a coroa da raiz (Figura 1A). Para obtenção de amostras circulares de dimensões padronizadas foi utilizada a “Máquina para Corte de Amostras Circulares” (Figura 1B). Os dentes foram estabilizados na morsa de fixação (Figura 1C), a qual foi posicionada dentro do recipiente de coleta de fluidos. A base do recipiente de coleta é conectada a uma articulação esférica que permite o alinhamento da superfície vestibular dos dentes (Figura 1D), no local onde foi obtida cada amostra, perpendicularmente ao longo eixo da ponta diamantada utilizada para corte.

Para corte das amostras foi utilizada uma ponta diamantada tipo trefina, com 4mm de diâmetro interno e margens recobertas com diamante aglutinado (Figura 1E). A ponta diamantada foi colocada em movimento rotatório e deslocada no sentido vertical, sob abundante irrigação (Figura 1F). A partir da porção central de cada coroa foram obtidas 3 amostras com diâmetro exato de 4 mm (Figura 1G). No total foram obtidas 324 amostras que constituíram as unidades experimentais (Figura 1H). Para a padronização da espessura do esmalte e dentina dos espécimes em 1 mm cada, eles foram posicionados em um dispositivo metálico para desgaste, que possuía uma perfuração de diâmetro 0,1 mm maior que o diâmetro do espécime. As amostras removidas dos dentes bovinos foram colocadas no orifício com a dentina voltada para baixo (Figura 2A). O limite amelo-dentinário foi alinhado com a superfície do dispositivo, girando o parafuso central na porção inferior (Figura 2B).

Figura 1- Preparação dos espécimes

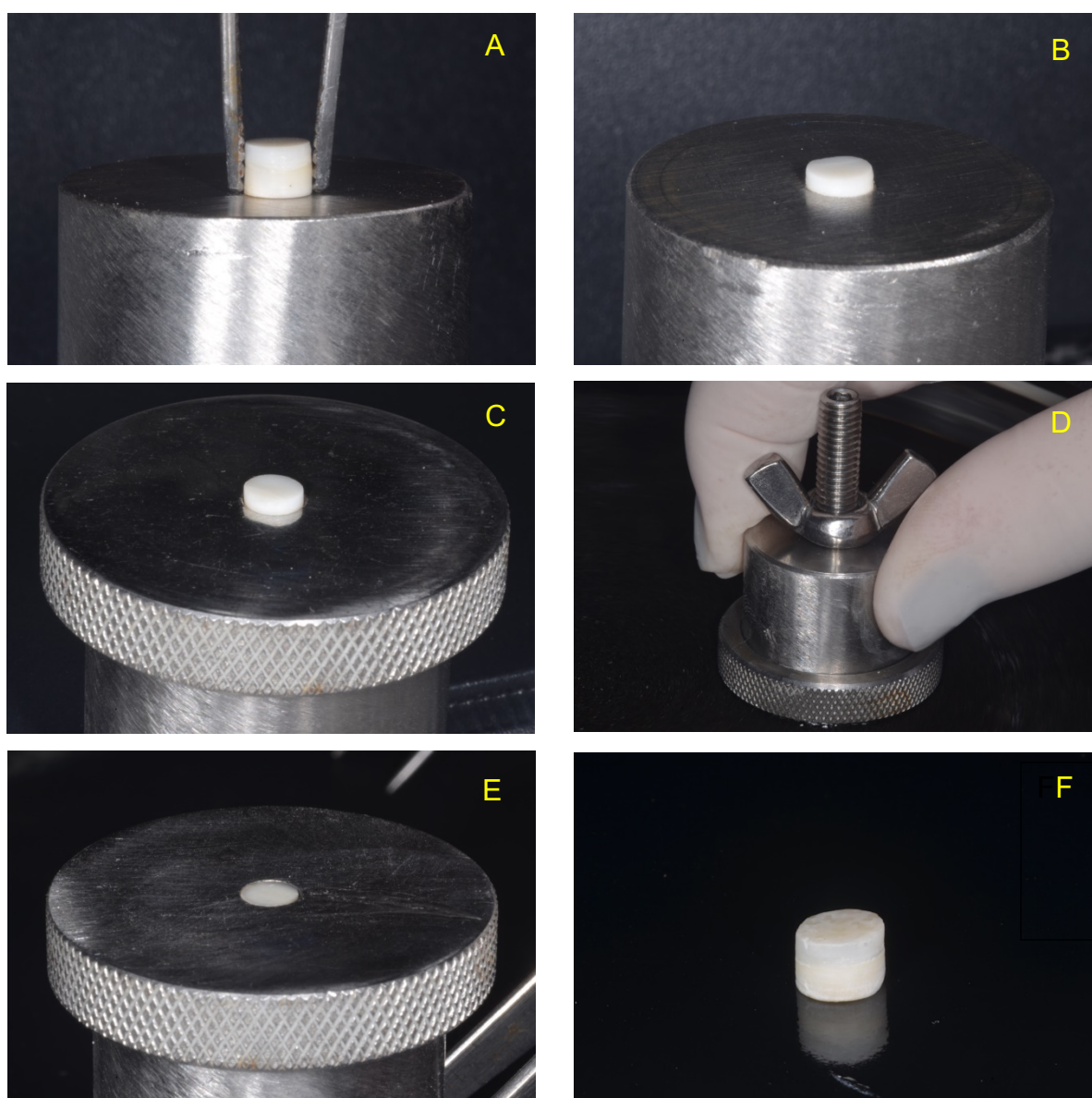


Legenda: A) Secção de coroa e raiz; B) Máquina para corte de amostras circulares; C) Morsa de fixação; D) Alinhamento do recipiente coletor de água; E) Ponta diamantada trefina de 4 mm; F) Corte do segundo espécime sob abundante refrigeração; G) Corte do terceiro espécime; H) Espécime cilíndrico cortado.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Sobre o dispositivo de desgaste foi adaptado um delimitador de remanescente, com espessura de 1,1mm, fazendo com que o excesso de esmalte ficasse projetado sobre a superfície (Figura 2C), levando a amostra à politriz circular (DP-10, Panambra, São Paulo, SP, BR) com lixa 1200 (Fepa-P, Exttec, Enfield, CT, USA) para que fosse desgastado (Figura 2D), e alinhado no suporte (Figura 2E), obtendo-se exatamente 1,1 mm de esmalte remanescente (Figura 2F).

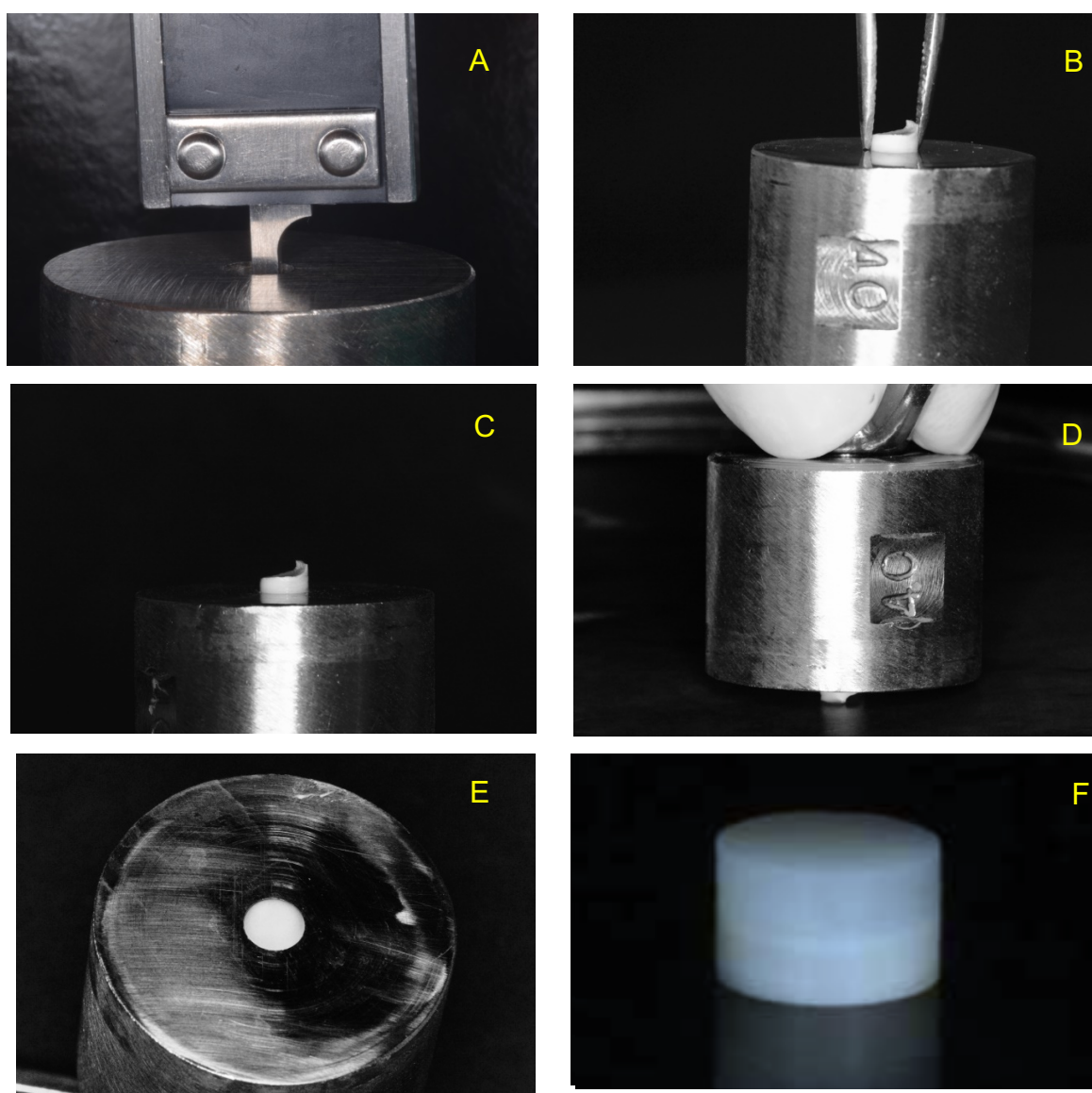
Figura 2 – Padronização da espessura do esmalte



Legenda: A) Posicionamento do espécime no orifício; B) Alinhamento do limite amelo-dentinário com a superfície do metal; C) Adaptação do anel para padronizar a espessura do esmalte; D) Desgaste na politriz; E) Superfície do esmalte planificada; F) Remanescente de esmalte com 1,1 mm.
Fonte: Elaborada pelo autor.

A profundidade do orifício foi então padronizada e travada em 2,1 mm, utilizando-se um paquímetro digital (Starret, Itu, SP, Brasil) (Figura 3A). O espécime foi posicionado com o esmalte desgastado voltado para baixo. Nesta posição o excesso de dentina ficou projetado além da superfície do dispositivo (Figura 3B e 3C). Na sequência foi realizado o desgaste na politriz (Figura 3D), o que removeu o excesso de dentina (Figura 3E) resultando em um espécime com exatamente 1,1 mm de esmalte e 1mm de dentina (Figura 3F).

Figura 3 – Padronização da espessura da dentina

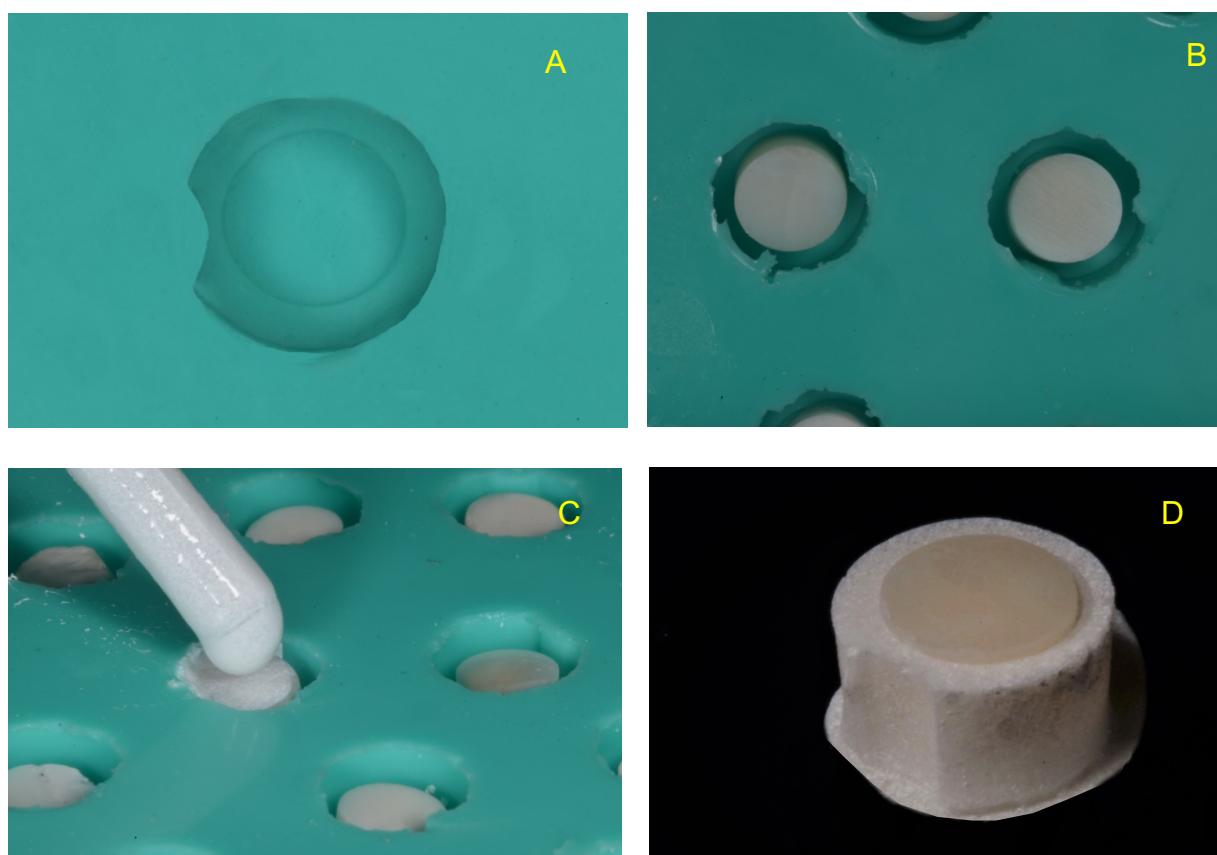


Legenda: A) Ajuste da profundidade do orifício em 2,1 mm usando um paquímetro digital; 3B e 3C) Espécime sendo posicionado, deixando dentina exposta; D) Desgaste da dentina remanescente; E) Dentina removida e planificada; E) Espécime com 1,1 mm de esmalte e 1,0 mm de dentina.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os espécimes foram embutidos com a finalidade de impedir que o agente clareador venha a interagir com a lateral da amostra e com a dentina interna, simulando assim uma situação clínica, onde o clareador é aplicado apenas sobre a superfície do esmalte. Além disso o embutimento criou um fundo branco padronizado onde foi efetuada a leitura da cor. O embutimento foi realizado, utilizando-se uma resina epóxi (Acritec, Panambra, São Paulo, SP, BR) esta resina foi escolhida, por não sofrer alteração de cor na presença de peróxido de hidrogênio. Foi adicionado 10% de dióxido de titânio (pigmento branco) à resina, para conferir essa tonalidade à mesma. Foram misturados o pó da resina F-800 e seu catalizador F-810 (líquido) em quantidades iguais em um recipiente, o qual foi levado à uma centrífuga dual assimétrica (Speed Mixer, FlackTek Inc. – Landrum, SC, USA) por 20 segundos. As amostras foram inseridas em uma matriz de silicone com 6 mm de diâmetro e 3,1 mm de profundidade (Figura 4A). No fundo da matriz existe uma cavidade em um segundo nível com 4 mm de diâmetro e 0,1 mm de profundidade. Na lateral da matriz existe uma projeção em forma de linha curva que produz um sulco lateral no espécime, servindo de referência para o correto posicionamento da amostra durante a leitura da microdureza e da cor. Os espécimes foram posicionados no interior desta cavidade interna com a superfície do esmalte voltada para o fundo da referida matriz (Figura 4B). Em seguida, com o auxílio de uma pipeta Pasteur, a resina foi devidamente aplicada sobre os espécimes (Figura 4C), obtendo-se então o espécime devidamente embutido (Figura 4D).

