



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EFEITO DO BICARBONATO DE SÓDIO NA RESISTÊNCIA
ADESIVA AO ESMALTE BRANQUEADO**

Trabalho submetido por
Maria Cristina Mendes Lopes Rodrigues da Silva
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EFEITO DO BICARBONATO DE SÓDIO NA RESISTÊNCIA
ADESIVA AO ESMLATE BRANQUEADO**

Trabalho submetido por
Maria Cristina Mendes Lopes Rodrigues da Silva
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Inês Caldeira Fernandes

outubro de 2022

Agradecimentos

Um agradecimento especial à Prof. Doutora Inês Caldeira Fernandes por me ter aceite como sua orientanda e me ter acompanhado da melhor forma ao longo de todo este processo. Por todo o apoio e partilha do seu vasto conhecimento e experiência. Pelo seu rigor e empenho em todas as orientações dadas.

Agradeço à Prof. Doutora Inês Carpinteiro, Prof. Doutora Joana Costa e Prof. Doutor António Delgado por toda a sua disponibilidade e auxílio na elaboração desta investigação.

Agradeço ao Prof. Doutor Luís Proença pela sua disponibilidade e ajuda na condução da análise estatística deste estudo.

Ao Prof. Doutor Mário Polido, pela disponibilidade dos equipamentos do Laboratório de Biomateriais.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, pela excelência de ensino e pelos princípios que incute aos seus alunos.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus pais, por todo o esforço e dedicação investidos em mim e na minha educação, por me proporcionarem todas e as melhores oportunidades para construir o meu conhecimento e futuro e por me fazerem acreditar nas minhas capacidades; às minhas irmãs Luísa e Inês por todo o apoio e incentivo constantes e às minhas amigas Cristiana, Maria Inês, Matilde, Marta, Mariana e Sabina, pelo apoio mútuo e por não deixarmos o barco afundar.

RESUMO

Objetivos: Avaliar *in vitro* o efeito de 10% bicarbonato de sódio na resistência adesiva de resina composta a esmalte branqueado.

Materiais e Métodos: 30 molares hígidos foram divididos em 5 grupos (n=6): controle, gel placebo e restauração imediata (GC); branqueamento e restauração imediata (G1); branqueamento e restauração após 14 dias (G2); branqueamento e uma aplicação de 10% bicarbonato de sódio de 5 minutos (G3); branqueamento e duas aplicações de 10% bicarbonato de sódio de 5 minutos (G4). O grupos G1, G2, G3 e G4 foram sujeitos a branqueamento com Opalescence PF Regular 16% (Ultradent Products), durante 6 horas por dia, ao longo de 7 dias. Após o branqueamento, as amostras de G1 foram restauradas imediatamente com o sistema adesivo Scotchbond™ Universal (3M ESPE) e a resina composta Filtek™ Z250 (3M ESPE); as amostras G2 foram restauradas após 14 dias; às amostras G3 e G4 foram aplicadas uma solução de 10% bicarbonato de sódio durante 5 minutos e duas aplicações com o mesmo tempo, respetivamente. Após as 24 horas, as amostras foram seccionadas em palitos com secção de $1\pm 0,3\text{mm}^2$ de área, segundo os eixos x e y. As amostras foram sujeitas a um teste de microtração a uma velocidade de 0,5mm/min, com recurso a uma máquina de testes universais. A análise estatística foi efetuada através do teste ANOVA com correção de *Brown-Forsythe* e o teste *Post-Hoc de Games-Howell*, com $p \leq 0,05$ (SPSS28.0).

Resultados: O grupo sujeito a uma aplicação de 10% bicarbonato de sódio (G3) ($21 \pm 12,23$ MPa), demonstrou valores de resistência adesiva superiores ao do grupo apenas branqueado e restaurado imediatamente (G1) ($11,22 \pm 6,12$ MPa) $p < 0,001$.

Conclusões: A solução de 10% bicarbonato de sódio influencia a resistência adesiva de restaurações em esmalte branqueado.

Palavras-Chave: branqueamento dentário; esmalte; bicarbonato de sódio; microtração.

ABSTRACT

Objectives: Evaluate *in vitro* the effect of 10% sodium bicarbonate on the bond strength of composite resin to bleached enamel

Methods and Materials: 30 healthy molars were divided into 5 groups: control, placebo gel and immediate restoration (GC); only bleaching and immediate restoration (G1); only bleaching and restoration after 14 days (G2); bleaching and one application of 10% sodium bicarbonate for 5 minutes (G3); bleaching and 2 applications of 10% sodium bicarbonate for 5 minutes (G4). Groups G1, G2, G3 and G4 were subjected to dental bleaching with Opalescence PF Regular 16% (Ultradent Products) for 7 days, for a daily period of 6 hours. Right after bleaching, the G1 samples were restored immediately with Scotchbond™ Universal adhesive system (3M ESPE) and Filtek™ Z250 composite resin (3M ESPE); G2 samples were restored after 14 days; to G3 and G4 samples a 10% sodium bicarbonate solution was applied for 5 minutes and 2 applications with the same time, respectively. After 24h, the specimens were sectioned into sticks with a section of $1 \pm 0,3 \text{mm}^2$ area, sectioned according to the x and y axes. The stick specimens underwent a microtensile bond strength test, on a universal testing machine, at a speed of 0,5mm/min. Statistical analysis was performed using ANOVA test with *Brown-Forsythe* correction and *Games-Howell's Post-Hoc* test, with $p \leq 0,05$ (SPSS28.0).

Results: The group in which 10% sodium bicarbonate was applied for 5 minutes (G3) ($21 \pm 12,23$ MPa) demonstrated higher adhesive strength values than the group only whitened and restored right after (G1) ($11,22 \pm 6,12$ MPa) $p < 0,001$.

Conclusions: The 10% sodium bicarbonate solution influences the adhesive strength of restorations in bleached enamel.

Keywords: dental bleaching; enamel; sodium bicarbonate; microtensile.

Índice Geral

I. INTRODUÇÃO	15
1. Epidemiologia dos Branqueamentos Dentários	15
2. Composição do Dente	16
2.1.Esmalte	16
2.2.Dentina.....	17
2.3.Polpa	18
3. Descoloração Dentária	18
3.1.Descoloração Extrínseca.....	19
3.2.Descoloração Intrínseca.....	19
3.3.O Branqueamento e as Pigmentações	19
4. Branqueamento Dentário	20
4.1.Agentes Branqueadores e a sua Composição	21
4.1.1. Elementos Ativos	21
4.1.1.1.Peróxido de Hidrogénio	21
4.1.1.2.Peróxido de Carbamida	21
4.1.2. Elementos Inativos	22
4.1.2.1.Agentes Espessantes	22
4.1.2.2.Excipientes	22
4.1.2.3.Surfactantes e Dispersores de Pigmentos.....	22
4.1.2.4.Conservantes	22
4.1.2.5.Aromatizantes	22
4.2.Mecanismo de Ação	23
4.3.Técnicas de Branqueamento	24
4.3.1. Branqueamento de Dentes Vitais	24
4.3.1.1.Branqueamento em Consultório (<i>In-Office</i>)	24
4.3.1.2.Branqueamento em Ambulatório (<i>At-Home</i>).....	25
4.3.1.3.Produtos de Venda Livre (<i>Over-the-Counter-Bleaching-Products</i>)	26
4.3.2. Branqueamento de Dentes Não Vitais.....	26
4.3.2.1.Branqueamento Interno.....	26

4.3.2.2.	Branqueamento Externo.....	27
4.3.2.3.	Branqueamento Interno e Externo	27
4.4.	Riscos Associados ao Branqueamento	27
4.5.	Fatores que Influenciam o Branqueamento	28
4.5.1.	Preparação da Superfície	28
4.5.2.	Concentração e Tempo	29
4.5.3.	pH.....	29
4.5.4.	Temperatura e Luz.....	30
4.5.5.	Aditivos	30
4.5.6.	Outros Fatores	30
4.6.	Restaurações Dentárias e o Branqueamento.....	31
4.7.	Indicações e Contraindicações do Branqueamento Dentário	32
5.	Agentes Antioxidantes e Agentes Neutralizantes	33
5.1.	Agentes Antioxidantes e o Branqueamento Dentário.....	33
5.2.	Agentes Neutralizantes e o Branqueamento Dentário	34
6.	Adesão e Sistemas Adesivos	35
6.1.	Adesão e Adesão Dentária.....	35
6.2.	Adesão ao Esmalte.....	36
6.2.1.	Propriedades do Ácido Ortofosfórico.....	37
6.2.1.1.	Concentração.....	37
6.2.1.2.	Consistência	37
6.2.1.3.	Tempo de Aplicação	37
6.3.	Adesão à Dentina	38
6.4.	Classificação dos Sistemas Adesivos	39
6.4.1.	Sistemas Adesivos <i>Etch-and-Rinse</i>	40
6.4.2.	Sistemas Adesivos <i>Self-Etch</i>	41
6.4.3.	Sistemas Adesivos Universais.....	42
7.	Testes de Resistência Adesiva: Teste de Microtração (μTBS).....	42
II.	OBJETIVOS	45
III.	HIPOTESES DE ESTUDO	45
IV.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
V.	RESULTADOS	59