Figura 4 - Embutimento dos espécimes



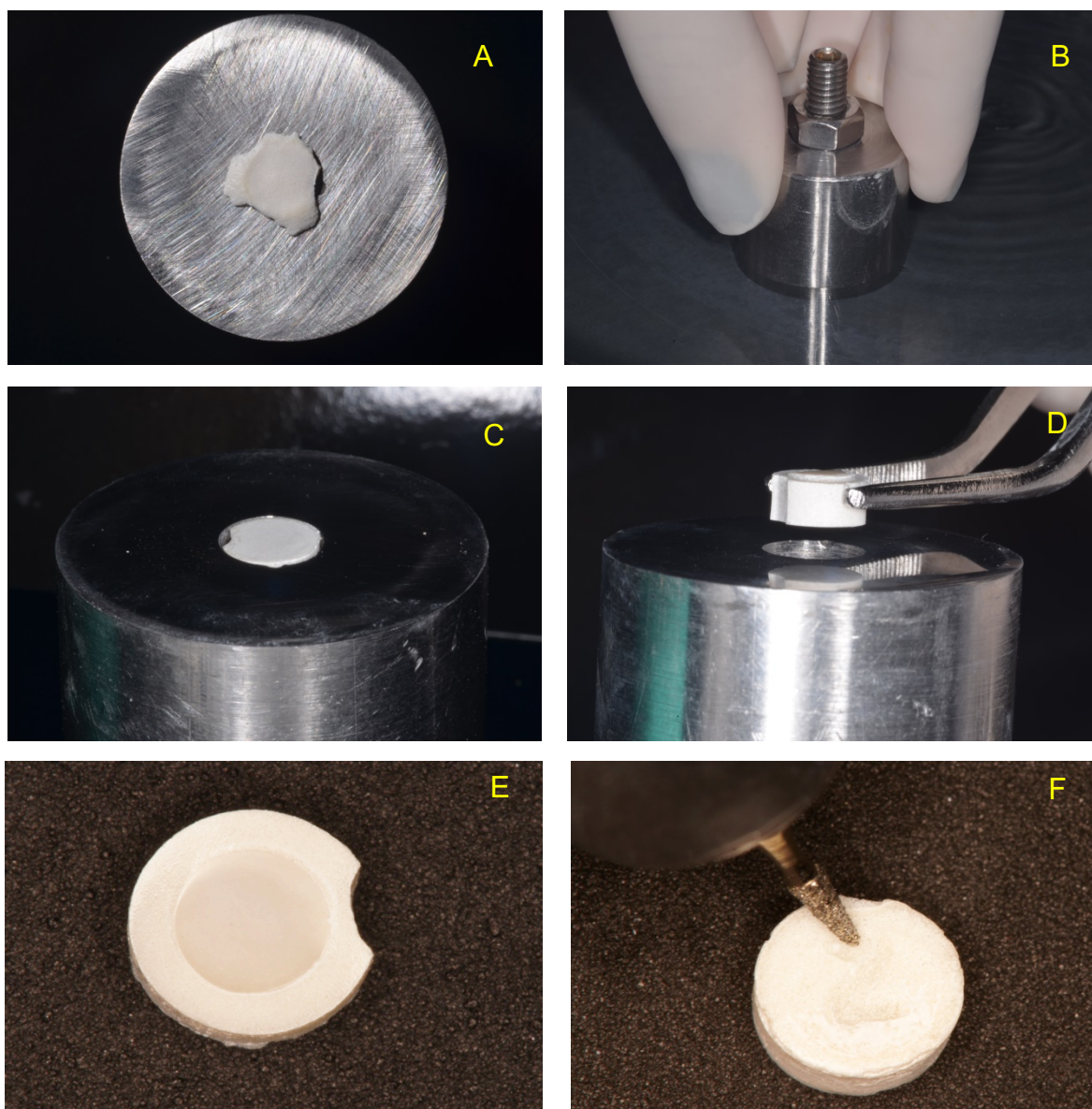
Legenda: A) Matriz de silicone; B) Espécimes posicionados na matriz; C) Aplicação da resina sobre a superfície do espécime; D) Espécime embutido.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Após o embutimento de todos os espécimes, foi realizado o acabamento e polimento, onde foi utilizado um dispositivo de metal com um orifício central de 6 mm de diâmetro e profundidade ajustada em 3 mm, o qual ofereceu uma cavidade em um segundo nível com 4 mm de diâmetro para acomodar a projeção do esmalte. Inicialmente foi realizado o desgaste da base do espécime sendo posicionado com a superfície do esmalte voltada para a superfície interna do dispositivo (Figura 5A).

Este conjunto foi posicionado sobre a plataforma giratória de uma politriz (Figura 5B) circular (DP-10, Panambra, São Paulo, SP, Brasil) sendo utilizada uma lixa de carbetto de silício de granulação 1200 (Extec Corp., Enfield, CT, USA) para que fosse realizado a remoção dos excessos da resina (Figura 5C) e a planificação da mesma. Em seguida o espécime foi posicionado com a face do esmalte voltado para a superfície externa do dispositivo para que fosse feita a planificação do esmalte empregando a lixa 1200 (Figura 5D). Isso permitiu o paralelismo entre as superfícies

polidas e a base de metal na qual foram fixados os espécimes. O lado do espécime correspondente à superfície de esmalte foi polido utilizando lixas de carbeto de silício de granulação, 2400 e 4000 (Extec Corp., Enfield, CT, USA), sob refrigeração com água, 60 s e 2 min, respectivamente (Ávila et al., 2017).

Figura 5 – Polimento dos espécimes embutidos



Legenda: A) Espécime no interior do dispositivo metálico; B) Polimento do remanescente de resina; C) Superfície de resina planificada; D) Espécime sendo adaptada no suporte metálico para planificação do esmalte; E) Espécime planificado e polido; F) Identificação do espécime.
Fonte: Elaborada pelo autor.

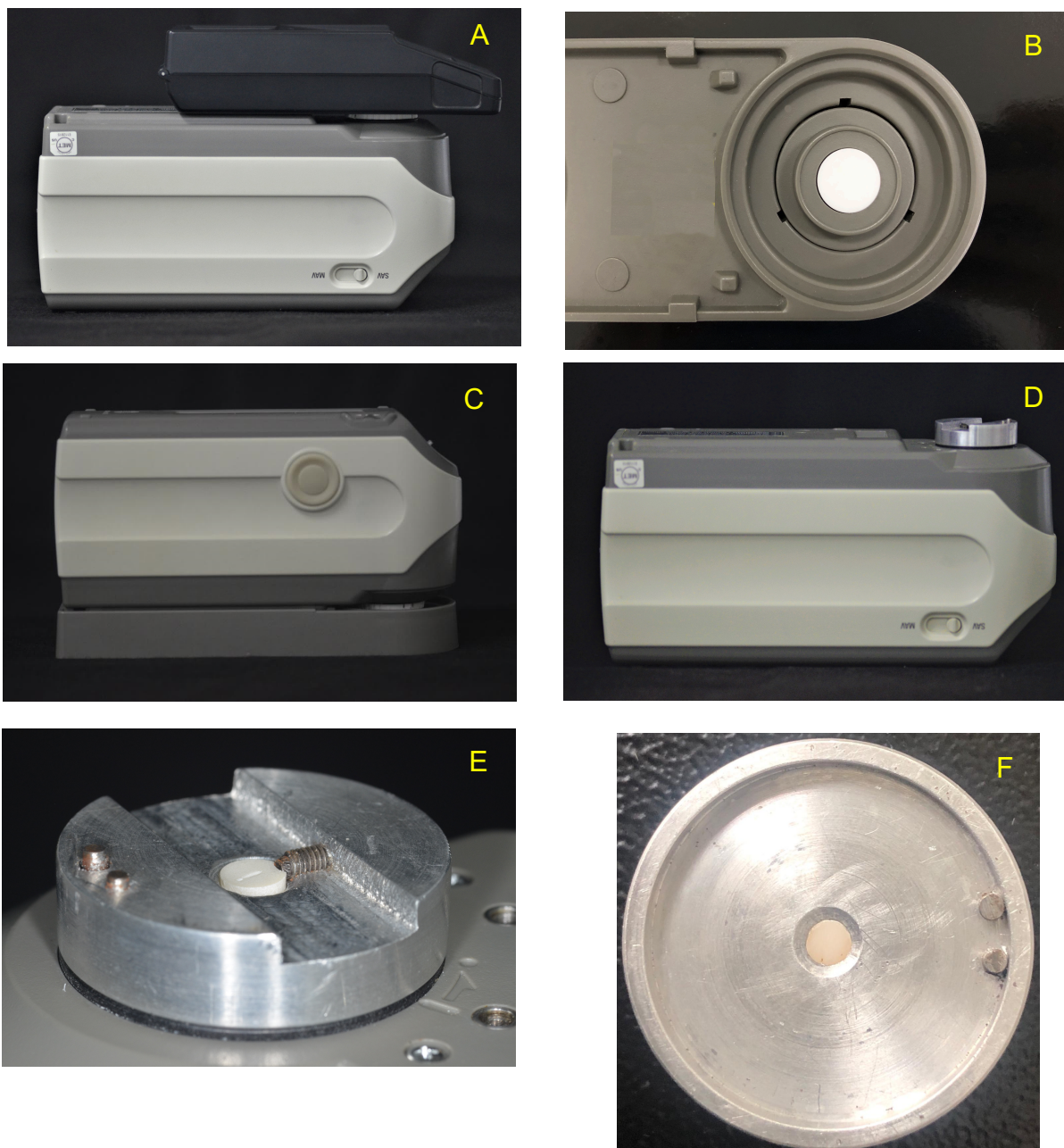
Após o uso de cada lixa os espécimes foram lavados em banho ultrassônico (Ultrasonic Cleaner, Odontobrás, Ribeirão Preto, SP, Brasil), durante 10 min com água tipo II, a fim de remover os resíduos de grãos de abrasivos que poderiam interferir na lisura final da superfície polida. Após o último polimento, os espécimes retornaram ao ultrassom, por 10 min, para a limpeza final. Com os espécimes já devidamente polidos (Figura 5E), foi realizada a identificação de cada amostra com uma ponta diamantada cônica (Figura 5F), marcando-se o número em cada uma. A seguir eles foram imersos em saliva artificial por 7 dias, dentro de um tubo Eppendorf devidamente identificado, empregando a formulação proposta por Göhring et al. (2004).

4.3 Leitura inicial da cor

A seguir foram realizados os procedimentos para avaliação da cor inicial de cada um dos espécimes. Para tal foi utilizado um aparelho de espectrofotômetro colorimétrico de reflectância CM-2600d (Konica Minolta, Osaka, Japão) que possui uma esfera de integração, coletando os dados de cor segundo o sistema CIE $L^*a^*b^*$. Ele capta e registra a quantidade de energia radiante visível refletida em todo espectro visível, a cada 10 nm, desde 360 até 740 nm. O programa SpectraMagic NX (Konica Minolta, Osaka, Japão) foi utilizado para controlar o aparelho e fazer as leituras. O aparelho foi ajustado para leitura de pequenas amostras (SAV), iluminante D65, com ângulo de observação de 2° e reflexão especular inclusa. Uma máscara metálica com um orifício de 3,5 mm foi acoplada no aparelho para realizar a leitura da cor apenas da área de esmalte, escondendo a resina de embutimento. Ele foi ajustado para executar três leituras consecutivas para que se obtivesse uma média dos valores de L^* , a^* e b^* por amostra. Foi realizada uma calibração do aparelho, utilizando-se o fundo preto (Figura 6A), e em seguida, um fundo branco (Figura 6B e 6C) para que se estabelecesse um padrão. Para a leitura as amostras foram removidas da saliva artificial, secas rapidamente com papel absorvente e posicionadas em um suporte metálico (Figura 6D). Para padronizar o posicionamento das mesmas no momento da análise, elas eram colocadas no suporte sempre na mesma posição, ou seja, com a superfície côncava da resina voltada para o parafuso de alinhamento (Figura 6E e 6F).

Após realizar as leituras, os espécimes foram removidos do aparelho e guardados em tubos Eppendorf numerados, contendo 2 ml de saliva artificial.

Figura 6 – Leitura de cor



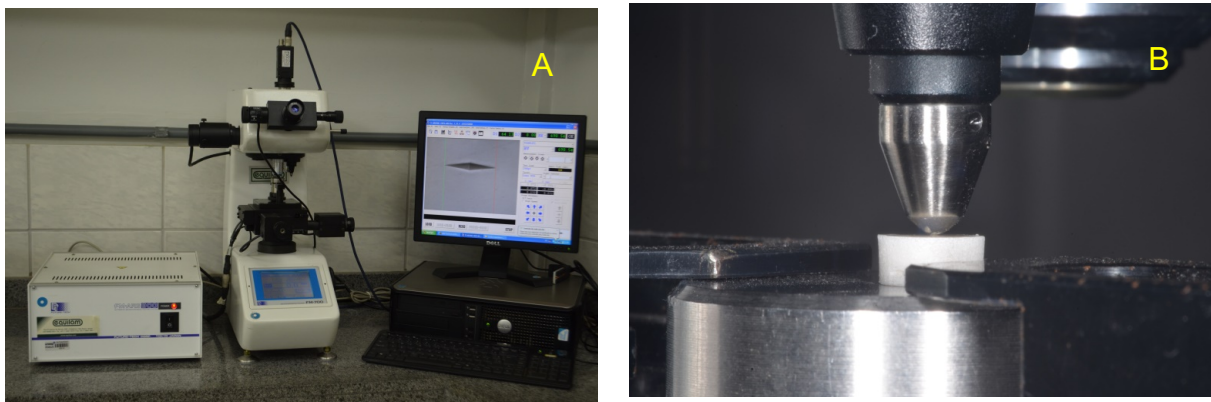
Legenda: A) Calibração do preto; B) Fundo branco; C) Calibração do branco; D) Amostra em posição; E) Espécime posicionado em suporte metálico; F) Espécime posicionado para a realização da leitura de cor.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4 Leitura Inicial da Microdureza

Em seguida foram medidos os valores de microdureza inicial (KHN) do esmalte em todos os espécimes, utilizando um microdurômetro com ponta Knoop (FM -700, Future-Tech, Tóquio, Japão). Foi aplicada uma carga de 50 g e tempo de permanência de 10 s (Figura 7A). Três indentações foram realizadas em cada espécime (Figura 7B), com uma distância média de 100 μm entre elas, obtendo uma média que representa a microdureza da amostra. As indentações realizadas com a finalidade de mensurar a microdureza não interferiram nas medidas da cor, pois são de tamanho reduzido e superficiais, não prejudicando as análises complementares subsequentes.

Figura 7 - Equipamento para Leitura de Microdureza



Legenda: A) Microdurômetro (FM – 700, Future – Tech, Tóquio, Japão); B) Indentação sendo realizada na superfície do esmalte.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.5 Divisão dos grupos

De acordo com as médias de dureza iniciais para cada amostra, elas foram estratificadas nos diferentes grupos e subgrupos, garantindo uma distribuição homogênea dos espécimes de acordo com suas características, antes de se iniciar os respectivos tratamentos. O teste de análise de variância a um fator foi empregado para comparar os valores iniciais de dureza entre os grupos, visando certificar a ausência de diferenças significativas. Considerando que a coordenada cromática b^* é a que mais sofre influência do tratamento clareador, os dados correspondentes também foram analisados estatisticamente, para garantir que os dentes não apresentavam diferenças significantes de tonalidades antes do estudo.

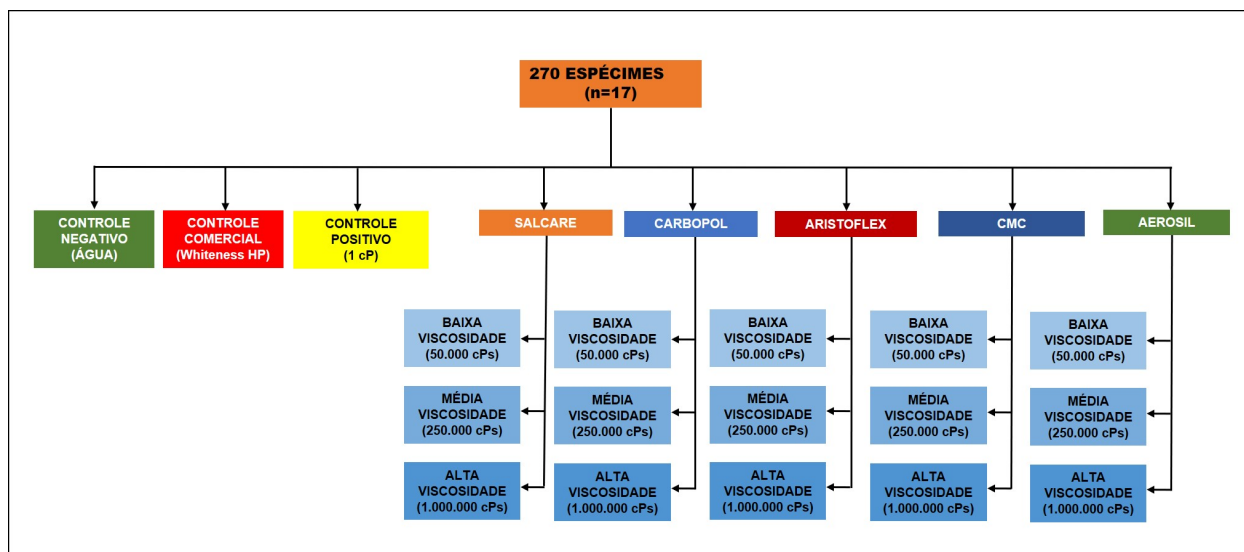
As amostras foram divididas em cinco grupos experimentais, dependendo do agente espessante a ser utilizado para preparar um gel a base de peróxido de hidrogênio a 35% (Ae – Aerosil; Ar – Aristoflex; Ca – Carbopol; CMC – Carboximetilcelulose e Sa- Salcare). Cada grupo foi dividido em três subgrupos, de acordo com a viscosidade final do gel clareador (B - baixa - 50.000 cPs; M - média - 250.000 cPs; A - alta – 1.000.000 cPs). Um grupo controle positivo (CP) foi realizado, onde uma solução de peróxido de hidrogênio com a mesma concentração e pH foi empregada para o clareamento, sem a inclusão de qualquer agente espessante. Além disso, um grupo controle negativo (CN) foi realizado, onde os espécimes receberam a aplicação de água ultrapura em pH 7, da mesma forma como os agentes clareadores foram aplicados nos demais grupos. Por fim, e um grupo controle empregando um produto disponível comercialmente (CC) foi preparado, onde utilizou-se o gel de peróxido de hidrogênio a 35% Whiteness HP (FGM), seguindo as recomendações do fabricante. Ao final, as seguintes combinações foram testadas (n=19):

- Ae/B – Foi utilizado um gel de baixa viscosidade com o espessante Aerosil (Evonik Industries, Hanau, Hesse, Germany);
- Ae/M – Foi utilizado um gel de média viscosidade com Aerosil;
- Ae/A – Foi utilizado um gel de alta viscosidade com Aerosil;
- Ar/B – Foi utilizado um gel de baixa viscosidade com o espessante Aristoflex (Clariant, Charlotte, NC, USA);

- Ar/M – Foi utilizado um gel de média viscosidade Aristoflex;
- Ar/A – Foi utilizado um gel de alta viscosidade com Aristoflex;
- Ca/B – Foi utilizado um gel de baixa viscosidade com o espessante Carbopol (Clariant, Charlotte, NC, USA);
- Ca/M - Foi utilizado um gel de média viscosidade com Carbopol;
- Ca/A - Foi utilizado um gel de alta viscosidade com Carbopol;
- CMC/B – Foi utilizado um gel de baixa viscosidade com o espessante Carboximetilcelulose (Merck, Darmstadt, Hessen, Germany);
- CMC/M – Foi utilizado um gel de média viscosidade com Carboximetilcelulose;
- CMC/A – Foi utilizado um gel de alta viscosidade com Carboximetilcelulose;
- Sa/B – Foi utilizado o gel de baixa viscosidade com espessante Salcare (BASF, Ludwigshafen, Rhineland-Palatinate, Germany);
- Sa/M – Foi utilizado um gel de média viscosidade com espessante Salcare;
- Sa/A – Foi utilizado um gel de alta viscosidade com espessante Salcare;
- CP – Controle positivo - Foi utilizado uma solução de peróxido sem adição de agente espessante;
- CN – Controle negativo – Foi aplicado água ultrapura;
- CC – Controle comercial, foi utilizado o gel comercial Whiteness HP.

A Figura 8 sumariza todos os grupos que foram testados.

Figura 8 – Distribuição dos grupos/subgrupos



Legenda: Divisão dos grupos e subgrupos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 Preparo dos géis clareadores

Os géis clareadores à base de peróxido de hidrogênio à 35% foram devidamente manipulados, em diferentes viscosidades, utilizando-se os variados agentes espessantes. Para manipulação dos mesmos, utilizamos uma solução de peróxido de hidrogênio 60% (Kolovec do Brasil, Diadema, São Paulo, Brasil), água ultrapura e os espessantes mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Espessantes utilizados no preparo do gel

ESPESSANTE	COMPOSIÇÃO	CAS	FABRICANTE
Salcare 81	Copolímero acrílico aniônico	9033-79-8	BASF
Carbopol 980	Polímero acrílico hidrossolúvel	9003-01-4	Lubrizol Corporation
Aristoflex	Ácido sulfônico polimérico	335383-60-3	Clariant Production UK Ltda
Aerosil 200	Sílica pirogênica	112945-52-57631-86-9	Evonik
Carboximetilcelulose	Polímero linear aniônico	9004-32-4	Merck

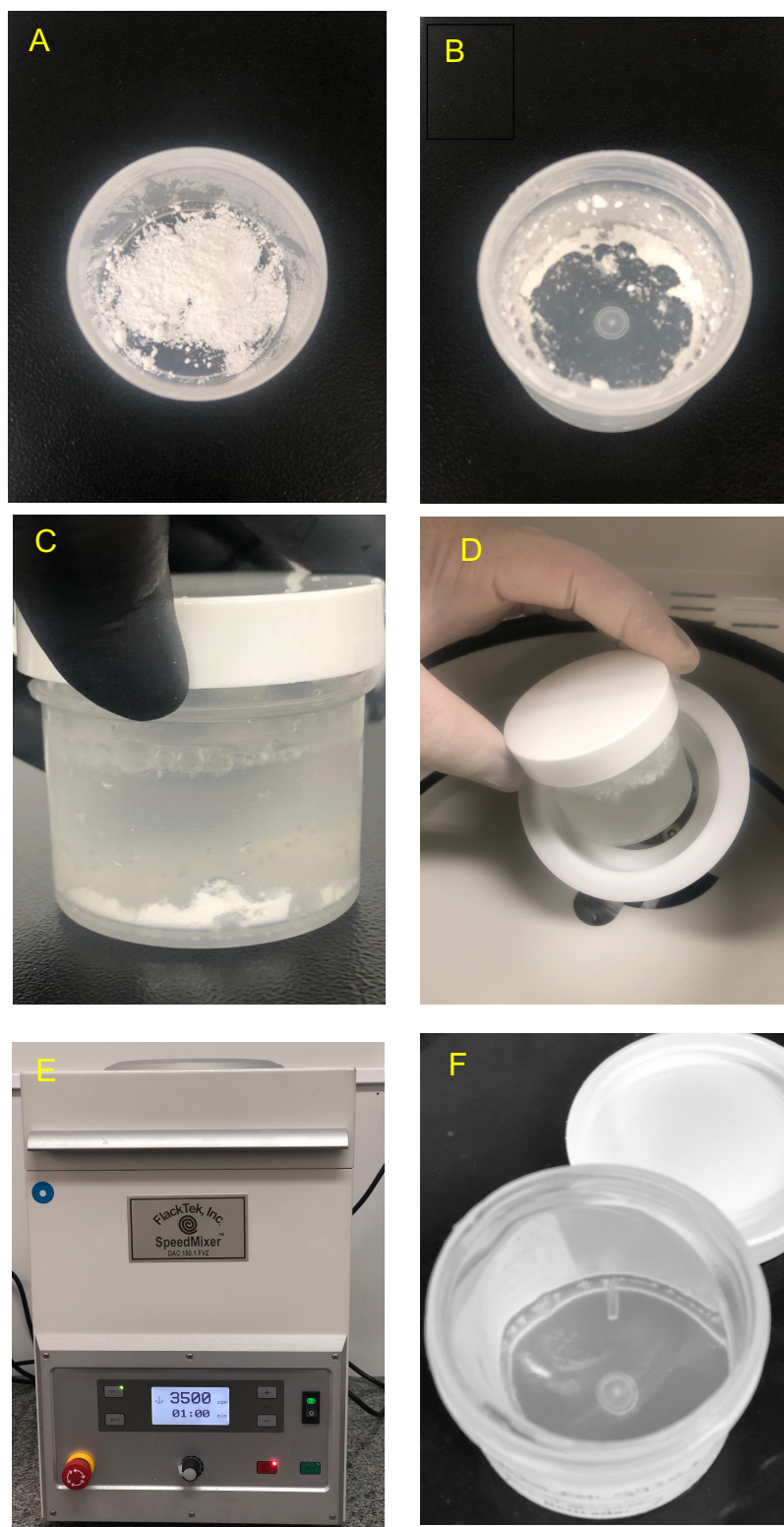
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quantidades padronizadas de peróxido de hidrogênio e água ultrapura foram acrescentadas a cada formulação, para que uma concentração final de peróxido de hidrogênio à 35% (p/p) fosse obtida. A concentração inicial de peróxido na solução original, assim como o teor final no gel clareador manipulado, foi checada por meio de titulação empregando o permanganato de potássio.

Por motivo de padronização, todos os géis foram ajustados para pH 7 pela adição de quantidade suficiente de uma solução de hidróxido de sódio a 10 M. A quantidade necessária de cada espessante para se atingir o nível de viscosidade desejada foi determinada através de um estudo piloto. Géis com três níveis de viscosidades foram preparados para cada espessante, sendo eles 50.000 (Baixa), 250.000 (Média) e 1.000.000 cP (Alta).

Dentro de um frasco com capacidade de 50 g do misturador foram colocados o espessante, o peróxido e a solução de hidróxido de sódio nas quantidades desejadas. O pote foi então fechado e levado ao adaptador do misturador tipo centrífuga dual assimétrica (Speed Mixer, DAC 150.1 FVZ, FlackTek Inc. – Landrum, SC, USA), a qual foi acionada por x minutos a uma rotação de x rpm. Detalhes do processo de preparo do gel podem ser observados na Figura 9.

Figura 9 – Manipulação dos géis clareadores.



Legenda: A) Colocação do espessante no frasco; B) Colocação dos reagentes líquidos dentro do pote; C) Frasco sendo fechado; D) Frasco sendo posicionado dentro do misturador; E) Misturador acionado; F) Gel finalizado.

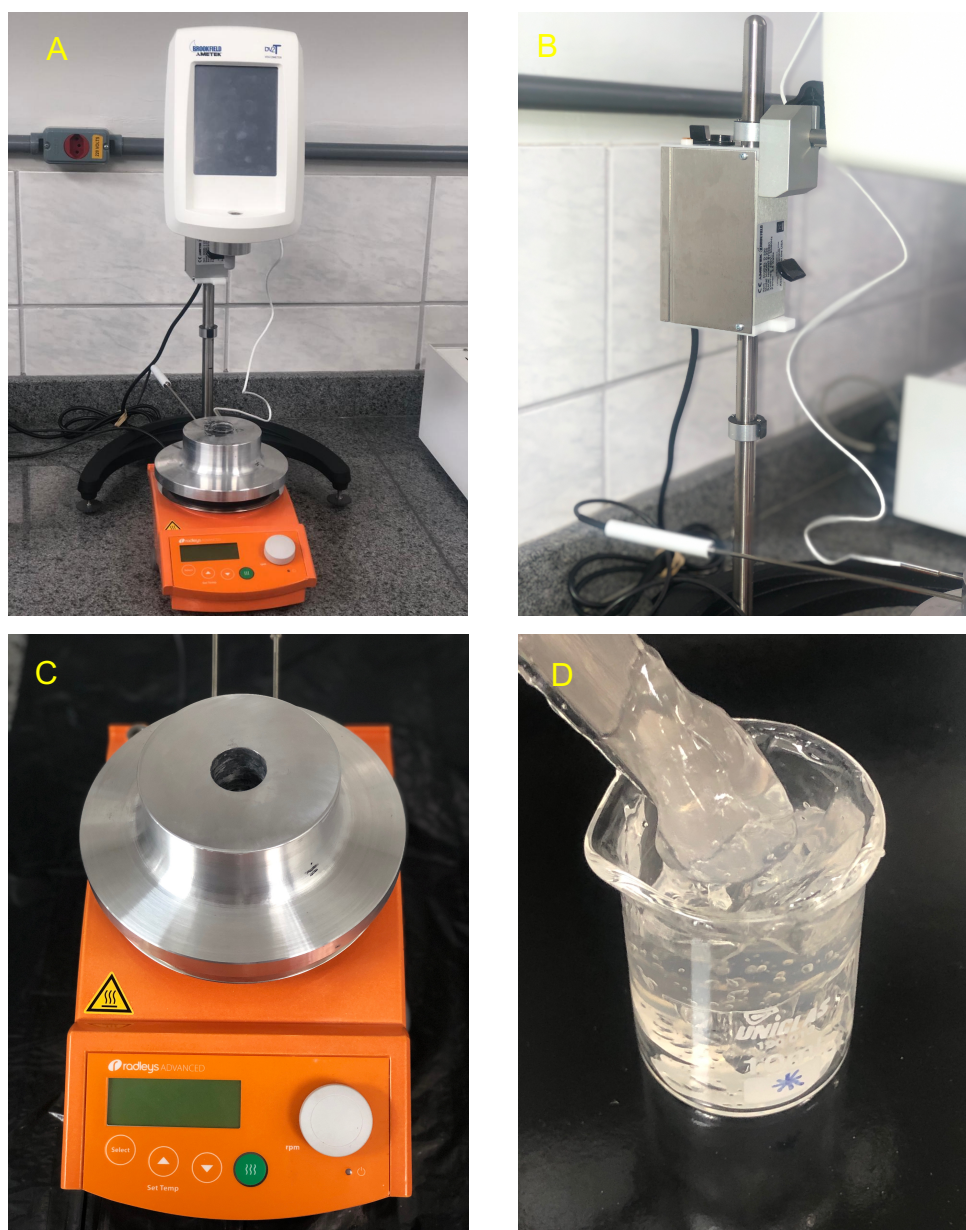
Fonte: Elaborado pelo autor.

Formulações com quantidades gradualmente maiores de espessante foram preparadas, sendo a viscosidade determinada pelo método dinâmico. Para essa aferição foi utilizado um viscosímetro Brookfield DV2T (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA) (Figura 10A), com haste em forma de “T” número 96. A esse aparelho foi acoplado a um suporte dinâmico (Helipath Stand, Brookfield) (Figura 10B), que movimentava o conjunto para baixo e para cima ao mesmo tempo que a haste girava, resultando um movimento helicoidal da haste em T dentro do gel. O Frasco foi posicionado dentro de um bloco adaptador sobre uma placa de aquecimento para controle de temperatura (Figura 10C). Dez gramas de cada gel foram colocados dentro de um frasco de leitura do frasco Becker tipo Griffin com capacidade para 10ml (Uniglass, Caçapava, São Paulo, Brasil) (Figura 10D), o qual foi posicionado dentro do orifício de um bloco adaptador confeccionado em alumínio (Figura 11A), para controle de temperatura, especificamente desenvolvido para esse experimento, ao qual se encaixava perfeitamente. Este bloco foi acoplado a uma placa de aquecimento microprocessada (Heat-On™ Block System), Radleys, Saffron Walden, United Kingdom) que foi ajustada a uma temperatura de 30°C (Figura 11B). Essa temperatura foi escolhida em avaliação prévia in vivo da temperatura do gel clareador aplicado sobre os dentes. Esta placa possuía um sensor de temperatura que foi conectado ao bloco de alumínio, que permitia uma interação do tipo feedback (Figura 11C). Este sensor detectava a temperatura do bloco e promovia o aquecimento necessário para mantê-lo em temperatura constante, garantindo assim condições padronizadas de temperatura essencial para a leitura da viscosidade dos géis. O viscosímetro rotacional também possuía um sensor de temperatura que, da mesma forma, foi acoplado ao bloco, fazendo com que todo o sistema fosse integrado (Figura 11D).

A haste em T foi posicionada dentro do gel, a uma distância de 5mm da superfície. Através do sistema helipath, essa haste se deslocava 25mm dentro do gel no sentido vertical, chegando a 5mm da base do frasco, retornando automaticamente para cima, repetindo o ciclo durante a duração do teste. O aparelho foi acionado a uma velocidade de rotação de 0,5 rpm. Essa rotação gerava uma força necessária para vencer a resistência que a viscosidade do material em estudo oferece ao movimento rotacional. O aparelho era capaz de detectar o torque do motor para manter essa velocidade, o qual era convertido em valores de viscosidade em cP

(centipoise). O início da leitura ocorreu após 2 minutos do início da leitura para que o valor se estabilizasse, obtendo-se um dado a cada segundo por 1 segundo, resultando em 240 valores dos quais foi calculada uma média. No total a haste se deslocou 6 vezes para baixo e para cima e cada leitura.

Figura 10 – Metodologia empregada para leitura da viscosidade Brookfield



Legenda: A) Viscosímetro DV2T (Brookfield) e acessórios; B) Sistema helipath; C) Bloco para adaptação do frasco de leitura, evidenciando os sensores de temperatura; D) Gel sendo transferido para pote Becker.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 11 –Mensuração da viscosidade



Legenda: A) Frasco sendo posicionado no bloco adaptador; B) Haste em T em posição para início da leitura; C) Haste se deslocando dentro do gel; D) Tela do aparelho mostrando os dados durante a leitura.

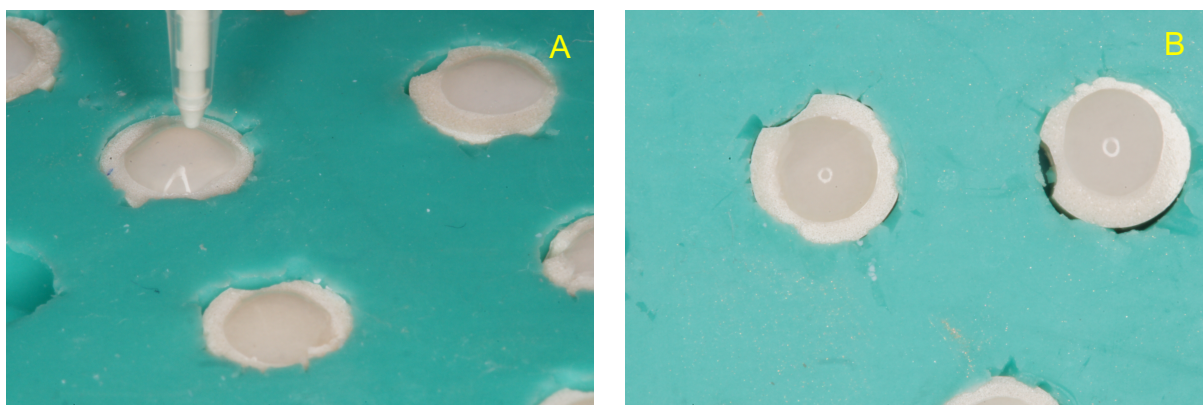
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.7 Aplicação dos géis clareadores

As amostras de cada grupo foram posicionadas em uma matriz de silicone e receberam a aplicação dos agentes clareadores (Figura 12A), conforme o grupo/subgrupo. Para tal 10 µl de gel ou solução foi levada à superfície do esmalte de cada amostra (Figura 12B). Para mensuração da quantidade de gel foi utilizada uma pipeta de deslocamento positivo para materiais viscosos (Pos-D™, Rainin, Mettler Toledo Rainin, LLC, Oakland, CA - USA), em cuja ponteira existe um êmbolo adequado para essa finalidade. Para a solução foi utilizada uma pipeta automática de 10 µl (HTL Labmate International, St. Albans, Hertfordshire, United Kingdom). Em seguida, as amostras na base de silicone, foram acondicionadas em um pote, cujo fundo estava coberto por gaze embebida em água ultrapura, e este foi fechado e levado à estufa; esta estava em uma temperatura de 30°C e permaneceram por lá por 20 minutos.

Foram feitas 3 aplicações de gel ou solução, durante 20 minutos cada. Após cada aplicação, o gel ou solução era aspirado por meio de uma cânula de sucção ligada à uma bomba à vácuo (Nevoni, São Paulo, SP, Brasil). As amostras lavadas em água deionizada corrente, esfregando-se sobre a superfície uma mecha de algodão para permitir a remoção completa de qualquer remanescente. Imediatamente após o tratamento clareador, foi realizada a mensuração da microdureza das amostras. Em seguida, as amostras foram novamente acondicionadas em seus respectivos tubos Eppendorf, com 2 mL de saliva artificial, a qual era trocada todos os dias, durante 7 dias, para que então realizássemos a leitura final da cor.

Figura 12 – Aplicação do agente clareador



Legenda: A) Espécimes posicionados no suporte e silicone com a superfície de esmalte exposta recebendo a aplicação do gel com uma ponteira de uma pipeta de deslocamento positivo; B) Gel clareador aplicado sobre as superfícies de esmalte dos espécimes.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.8 Leitura das concentrações do peróxido de hidrogênio inicial e final

A concentração de peróxido de hidrogênio na solução padrão usada para preparar os géis e nos géis resultantes foi mensurada utilizando o método de permanganometria, conforme a fórmula a seguir:



Para se mensurar a referida concentração, foi utilizado um titulador automático modelo HI 902C1-02 (Hanna Instruments, Woonsocket, Rhode Island USA) (Figura 13A).

Foi realizada a medida da concentração de peróxido de hidrogênio inicial presente nos diversos géis clareadores. Ao final de cada aplicação de gel sobre as amostras (20 minutos), uma pequena quantidade do referido gel era coletada para que fosse realizada a mensuração da concentração de peróxido de hidrogênio, também ao final de cada aplicação.

Foram pesadas as amostras de gel clareador em balança analítica (Mettler Toledo – XP 204) e deveriam ter um peso mínimo de 0,0250 g (segundo testes laboratoriais previamente realizados), para que a tituladora efetuasse o processo de

leitura da concentração de peróxido. Em seguida foi adicionado 10 mL de água ultrapura em um recipiente, para que ocorresse a diluição do gel. O recipiente foi colocado em uma centrífuga dual assimétrica (Speed Mixer DAC 150.1 FVZ – Hauschild Engineeng) programada para 3500 rpm por 60 segundos.

Após a diluição da amostra, a mesma foi depositada em um Becker de 100 mL (Figura 13B) contendo 20 mL de ácido sulfúrico (Figura 13C), posicionado em um agitador magnético (Figura 13D) juntamente com o sensor de temperatura e o eletrodo do titulador, estando ambos em contato com a solução.

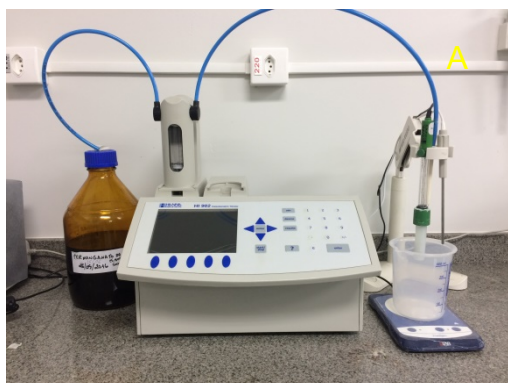
O peso da amostra foi manualmente registrado no titulador, para que a titulação fosse iniciada. No início a solução apresenta-se transparente. Foram depositadas alíquotas de solução de permanganato de potássio (coloração roxa) sobre a solução inicial (Figura 13E), até o momento em que a reação atingisse seu pico (quando a solução de peróxido de hidrogênio e ácido sulfúrico transparente se tornam de coloração rósea irreversível).

Finalizada esta etapa, foi possível identificar exatamente o ponto em que a reação de óxido–redução tem seu ponto de viragem, na qual foi possível mencionar a concentração do peróxido

O percentual de redução da concentração de peróxido no gel após o tratamento em relação à concentração inicial foi calculado empregando a fórmula:

$$\% \text{ redução} = 100 - \frac{C_{\text{final}} * 100}{C_{\text{inicial}}}$$

Figura 12 – Mensuração da concentração do peróxido de hidrogênio



Legenda: A) Titulador automático; B) Pesagem da amostra de gel; C) Solução de ácido sulfúrico; D) Injeção de permanganato; E) Determinação do ponto final; F) Leitura da concentração.
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.9 Leitura final da microdureza e cor

Imediatamente após o clareamento, a microdureza das amostras foi novamente mensurada para que se conseguisse avaliar os efeitos dos clareadores sobre o esmalte dentário. O percentual de redução da microdureza após o tratamento em relação à dureza inicial foi calculado, empregando a fórmula:

$$\% \text{ redução} = 100 - \frac{D_{\text{final}} * 100}{D_{\text{inicial}}}$$

As amostras foram então armazenadas em tubo Eppendorf com 2 mL de saliva artificial, conforme Göhring et al. (2004) por 7 dias, com trocas diárias, com o objetivo de promover uma condição ambiental semelhante às condições *in vivo*, para reidratação e liberação do peróxido residual. A seguir a cor foi avaliada segundo os mesmos parâmetros descritos anteriormente. Para que se pudesse comparar a situação antes e após os tratamentos, as diferenças nos valores de L* (ΔL), a* (Δa) e b* (Δb), assim como a variação geral da percepção de cor foram calculadas automaticamente pelo software Spectramagic NX. Para o cálculo da variação da sensação de cor foram empregadas as fórmulas para determinar os valores de ΔE^*_{ab} e ΔE_{2000} :

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

$$\Delta E_{00} = \left(\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*}{k_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C^* \Delta H^*}{S_C S_H} \right) \right)^{1/2}$$

5 PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO

Segundo a proposta deste estudo, as seguintes hipóteses de nulidade foram avaliadas:

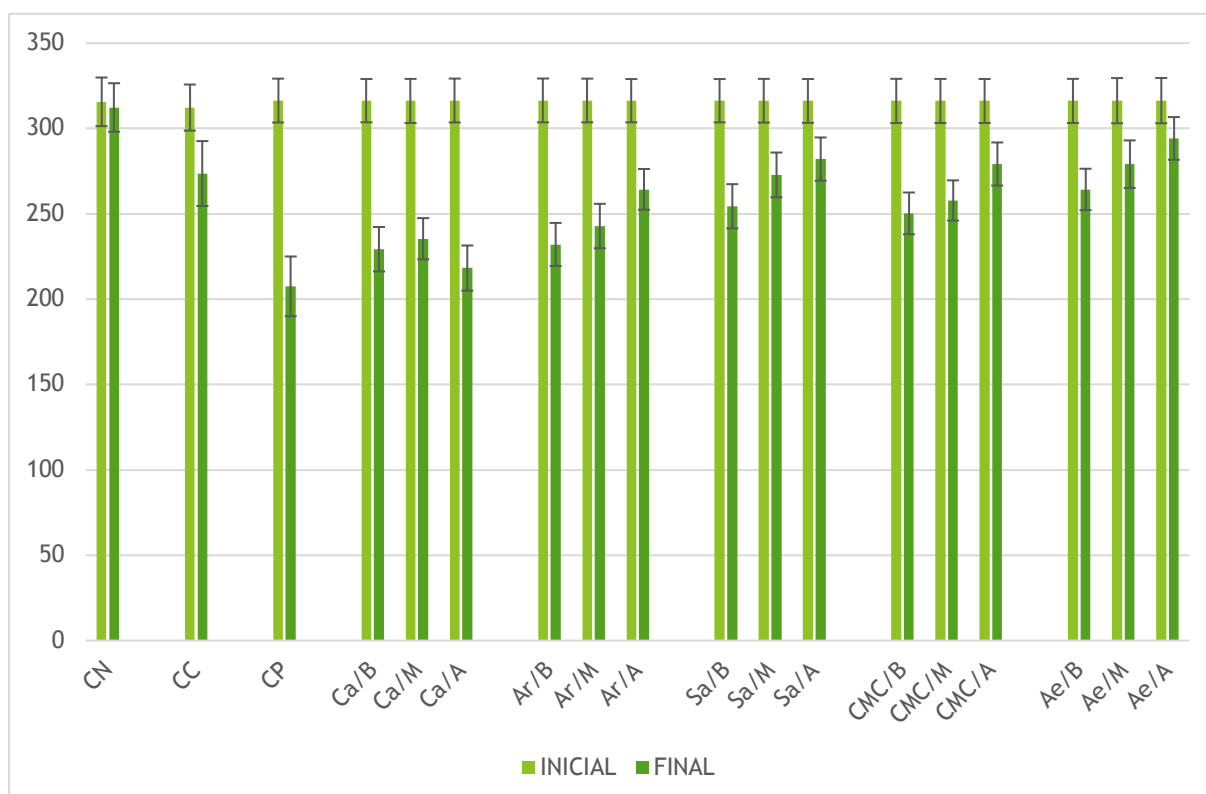
- H0 a – o tipo de agente espessante e viscosidade dos géis não influenciam o efeito clareador;
- H0 b- o tipo de agente espessante e viscosidade dos géis clareadores não influenciam na microdureza do esmalte;
- H0 c – o tipo de agente espessante e viscosidade dos géis não influenciam a concentração final de peróxido de hidrogênio;
- H0 d – Os grupos experimentais não apresentarem diferenças significantes em relação aos grupos controle positivo, negativo e comercial.

6 RESULTADOS

Os géis clareadores foram manipulados para que atingissem três níveis de viscosidade padronizadas, sendo ela 50.000 cPs, 250.000 cPs e 1.000.000 cPs. O grupo controle negativo que empregou água e o grupo controle positivo que utilizou peróxido de hidrogênio puro mostraram viscosidades igual a 1cP. O gel clareador comercial Whiteness HP apresentou uma viscosidade de 182.775 cPs.

Na Figura 14 são apresentados os valores de média e desvio padrão da microdureza para todos os grupos, antes e depois dos tratamentos.

Figura 14 – Valores de média e desvio padrão da microdureza inicial e final para todos os grupos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 1 podemos observar os resultados da análise de variância a 2 fatores para a microdureza inicial e valores das coordenada L*, a* b*. Nenhuma diferença significativa foi observada.

Tabela 1 – Resultados da ANOVA a 2 fatores quanto à microdureza inicial e coordenadas L*, a* e b*

Parâmetros	SQ	GL	QM	F	P
Microdureza	1666	13	90	0,09	0,99*
L*	102	17	6	0,9	0
a*	14,25	17	0,83	1,00	0,4487
b*	209,66	17	12,33	1,02	0,4327

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 2 observam-se os resultados do teste de ANOVA a dois fatores para o percentual de redução de microdureza após os tratamentos. Diferenças significativas foram observadas para os fatores tipo de espessante e viscosidade, assim como para a interação entre eles.

Tabela 2 – Resultados de ANOVA a dois fatores para a comparação entre os grupos quanto ao percentual de redução da microdureza final

Parâmetros	SQ	GL	QM	F	p
Espessante	4503,84	4	1125,96	1410,96	0,0001*
Viscosidade	1049,53	2	524,76	657,59	0,0001*
Espessante X Viscosidade	747,24	8	93,41	117,05	0,0001*

Legenda: * Diferenças significativas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do teste de Tukey para o fator tipo de espessante, podem ser observados na Tabela 3. Podemos observar que o espessante Aerosil possibilitou a menor redução de microdureza, enquanto o espessante Carbopol gerou maior alteração.

Tabela 3 – Percentual de redução de microdureza e resultados do teste de Tukey para fator tipo de espessante

Grupos	Média	DP	Conjuntos Homogêneos*
Aerosil	11,73	3,98	A
Salcare	14,71	3,79	B
Carboximetilcelulose	17,00	4,01	C
Aristoflex	22,13	4,43	D
Carbopol	28,06	2,59	E

Legenda: * Grupos seguidos de letras diferentes apresentam diferenças significantes.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do teste de Tukey para o fator viscosidade estão apresentados na Tabela 4. Podemos verificar que a viscosidade alta gerou um menor percentual de redução da microdureza do que as viscosidades média e baixa.

Tabela 4 – Percentual de redução de microdureza e resultados do teste de Tukey para fator viscosidade

Viscosidade	Média	DP	Conjuntos Homogêneos*
Alta	15,39	8,52	A
Média	18,56	5,42	B
Baixa	22,22	4,40	C

Legenda: * Os grupos acompanhados de letras diferentes apresentam diferenças significantes.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 5 observa-se os resultados do teste de Dunnett para comparação do percentual de redução de dureza dos grupos experimentais com os grupos controle negativo, controle positivo e controle comercial. Podemos constatar que todos os grupos apresentaram diferenças significativas em relação ao CN (Controle negativo). Apenas o grupo CAA (Carbopol alta viscosidade) não apresentou diferença em relação ao controle positivo. Além disso, apenas o grupo SM (Salcare média viscosidade) não apresentou diferença significativa em relação ao controle comercial.

Tabela 5 – Médias (Desvio Padrão) do percentual de redução de dureza e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle

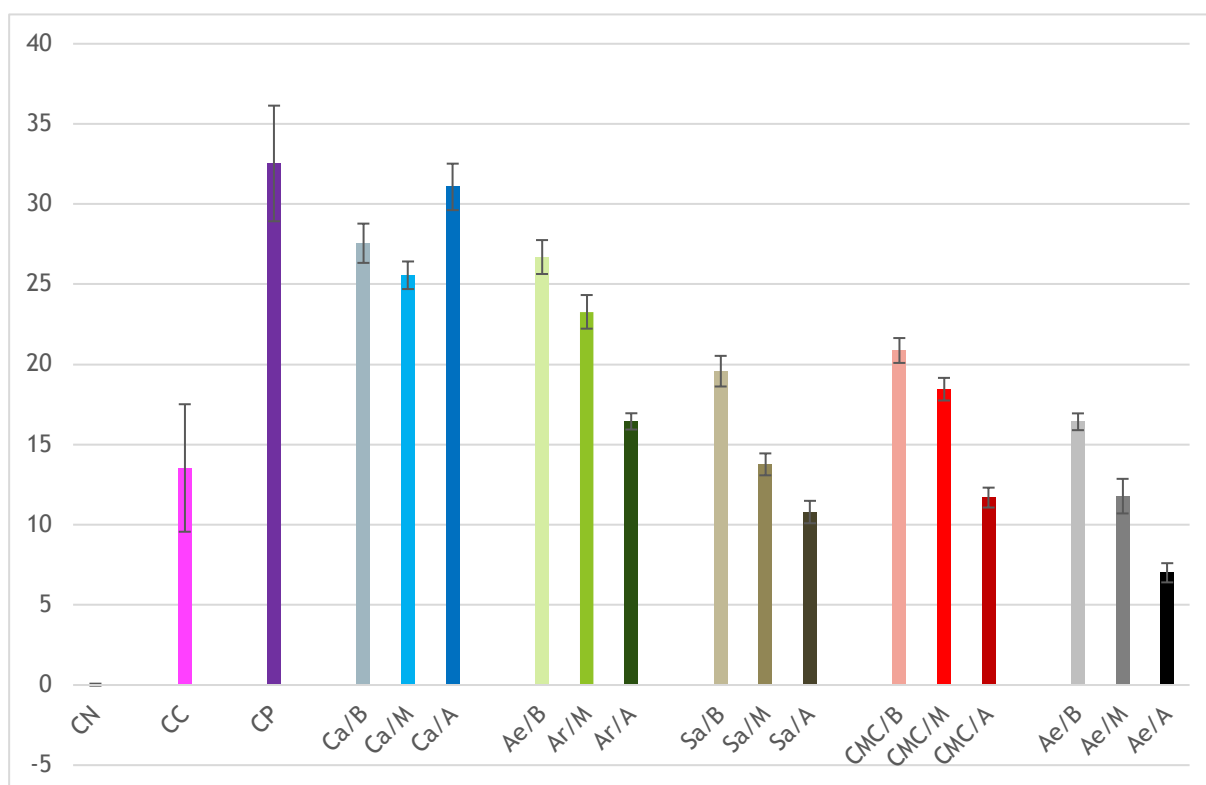
Grupos Experimentais			CN	CP	CC
Espessante	Viscosidade	Média (DP)	0,02 (0,06)	32,53 (3,60)	13,53 (3,97)
Carbopol	Baixa	27,55(1,22)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
	Média	25,56 (0,86)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
	Alta	31,07 (1,44)	0,0001*	0,1332	0,0001*
Aristoflex	Baixa	26,69 (1,05)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
	Média	23,27 (1,04)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
	Alta	16,44 (0,50)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
Salcare	Baixa	19,57 (0,95)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
	Média	13,76 (0,68)	0,0001*	0,0001*	1,0000
	Alta	10,79 (0,69)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
CMC	Baixa	20,86 (0,77)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
	Média	18,45 (0,70)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
	Alta	11,69 (0,62)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
Aerosil	Baixa	16,42 (0,52)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
	Média	11,78 (1,07)	0,0001*	0,0001*	0,0001*
	Alta	7,00 (0,59)	0,0001*	0,0001*	0,0001*

Legenda: *Diferenças significativas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 15 observa-se as médias e desvios padrões dos percentuais de redução de dureza para todos os grupos.

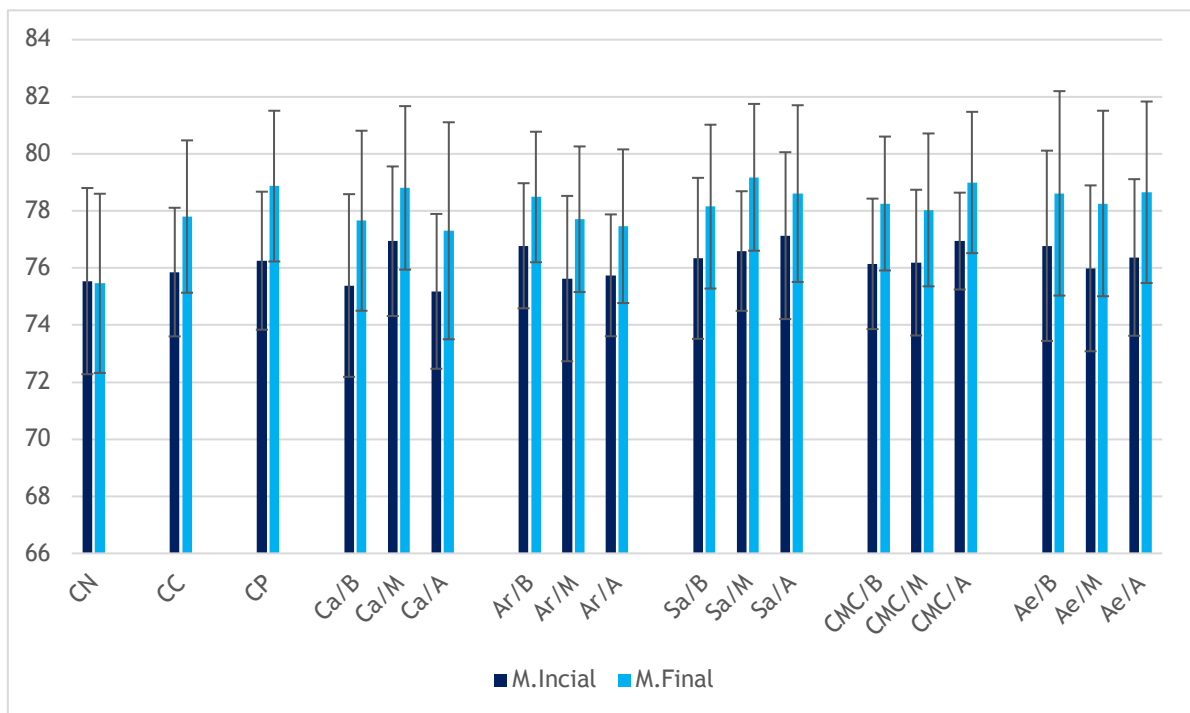
Figura 15 – Médias (desvio-padrão) dos percentuais de redução de dureza para todos os grupos



Fonte: Elaborado pelo autor.

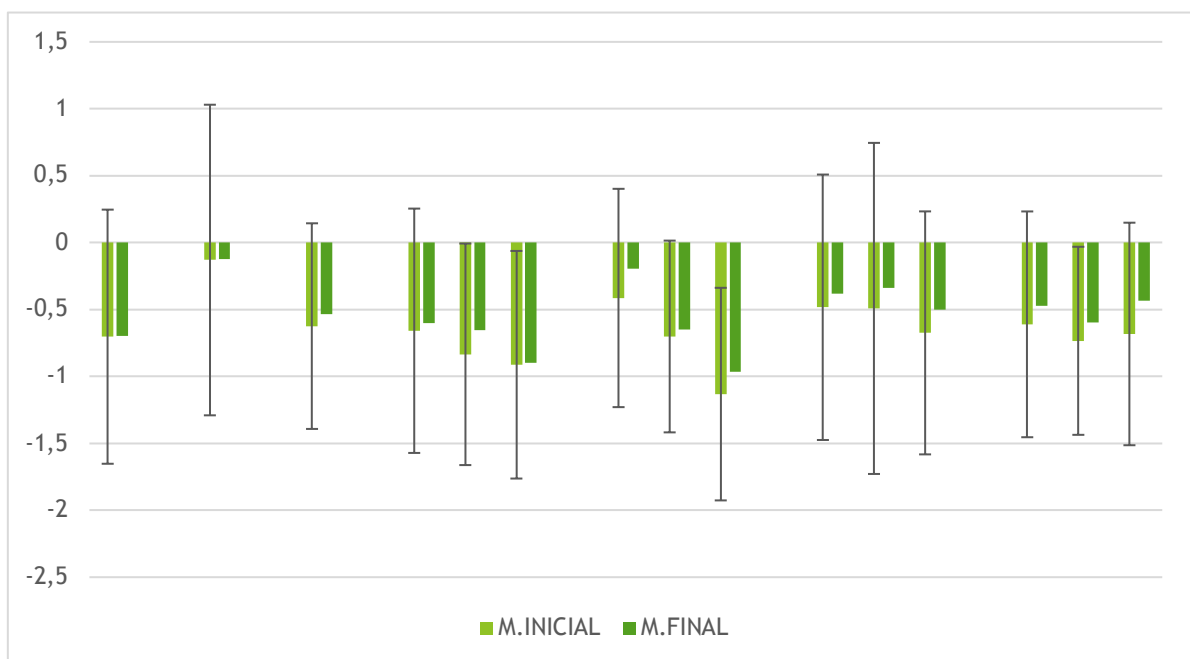
Com relação à cor, a ANOVA a 1 fator não mostrou diferenças significantes entre os grupos na avaliação inicial para os valores de L^* ($p=0,63192$), a^* ($p=0,448751$) e b^* ($p= 0,432714$). Após os tratamentos, com exceção do controle negativo, os demais grupos clareados mostraram aumento nos valores de L^* e redução nos valores de b^* , indicando que os dentes ficaram mais claros e menos amarelos (Figuras 16,17 e 18). Não foi observada mudança expressiva para a coordenada a^* .

Figura 16 – Valores absolutos de L* antes e depois dos tratamentos

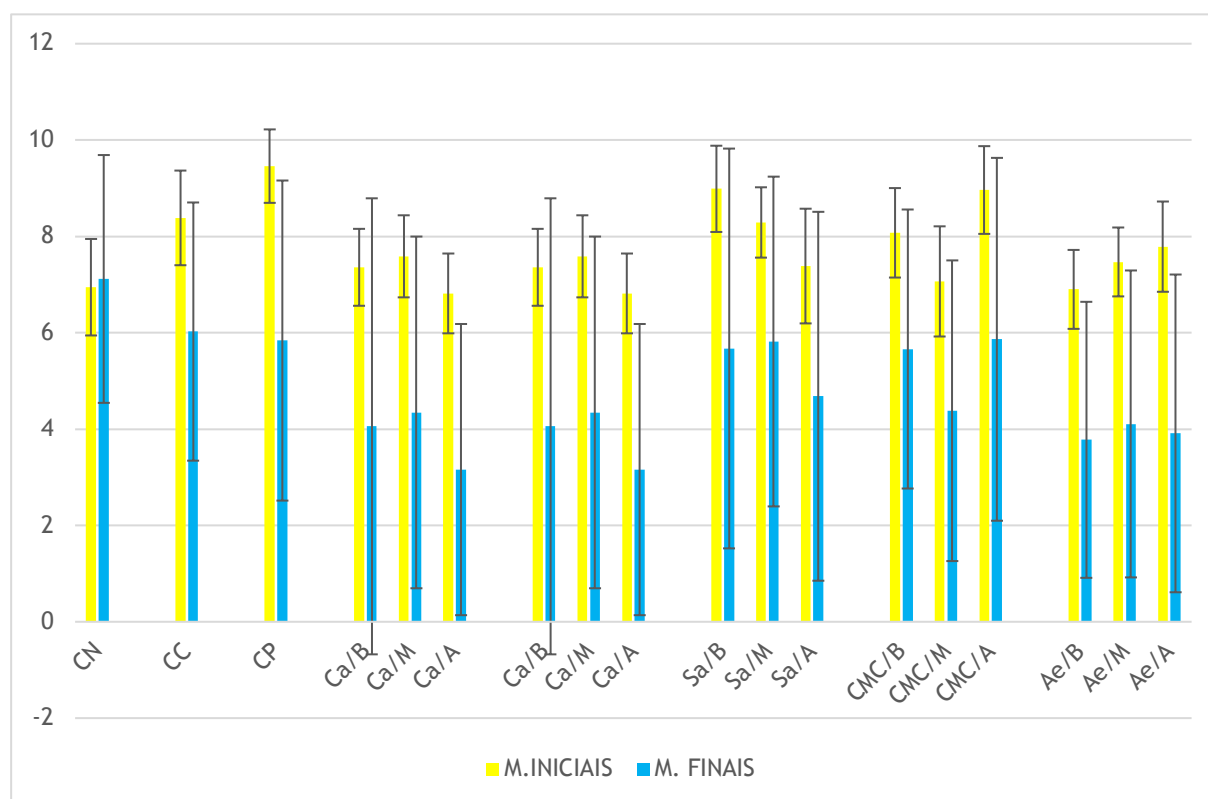


Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 – Valores absolutos de a* antes e depois dos tratamentos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Valores absolutos de b^* antes e depois dos tratamentos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do teste de ANOVA a dois fatores para a variação da sensação de cor após os tratamentos, calculados segundo o parâmetro ΔE_{ab} e ΔE_{00} podem ser observados na Tabela 6. Não foram observadas diferenças significativas para o fator espessante e viscosidade, assim como para a interação.

Tabela 6 – Resultados de ANOVA a dois fatores para os parâmetros ΔE_{ab} e ΔE_{00}

Fatores	Delta Eab p	Delta E 2000 p
Espessante	0,2579	0,0829
Viscosidade	0,5448	0,3574
Espress X Visc	0,5242	0,5613

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do teste de Dunnett para a comparação com os controles negativo, positivo e comercial, com relação aos parâmetros Δ Eab e Δ E00 podem ser observados na Tabela 7. Todos os grupos experimentais mostraram diferenças em relação ao controle negativo, mas não mostram diferenças em relação ao controle positivo e ao controle comercial.

Tabela 7 – Médias dos parâmetros Δ Eab e Δ E00 e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle

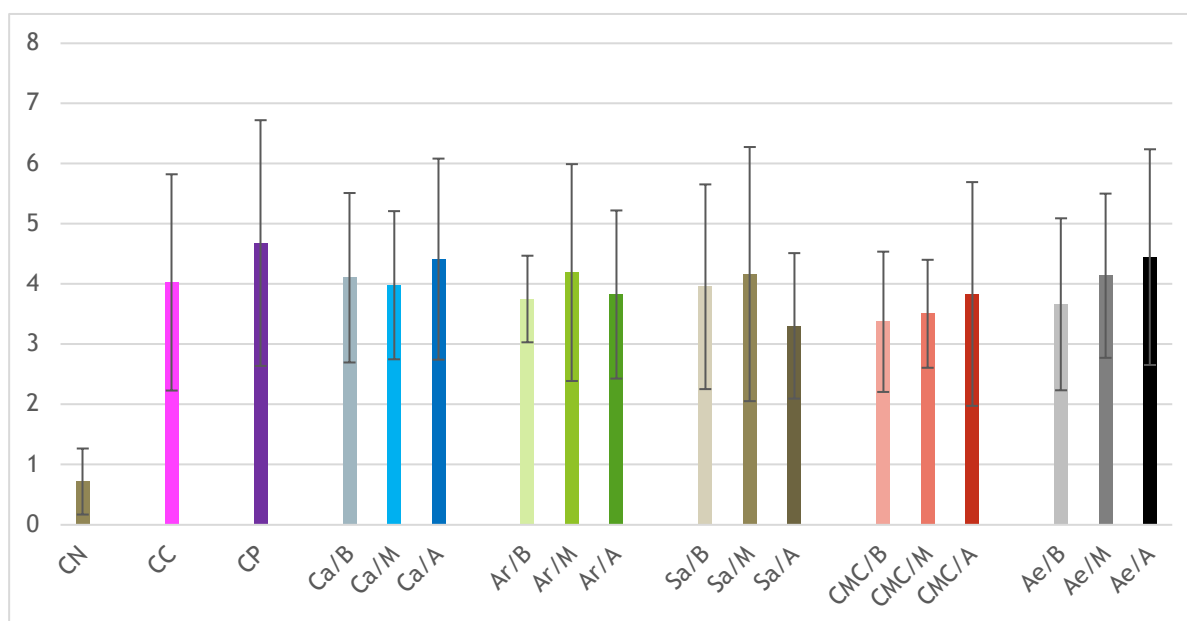
Grupos Experimentais				CN		CP		CC	
Espessante	cPs	Média		D Eab 0,71 (0,54)	D E00 0,55 (0,41)	D Eab 4,68 (2,04)	D E00 3,49 (1,49)	D Eab 4,02 (1,79)	D E00 3,07 (1,27)
		D Eab	D E00						
Carbopol	Baixa	4,01	3,13	0,00	0,00	0,93	0,97	1,00	1,00
	Média	3,98	3,06	0,00	0,00	0,80	0,91	1,00	1,00
	Alta	4,41	3,50	0,00	0,00	0,99	1,00	0,99	0,90
Aristoflex	Baixa	3,75	2,81	0,00	0,00	0,46	0,44	0,99	0,99
	Média	4,19	3,21	0,00	0,00	0,98	0,99	1,00	0,99
	Alta	3,82	2,96	0,00	0,00	0,57	0,73	0,99	1,00
Salcare	Baixa	3,95	2,98	0,00	0,00	0,76	0,77	1,00	1,00
	Média	4,16	3,08	0,00	0,00	0,97	0,93	1,00	1,00
	Alta	3,30	2,57	0,00	0,00	0,07	0,12	0,76	0,80
C	Baixa	3,37	2,54	0,00	0,00	0,10	0,099	0,85	0,74
	Média	3,50	2,74	0,00	0,00	0,19	0,31	0,96	0,98
	Alta	3,83	2,88	0,00	0,00	0,58	0,56	0,99	0,99
Aerosil	Baixa	3,66	2,87	0,00	0,00	0,34	0,56	0,99	0,99
	Média	4,13	3,21	0,00	0,00	0,95	0,56	1,00	0,99
	Alta	4,44	3,45	0,00	0,00	0,99	0,99	0,99	0,95

Legenda: *Diferenças significativas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

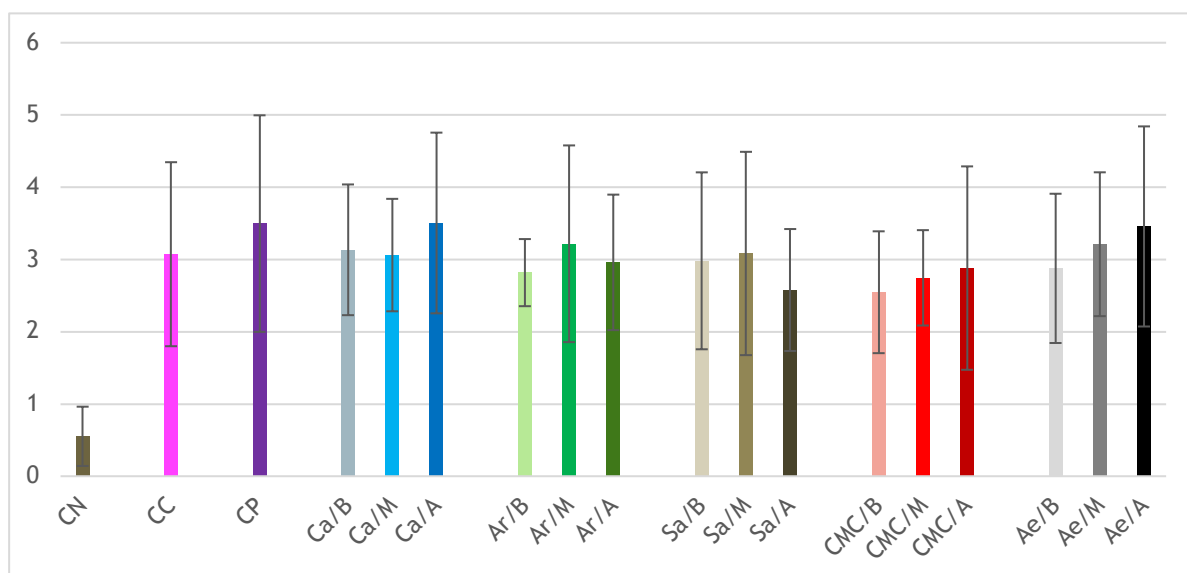
A Figuras 19 e 20 mostram os valores de média e desvio-padrão de Δ Eab e Δ E00 para todos os grupos.

Figura 19 – Médias (desvio-padrão) dos valores de ΔE_{ab} para todos os grupos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20 – Médias (desvio-padrão) dos valores de ΔE_{00} para todos os grupos

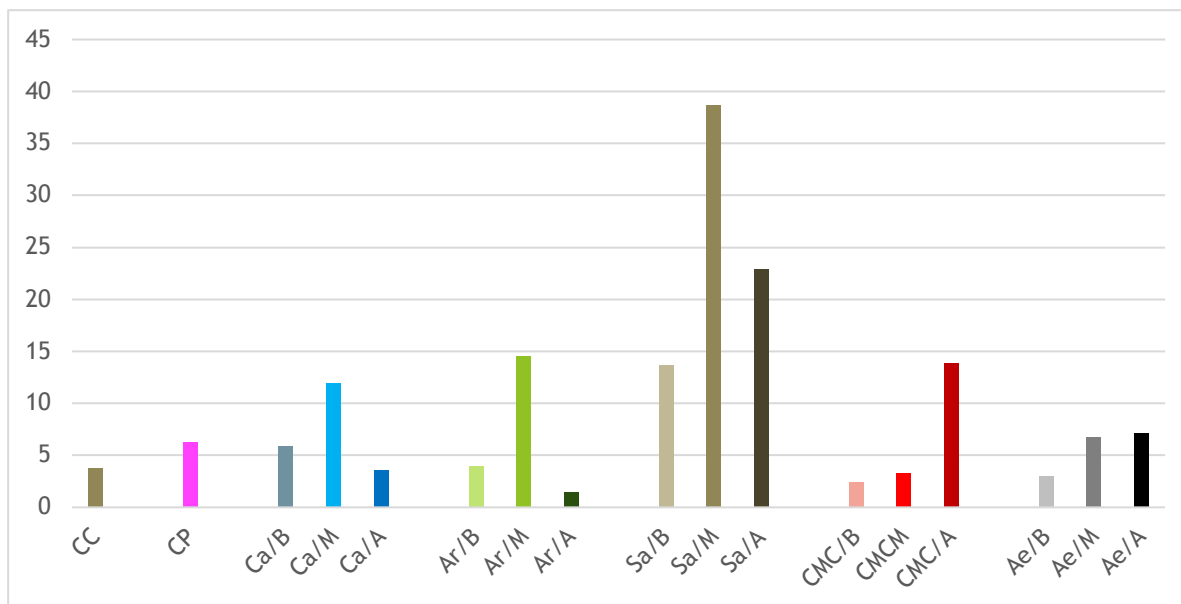


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 21 observa-se a os percentuais de redução da concentração de peróxido em relação aos valores iniciais (p/p). Podemos verificar que as maiores

reduções ocorreram para o espessante Salcare.

Figura 21 – Médias (desvio-padrão) do percentual de redução da concentração de peróxido para todos os grupos



Fonte: Elaborado pelo autor.

7 DISCUSSÃO

O clareamento dentário é um tratamento estético já muito utilizado, mas que demanda estudos para análise da reação química do gel clareador na superfície do esmalte, a fim de verificar suas vantagens e desvantagens e possíveis alterações estruturais no esmalte dental.

Para contribuir com esta finalidade, o presente estudo concentrou-se na composição dos géis clareadores e seus respectivos efeitos.

O mecanismo de clareamento dentário ocorre devido a uma reação de oxidação em que a substância a ser clareada doa elétrons para o agente clareador.

O agente mais usado para este tipo de tratamento é o peróxido de hidrogênio, que é um composto inorgânico molecular de fórmula química H_2O_2 , descrito pela primeira vez por Louis Jacques Thénard em 1799. Trata-se de forte agente oxidante, capaz de se difundir livremente através do esmalte e da dentina em função da permeabilidade desses substratos e devido ao baixo peso molecular dessa substância (Joiner, Thakker, 2004). As ligações entre as moléculas de peróxido de hidrogênio são fracas e, por este motivo, a substância é bastante instável. Quando perturbada, decompõe-se em água e oxigênio e durante esse processo, radicais livres são formados, os quais são instáveis e reativos por possuírem um elétron desemparelhado (Goldstein, Kiremidjian-Schumacher, 1993). Estes reagem com os pigmentos escuros do dente, propiciando as quebras de suas longas cadeias, tornando-as menores. Desta forma ocorre uma menor absorção da luz que incide sobre os dentes e há um aumento da reflexão da mesma, o que caracteriza a coloração mais clara (Christen et al., 1982; Young et al., 2012).

Apesar de clarear, o peróxido de hidrogênio em contato com a estrutura do esmalte dental provoca uma desmineralização do mesmo, diminuindo assim sua microdureza. Ela ocorre como resultado das alterações na estrutura mineral. A superfície do esmalte dental, que é composta basicamente por formas imperfeitas de fosfato de cálcio e hidroxiapatita, sendo, portanto, sólido cristalino composto pelos íons cálcio, fosfato e hidroxila. Este sólido em contato com uma solução/gel, cria uma interface, onde ocorrem trocas de íons (cálcio, fosfato e hidroxila), estes íons deixam a superfície do esmalte para se dissolver na solução/gel (dissolução). Estas trocas

ocorrem até haja um equilíbrio iônico, ocorrendo uma mudança líquida no sólido. Em equilíbrio diz-se que a solução é saturada em relação ao sólido dissolvido na solução e a concentração de sólido dissolvido na solução é uma medida de solubilidade do sólido (Shellis et al., 2014). Desta forma, devido ao produto de solubilidade, os minerais da hidroxiapatita irão se dissolver, até que se reestabeleça o equilíbrio entre a superfície dental e o agente clareador (Celestino et al., 2017).

Outro fator que também influencia a desmineralização do esmalte e a consequente redução de sua microdureza é o pH, pois os minerais dentais, em diferentes condições de pH, sofrerão alterações no grau de saturação dos fluidos/géis clareadores. Sulieman et al. (2004) mostrou que a substância clareadora que apresenta baixo pH, causa desmineralização e redução da microdureza. Contudo, usamos em nosso grupo controle positivo, uma solução de peróxido de hidrogênio à 35 % e pH 7, e podemos observar na Tabela 5 que mesmo assim, esta solução causou uma grande redução da microdureza, o que nos mostra que o pH não é o único fator de alteração da estrutura dental.

Para que ocorra a desmineralização do esmalte dental, a concentração de íons (quantidade de íons dissolvida na substância) é importante, mas a atividade de íons que compõe a substância clareadora (relação entre a concentração de íons e a força iônica da solução/gel) também desempenham papel fundamental (Celestino et al., 2017).

O peróxido de hidrogênio apresenta ação oxidativa, causando um rompimento da matriz orgânica do esmalte, resultando em perda do material cristalino, deixando zonas de erosão intercaladas de esmalte intacto. A presença de moléculas de nitrogênio e oxigênio na superfície de um esmalte clareado, sugere que o peróxido de hidrogênio dissolva a matriz orgânica do esmalte, alterando também a superfície do mesmo (Basson et al., 2013).

Os agentes clareadores existentes hoje no mercado apresentam em suas formulações, além do princípio ativo que é o peróxido, algum tipo de agente espessante, que são substâncias capazes de formar o gel. Empregando géis clareadores consegue-se fazer a adequada aplicação do produto nos dentes, sem que o mesmo escorra.

Gel é uma preparação semissólida que consiste em dispersões de pequenas partículas inorgânicas ou grandes moléculas orgânicas penetradas internamente por

um líquido (Corrêa, Júnior, 2005). Longas cadeias filamentosas, cadeias poliméricas ou lamelas, podem se interligar por processos físicos ou químicos, dando origem a estruturas tridimensionais contínuas. Retendo-se mecanicamente todo o solvente e imobilizando o mesmo, dentro desta estrutura, o corpo adquire um aspecto “sólido”, chamado gel (Rangel, 2006). Eles são considerados dispersões coloidais por possuírem partículas de pequena dimensão, entre 1 nm e 0,5 µm. Nas superfícies de separação entre o disperso e o dispersante manifestam-se fenômenos de superfície característicos, de grande importância na determinação de propriedades físico-químicas do sistema como um todo. O tamanho e a concentração das partículas da fase dispersas e a natureza da fase dispersante em relação à fase dispersa também são de grande importância no processo de formação do gel.

No caso dos géis clareadores, a maioria das partículas dispersas (agente espessante) apresenta-se em no estado sólido e o dispersante no estado líquido. Diz-se que as dispersões coloidais estão em uma posição intermediária entre as soluções verdadeiras, nas quais os solutos se dissolvem nos solventes, e os sistemas heterogêneos, nos quais uma substância não se dissolve na outra (Ansel et al., 2000).

Neste estudo, optamos pelo uso do peróxido de hidrogênio à 35%, pH7, e a adição de diferentes tipos de espessantes (cinco no total), para que pudéssemos avaliar se o tipo de espessante e a viscosidade que os mesmos proporcionam aos géis, teriam algum tipo de influência no resultado do clareamento (cor) e na microdureza do esmalte.

Cada tipo de agente espessante produz o gel de maneira diferente, devido às suas características químicas e físicas, produzindo desta forma, géis também distintos.

Dependendo das características dos polímeros (agentes doadores de viscosidade), os géis podem apresentar natureza iônica, formando géis aniônicos, são aqueles que possuem cargas negativas, são pH dependentes e apresentam-se estáveis em pH neutro. Os géis de natureza não-iônica possuem estabilidade em ampla faixa de pH, tornando-se possível a veiculação de substâncias de caráter ácido. (Schmucker-Castner, Desai, 1999).

Há ainda os géis inorgânicos, que são derivados da sílica, os géis iônicos, que são os Carbopóis e géis orgânicos, que são derivados da celulose.

A viscosidade é a propriedade física que caracteriza a resistência de um

fluido ao escoamento, a uma dada temperatura (Schmucker-Castner, Desai, 1999). Ela está associada à resistência que o fluido oferece a deformação por cisalhamento, correspondendo ao atrito interno devido basicamente a interações intermoleculares.

No caso dos géis clareadores, a viscosidade é mensurada utilizando um aparelho chamado viscosímetro rotativo, que mede a força de fricção de uma haste acoplada a um motor que gira dentro de um fluido que se pretende estudar (Lange, Langenbucher, 1968).

O gel clareador, por sua vez, pode interferir na interação do H_2O_2 , com a estrutura dental, podendo causar degradação da matriz orgânica, desmineralização devido a perda de minerais como cálcio e fosfato, aumento da porosidade superficial e diminuição da microdureza, em decorrência da quantidade de agente espessante contida no gel, ou ainda em virtude da interação molecular existente no interior do agente clareador.

Neste estudo, como já foi dito, foram usados cinco diferentes tipos de agentes espessantes: Carbopol 980, Aerosil 200, Aristoflex, Salcare e Carboximetilcelulose.

O Carbopol 980, um dos agentes espessantes utilizados neste estudo, é um polímero de ácido acrílico, de elevado peso molecular, derivado do ácido vinílico. Polímeros são misturas heterogêneas de monômeros homólogos, higroscópicos, e, portanto, apresentam alta capacidade de absorver água. A dispersão deste polímero em água origina solução ácida de $pH=3.0$. Polímeros do tipo Carbopol são compostos por pó de partículas floculadas, medindo $0,2 \mu m$ de diâmetro e cada partícula pode ser vista como uma estrutura de rede de cadeias poliméricas interligadas por ligações cruzadas. Sem estas ligações cruzadas, a partícula primária é uma coleção de cadeias poliméricas lineares entrelaçadas, mas não ligadas quimicamente. Apresentam determinados grupamentos ácidos em sua estrutura, que ao serem neutralizados com substâncias orgânicas ou inorgânicas, apresentam a capacidade de espessar e adquirir transparência (Bulletin-7, 2008). A neutralização converte os grupos ácidos da cadeia polimérica em sua forma de sal, formando a estrutura estendida e atingindo a viscosidade desejada. Os polímeros de Carbopol são moléculas ácidas fortemente enroladas e ao serem dispersas em água, as moléculas são hidratadas e começam a desenrolar. Desta forma, os polímeros incham quando são hidratados e neutralizados. O Carbopol também apresenta uma função quelante, que ocorre devido à ligação da molécula quelante ao íon metálico para formar um

complexo (Bulletin-7, 2008).

Para Rodrigues et al. (2007), o Carbopol associado ao peróxido de carbamida não causou diminuição da microdureza do esmalte. Porém, para Basting et al. (2001) e Soldani et al. (2010), o espessante Carbopol causou diminuição na microdureza dos dentes, mesmo quando associado ao peróxido de carbamida à 10% (baixa concentração). Já para Magalhães et al. (2012) o agente espessante Carbopol, associado ao peróxido de hidrogênio à 35%, causa uma diminuição de microdureza, corroborando com os resultados de nosso estudo.

O tipo de espessante associado ao agente clareador, assim como sua respectiva viscosidade e a interação entre estes fatores apresentam influência na estrutura do dente, como podemos observar na Tabela 2. Desta forma, rejeitamos as hipóteses de nulidade que diziam que estes fatores não causariam interferência na microdureza do esmalte. Pode-se observar que o espessante Carbopol 980 foi o espessante que causou maior redução na microdureza do esmalte, este fato ocorre porque soluções de altos polímeros são tixotrópicas até um determinado ponto, a partir daí as atrações intermoleculares e retenções mecânicas são reduzidas pelo cisalhamento, o que reduz a quantidade de solvente imobilizado (Shaw, 1975), permitindo que o peróxido de hidrogênio aja de maneira mais livre, se difundindo na estrutura do esmalte.

Já a Carboximetilcelulose (CMC) é um éter de celulose obtido pela reação de celulose com hidróxido de sódio, originando a álcali-celulose. Da reação da álcali-celulose com monocloroacetato de sódio obtém-se o carboximetilcelulose sódico (CMC).

A celulose é constituída de uma longa cadeia de unidades anidrogucose, sendo que cada unidade contém três grupos hidroxilas terminais. Através da substituição do hidrogênio dessas hidroxilas por grupos carboximetil, obtém-se o carboximetil celulose (CMC). É um polímero aniônico derivado de celulose que não possui agrupamentos ácidos para serem neutralizado. Possui a capacidade de espessamento, portanto, devido à absorção da água, promovendo a elevação da viscosidade. Esta capacidade é controlada pelo grau de substituição dos grupos hidroxila por radicais orgânicos específicos (Nóbrega, Amorim, 2015) e a celulose produz o afastamento das cadeias poliméricas e permite uma maior penetração da água ou outro solvente. Em soluções concentradas, as moléculas de CMC se

enovelam, causando o emaranhamento, conferindo a forma de gel às suas formulações (Celestino et al., 2017).

O Aristoflex é um copolímero de acrilometildimetiltaurato de vinilpirrolidona, em particular o sal de amônio deste último. Este é um copolímero obtido por copolimerização de ácido acilamidopropano sulfônico e vinilpirrolidona na presença de uma base adequada e um agente de reticulação, à base de amina. Estes espessantes poliméricos à base de acrilometildimetiltaurato e seus sais, foram introduzidos no mercado na década de 1990, com o objetivo de oferecer melhores eficiências do que os carbômeros convencionais, em formulações contendo ácido e sal. Os espessantes polieletrólitos reticulados, tais como os carbômeros, são sensíveis em presença de sal. Versões modificadas hidrofobicamente de carbômeros (acrilatos /polímero cruzado de acrilato de alquila) foram introduzidas com propriedades emulsificantes e modificadoras de reologia.

O Salcare 81 é um copolímero de emulsão acrílica aquosa, É um polímero ativado por álcalis, desenvolvido para ser usado como modificador de reologia em diversas formulações cosméticas e de higiene pessoal. É um líquido branco, com leve odor acrílico, monômero livre 0 – 5 ppm. Forma géis aniônicos, ou seja, suas macromoléculas são liofílicas (apresentam afinidade pela fase dispersa), desta forma ocorrem ligações intermoleculares do tipo pontes de hidrogênio e/ou atração eletrostática entre as moléculas do polímero e o seu solvente, restringindo desta forma, os movimentos entre as moléculas, aumentando consequentemente a viscosidade. A eficiência do Salcare 81 é reduzida na presença de íons monovalentes. Já em divalentes e trivalentes, causam maior perda de eficiência. Qualquer diminuição da viscosidade em níveis mais altos de eletrólitos pode ser compensada usando-se concentrações mais altas do salcare 81. É compatível com ampla gama de surfactantes, aniônicos, anfóteros e não-iônicos. A alta viscosidade do Salcare 81 em baixas taxas de cisalhamento significa que as formulações contendo este produto, tem boas propriedades de suspensão e alta viscosidade aparente em repouso. Em taxas de cisalhamento mais altas, o salcare 81 apresenta boas características.

O Aerosil 200 é a sílica pirogênica hidrofílica, usado como espessante e tixotrópico. A sílica pirogênica dispersa em líquido, os grupos silanol, localizados em sua superfície interagem direta ou indiretamente com as moléculas líquidas. Esta

ligação se dá através das ligações cruzadas do hidrogênio, de agregados de SiO₂ e da interligação de pequenos cristais, que se formam em um sistema com alto grau de supersaturação, resultando em uma estrutura de rede tridimensional, que se torna visível macroscopicamente ao se espessar.

No Aerosil 200, que possui uma densidade maior de grupos silanol, e nenhuma funcionalização da superfície, ocorre um arranjo plano (conformação de trem) de polímeros. O efeito espessante e tixotrópico da sílica pirogênica (Aerosil) depende da polaridade do sistema, com os melhores resultados obtidos em sistema não-polares. Neste contexto, a polaridade deve ser entendida como a capacidade das moléculas líquidas de formar pontes de hidrogênio.

Em vista de alta massa molar, podem ocorrer cadeias que são torcidas e interligadas com os grupos funcionais de sílica e reticulação de polímero recíproco com as partículas de sílica adjacentes. Uma estrutura tridimensional é assim criada e atua como uma barreira de fluxo. Os preparos contendo sílica pirogênica apresentam estabilidade de armazenamento adequada, combinada com dispersão suficiente que acompanha o molhamento completo ou extenso das partículas primárias e agregados. Esta rede tridimensional pode ser rompida de forma reversível por cisalhamento (Rangel, 2006).

É necessário que se desenvolva um gel com melhores características para que este tipo de alteração estrutural seja minimizada. Em nossos resultados, podemos observar, na Tabela 4, que o espessante Aerosil 200, propiciou uma menor redução da microdureza, este fato se deve ao tipo de interação molecular entre as partículas do espessante e seu respectivo solvente, neste caso, o peróxido de hidrogênio. A formação de uma rede tridimensional, possibilitou uma menor ação do peróxido, desta forma a desmineralização ocorrida foi menor.

Comparando-se os agentes espessantes Aristoflex, Carboximetilcelulose e Salcare ao controle positivo, como pode ser observado na Tabela 5, eles apresentaram diferenças significativas com relação à redução da microdureza, ou seja, causaram menor redução. O grupo Carbopol alta viscosidade não apresentou diferença significativa com relação ao grupo controle positivo, porque provavelmente a ação quelante do espessante Carbopol tenha causado esta desmineralização da superfície do esmalte.

Pode-se observar ainda na Tabela 5, que os géis de alta viscosidade geraram

menor percentual de redução da microdureza. Este resultado se deve ao fato de que o aumento da quantidade de agente espessante, para deixar o gel mais viscoso, diminui a quantidade de peróxido de hidrogênio, agente clareador que causa a desmineralização do esmalte. Zheng et al. (2016) também constatou em seu estudo, que a maior viscosidade de um gel pode determinar comportamento diferente de difusão do mesmo, na derme, ou seja, em ocasiões específicas, pode-se alterar a viscosidade para que a difusão ou poder de penetração do gel seja aumentada e/ou diminuída, este fato pode nos ajudar a explicar a difusão dos géis clareadores na superfície do esmalte.

Para a determinação da concentração de peróxido de hidrogênio inicial e final contida no gel clareador, utilizou-se o método da permanganometria. Neste o peróxido de hidrogênio foi diluído e titulado em meio ácido com uma solução padronizada de permanganato de potássio.

Podemos observar nos resultados deste estudo, que dentre os géis fabricados com Carbopol, o grupo CaM foi aquele que apresentou maior degradação da concentração de peróxido de hidrogênio e, portanto, causou a menor redução de microdureza do esmalte. Enquanto que o grupo CaA, foi o grupo que apresentou a menor degradação de peróxido de hidrogênio, causando por sua vez, menor redução de microdureza, isto explica que conforme a diminuição na concentração de peróxido, a disponibilidade do mesmo, sobre a superfície dental também será diminuída e consequentemente haverá uma menor ação desmineralizante.

Por outro lado, ainda analisando-se a concentração de peróxido de hidrogênio presente no gel clareador, o tipo de agente espessante também teve sua influência, visto que dentre os grupos de géis contendo espessante Aerosil, o grupo Ae/A, teve maior degradação de H_2O_2 e causou menor redução de microdureza, porém a alteração de cor causada nas amostras, não foi a maior. Este fato pode ter ocorrido devido ao tipo de espessante, pois o Aerosil (sílica pirogênica) têm papel crítico, por aprisionar as moléculas de hidrogênio, ou seja, ao aumentar a quantidade de espessante, a ação clareadora do peróxido, tornou-se diminuída.

A ação clareadora dos géis testados neste estudo, pode ser observada na Figura13, pois a coordenada L^* , apresentou considerável aumento, demonstrando esmalte relativamente mais claros e na Figura 15, podemos observar as alterações na coordenada b^* , a qual foi diminuída, após tratamento clareador, com todos os géis

testados, o que demonstra uma coloração menos amarelada e mais branca. Podemos ainda observar, na Figura 17, que o Grupo que provocou melhor efeito clareador, foi o grupo Ae/A, comprovando que o espessante Aerosil, devido a sua carga tixotrópica, permitiu uma ação clareadora mais efetiva.

8 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados do presente estudo, pode-se concluir que:

- O tipo de agente espessante e viscosidade dos géis não influenciam o efeito clareador;
- O tipo de agente espessante e viscosidade dos géis clareadores influenciam na microdureza do esmalte;
- O tipo de agente espessante e viscosidade dos géis influenciam a concentração final do peróxido de hidrogênio, sendo que o espessante Salcare apresentou o maior percentual de redução de peróxido de hidrogênio;
- Todos os grupos apresentaram diferenças significativas em relação ao grupo CN (controle negativo);
- Apenas o grupo Ca/A (Carbopol alta viscosidade) não apresentou diferença significativa em relação ao controle positivo;
- Apenas o grupo Sa/M (Salcare média viscosidade) não apresentou diferença significativa em relação ao controle comercial.

REFERÊNCIAS*

- Al-Salehi S, Wood DJ, Hatton P V. The effect of 24 h non-stop hydrogen peroxide concentration on bovine enamel and dentine mineral content and microhardness. *J Dent.* 2007;35:845–50. doi: 10.1016/j.jdent.2007.08.001.
- Ansel H, Popovich N, Alen Jr. L. *Farmacotécnica: formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos.* Premier. Porto Alegre: 2000.
- Ávila DM da S, Zanatta RF, Scaramucci T, Aoki IV, Torres CRG, Borges AB. Influence of bioadhesive polymers on the protective effect of fluoride against erosion. *J Dent.* 2017;56:45–52. doi: 10.1016/j.jdent.2016.10.015.
- Barbour ME, Shellis RP, Parker DM, Allen GC, Addy M. An investigation of some food-approved polymers as agents to inhibit hydroxyapatite dissolution. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(6):457–61. doi: 10.1111/j.1600-0722.2005.00248.x.
- Basson RA, Grobler SR, Kotze TJ vW, Osman Y. Guidelines for the selection of tooth whitening products amongst those available on the market. *SADJ.* 2013;68(3):122–9. PMID: 23951776.
- Basting RT, Rodrigues Junior AL, Serra MC. The effect of 10% carbamide peroxide bleaching material on microhardness of sound and demineralized enamel and dentin in situ. *Oper Dent.* 2001;26(6):531–9. PMID: 11699174.
- Borges A, Zanatta R, Barros A, Silva L, Pucci C, Torres C. Effect of Hydrogen Peroxide Concentration on Enamel Color and Microhardness. *Oper Dent.* 2015;40(1):96–101. doi: 10.2341/13-371-L.
- Bulletin-7. Flow and Suspension Properties. *Lubrizol Pharm Bull.* 2008.
- Cakir F, Korkmaz Y, Oztas S, Gurgan S. Chemical Analysis of Enamel and Dentin Following the Application of Three Different At-home Bleaching Systems. *Oper Dent.* 2011;36(5):529–36. doi: 10.2341/11-050-L.
- Caneppele TMF, Borges AB, Torres CRG. Effects of dental bleaching on the color , translucency and fluorescence properties of enamel and dentin . *Eur J Esthet Dent.* 2013;8(2):200–13.
- Caneppele TMF, Torres CRG, Huhtala MFRL, Bresciani E. Influence of whitening gel application protocol on dental color change. *Sci World J.* 2015;2015. doi: 10.1155/2015/420723. PMID: 25866839.

* 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

Celestino VP, Maestri G, Bierhalz ACK, Immich APS. Produção e caracterização de hidrogel de carboximetilcelulose para aplicação na área de curativos biomédicos. 14º Congresso da Sociedade Latino Americana de Biomateriais, Órgãos Artificiais e Engenharia de Tecidos - SLABO 5a Edição do Workshop de Biomateriais, Engenharia de Tecidos e Órgãos Artificiais - OBI. Maresias - SP; 20 a 24 de Agosto de 2017.

Chen JH, Xu JW, Shing CX. Decomposition rate of hydrogen peroxide bleaching agents under various chemical and physical conditions. *J Prosthet Dent.* 1993;69(1):46–8. PMID: 8455167.

Christen AG, Swanson BZ, Glover ED, Henderson AH. Smokeless tobacco: the folklore and social history of snuffing, sneezing, dipping, and chewing. *J Am Dent Assoc.* 1982;105(5):821–9. PMID: 6757302.

Cocq K, Lepetit C, Maraval V, Chauvin R. "Carbo-aromaticity" and novel carbo-aromatic compounds. *Chem Soc Rev.* 2015;44(18):6535–59. doi: 10.1039/C5CS00244C.

Cocq K, Lepetit C, Maraval V, Chauvin R. Carbo-aromaticity" and novel carbo-aromatic compounds. *Chem Soc Rev.* 2015(Issue 18). doi: 10.1039/C5CS00244C.

Corrêa N, Júnior F. Avaliação do comportamento reológico de diferentes géis hidrofílicos. *Brazilian Journal* 2005;41(1):73–8. doi: 10.1590/S1516-93322005000100008.

Floyd RA. The effect of peroxides and free radicals on body tissues. *J Am Dent Assoc.* 1997;128:37s–40s. doi: <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1997.0421>. PMID: 9120144.

Frysh H, Bowles W, Baker F, Rivera-Hidalgo F, Guillen G. Effect of pH on Hydrogen Peroxide Bleaching Agents. *J Esthet Restor Dent.* 1995;69(3):130–3.

Göhring TN, Zehnder M, Sener B, Schmidlin PR. In vitro microleakage of adhesive-sealed dentin with lactic acid and saliva exposure: a radio-isotope analysis. *J Dent.* 2004;32(3):235–40. doi: 10.1016/j.jdent.2003.11.003.

Goldstein GR, Kiremidjian-Schumacher L. Bleaching: is it safe and effective? *J Prosthet Dent.* 1993;69(3):325–8. PMID: 8445566.

Hannig C, Weinhold HC, Becker K, Attin T. Diffusion of peroxides through dentine in vitro with and without prior use of a desensitizing varnish. *Clin Oral Investig.* 2011;15(6):863–8. doi: 10.1007/s00784-010-0452-4.

Ibsen R, Mathews A, Chadwick T, Xinyi Y, inventores. Den-Mat Corporation. Desensitizing bleaching gel. US 6,458,340 B1, 2002.

Jiang T, Wang Y, Tong H, Shen X. Investigation of the effects of 30 % hydrogen peroxide on human tooth enamel by Raman scattering and laser-induced fluorescence. *J Biomed Opt.* 2008;1(February 2008):1–9. doi: 10.1117/1.2870114.

Joiner A, Thakker G. In vitro evaluation of a novel 6% hydrogen peroxide tooth whitening product. *J Dent*. 2004;32 Suppl 1:19–25. PMID: 14738831.

Jones AH, Diaz-Arnald AM, Vargas MA, Cobb DS. Colorimetric Assessment of Laser and Home Bleaching Techniques. *J Esthet Restor Dent*. 1999;11(2):87–94. doi: 10.1111/j.1708-8240.1999.tb00382.x.

Kätzel U, Richter T, Stintz M, Barthel H, Gottschalk-Gaudig T. Phase transitions of pyrogenic silica suspensions: A comparison to model laponite. *Phys Rev E*. 2007;76(3):031402. doi: 10.1103/PhysRevE.76.031402.

Kimyai S, Bahari M, Naser-Alavi F, Behboodi S. Effect of two different tooth bleaching techniques on microhardness of giomer. *J Clin Exp Dent*. 2017;2:e249–53. doi: 10.4317/jced.53290.

Kwon YH, Huo MS, Kim KH, Kim SK, Kim YJ. Effects of hydrogen peroxide on the light reflectance and morphology of bovine enamel. *J Oral Rehabil*. 2002;29(5):473–7. PMID: 12028496.

Lange B, Langenbucher F. Viscosity measurement on aqueous Aerosil-dispersion with the Brookfield synchro-lectric viscosimeter. *Pharm Acta Helv*. 1968;43(3):182–90. PMID: 4305253.

Magalhães JG, Marimoto ÂRK, Torres CRG, 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;2(March 2011):122–6. doi: 10.3109/00016357.2011.600704.

Maity J, Ray SK. Enhanced adsorption of Cr(VI) from water by guar gum based composite hydrogels. *Int J Biol Macromol*. 2016;89:246–55. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.04.036.

McEvoy SA. Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. II. Current techniques and their clinical application. *Quintessence Int (Berl)*. 1989;20(6):379–84. PMID: 2756093.

Mokhlis GR, Matis BA, Cochran MA, Eckert GJ. A Clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use. *J Am Dent Assoc*. 2000;131(9):1269–77. doi: 10.14219/jada.archive.2000.0380.

Montgomery R, inventor. The Procter & Gamble Company. Highly stable oxidizing compositions. WO 2011053877A2, 2011.

Nóbrega KC, Amorim LV. Influence of the molar mass of CMC in the rheological behavior and filtration of clay suspensions. *Cerâmica*. 2015;61:399–408. doi: 10.1590/0366-69132015613601904.

Palo R, Bonetti-Filho I, Valera M, Camargo C, Camargo S, Moura-Netto C, et al.

Quantification of Peroxide Ion Passage in Dentin, Enamel, and Cementum After Internal Bleaching With Hydrogen Peroxide. *Oper Dent.* 2012;37(6):660–4. doi: 10.2341/11-334-L.

Polydorou O, Hellwig E, Hahn P. The Efficacy of Three Different In-office Bleaching Systems and Their Effect on Enamel Microhardness. *Oper Dent.* 2008;33(5):579–86. doi: 10.2341/07-148.

Quintela I, Moraes SDE, Nunes L, Silva DEB, Cristina I, Moraes CDE, et al. Effect of In-Office Bleaching with 35 % Hydrogen Peroxide With and Without Addition of Calcium on the Enamel Surface Obtaining the Bovine Enamel Blocks. *Microsc Res Tec.* 2015;11(July):975–81. doi: 10.1002/jemt.22561.

Rangel R. Colóides - Um Estudo Introductório. Campinas: LCTE; 2006.
Rattacaso RMB, Garcia L da FR, Aguilar FG, Consani S, Pires-de-Souza F de CP. Bleaching agent action on color stability, surface roughness and microhardness of composites submitted to accelerated artificial aging. *Eur J Dent.* 2011;5(2):143–9. PMID: 21494380.

Rodrigues JA, Oliveira GPF, Amaral CM. Effect of thickener agents on dental enamel microhardness submitted to at-home bleaching. *Braz Oral Res.* 2007;21(2):170–5. doi: 10.1590/S1806-83242007000200013. PMID: 17589654.

Rudraraju VS, Wyandt CM. Rheological characterization of Microcrystalline Cellulose/Sodiumcarboxymethyl cellulose hydrogels using a controlled stress rheometer: part I. *Int J Pharm.* 2005;292(1–2):53–61. doi: 10.1016/j.ijpharm.2004.10.011.

Sa Y, Chen D, Liu Y, Wen W, Xu M, Jiang T, et al. Effects of two in-office bleaching agents with different pH values on enamel surface structure and color : An in situ vs . in vitro study. *J Dent.* 2012;40:e26–34. doi: 10.1016/j.jdent.2012.02.010.

Schiavoni RJ, Turssi CP, Rodrigues AL, Serra MC, Pécora JD, Fröner IC. Effect of bleaching agents on enamel permeability. *Am J Dent.* 2006;19(5):313–6. PMID: 17073210.

Schmucker-Castner J, Desai D. Rheology Modification of Hydrogen Peroxide-based Applications Using Cross-linked Polyacrylic Acid Polymers. *Int J Cosmet Sci.* 1999;21(5):313–25. doi: 10.1046/j.1467-2494.1999.198475.x.

Shaw D. Introdução à Química dos Colóides e Superfícies. São Paulo: Edgar Blucher; 1975.

Shellis RP, Featherstone JDB, Lussi A. Understanding the Chemistry of Dental Erosion. *Dent. Eros.* Basel: KARGER; 2014. p. 163–79 . doi: 10.1159/000359943.

Silva B, Nunes Gouveia T, Pereira da Silva MA, Bovi Ambrosano G, Baggio Aguiar F, Leite Lima DN. Evaluation of home bleaching gel modified by different thickeners on the physical properties of enamel: An in situ study. *Eur J Dent.* 2018;12(4):523.

doi: 10.4103/ejd.ejd_352_17.

Soldani P, Amaral CM, Rodrigues JA. Microhardness evaluation of in situ vital bleaching and thickening agents on human dental enamel. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2010;30(2):203–11. PMID: 20228980.

Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees JS. 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. PMID: 15386865.

Sundfeld RH, Sunfeld-Neto D, Macahdo LS, Franco LM, Fagundes TC, Briso ALF. Microabrasion in tooth enamel discoloration defects: three cases with long-term follow-ups. *J Appl Oral Sci.* 2014;22(4):347–54. doi: 10.1590/1678-775720130672.

Watt BE, Proudfoot AT, Vale JA. Hydrogen peroxide poisoning. *Toxicol Rev.* 2004;23(1):51–7. PMID: 15298493.

Young N, Fairley P, Mohan V, Jumeaux C. A study of hydrogen peroxide chemistry and photochemistry in tea stain solution with relevance to clinical tooth whitening. *J Dent.* 2012;40:e11–6. doi: 10.1016/j.jdent.2012.07.016.

Zheng Y, Ouyang W-Q, Wei Y-P, Syed S, Hao C-S, Wang B-Z, et al. Effects of Carbopol® 934 proportion on nanoemulsion gel for topical and transdermal drug delivery: a skin permeation study. *Int J Nanomedicine.* 2016;Volume 11:5971–87. doi: 10.2147/IJN.S119286.