VI. DISCUSSÃO	67
VII. CONCLUSÕES.....	73
VIII. BIBLIOGRAFIA	76
IX. ANEXOS	

Índice de Figuras

Figura 1- Representação de um dente utilizado neste estudo.....	49
Figura 2- Esquema síntese do desenho experimental do estudo	50
Figura 3- Polidora LabPo1-4, Streurs.....	51
Figura 4- Micrótopo de Tecidos Duros	51
Figura 5- Cola de cianocrilato (Loctite SuperCola3, Henkel Ibérica, Portugal).	52
Figura 6- Saliva artificial utilizada para a conservação das amostras	52
Figura 7- Estufa onde as amostras foram armazenadas.....	53
Figura 8- Gel de Branqueamento Opalescence PF Regular 16% (Ultradent Products, South Jordan, EUA).....	53
Figura 9- Gel Placebo	53
Figura 10- Aplicação da solução de 10% Bicarbonado de Sódio	54
Figura 11- Simulação da camada de <i>smear layer</i> através do polimento da superfície dentária com a polidora (LaboPol-4, Struers, Dinamarca).....	55
Figura 12- Condicionamento ácido e aplicação do sistema adesivo Scotchbond™ Universal com o respetivo material utilizado	56
Figura 13- Corte das amostras em palitos	57
Figura 14- Fixação das amostras em <i>jigs</i> de aço inoxidável de Geraldí	57
Figura 15- Máquina de testes universal (Shimadzu Autograph AG-IS, Kyoto, Japão)	58
Figura 16- Microscópio Ótico (Leica ATC 2000, Reichert Inc., Buffalo EUA).....	59
Figura 17- Esquema representativo dos tipos de fratura (A: Fratura Adesiva; B: Fratura Coesiva no Esmalte; C: Fratura Coesiva na Resina Composta; D: Fratura Mista)	59

Índice de Tabelas

Tabela 1- Resultados da média, desvio padrão, limite inferior e superior, valor mínimo e máximo, dos valores de resistência adesiva (MPa)	62
Tabela 2- Comparação das médias dos valores de resistência adesiva através do teste Post-Hoc de Games-Howell	63
Tabela 3- Percentagem (%) referente ao tipo de fratura em cada grupo	66

Índice de Gráficos

Gráfico 1- Resistência Adesiva (MPa) dos diferentes grupos representada num diagrama de extremos e quartis	61
Gráfico 2- Resistência adesiva (MPa) dos diferentes grupos, com representação da média e desvio padrão	62
Gráfico 3- Resistência adesiva (MPa) dos grupos aos quais foram aplicados 10% bicarbonato de sódio, com representação da média e desvio padrão	65
Gráfico 4- Análise do tipo de fratura, representada por cada grupo em percentagem (%)	66
Gráfico 5- Análise do tipo de fratura, representada por tipologia, em percentagem (%)	67

Lista de Abreviaturas

10-MDP - 10-Metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato

Bis-GMA - Dimetacrilato de bisfenol-A-glicidil

F – força

HEMA – Metacrilato de hidroxietil

IUEM – Instituto Universitário Egas Moniz

ISO - *International Organization for Standardization*

KN - KiloNewton

mm - milímetro

mm² – milímetro quadrado

mm/min – milímetro por minuto

MPa – MegaPascal

mW/cm² - miliWatts por centímetro quadrado

OTC – *Over the counter* (produtos de venda livre)

p - nível de significância estatística

TEGDMA - Dimetacrilato de trietileno glicol

UDMA – Dimetacrilato de uretano

µm - micrómetro

µSBS – *Shear bond strength*

µTBS - *Microtensile bond strength*

I. INTRODUÇÃO

1. Epidemiologia dos Branqueamentos Dentários

Ao longo dos anos, tem havido uma mudança de paradigma relativamente aos procedimentos dentários realizados pela população ocidental. Embora se observe uma diminuição no número de lesões de cárie dentária e perda dentária em geral, a procura por procedimentos dentários estéticos tem vindo a aumentar, uma vez que mais pacientes expressam maior preocupação em obter um “sorriso perfeito” (Hatherell et al., 2011).

A preocupação dos pacientes e consumidores relativamente à aparência e cor dos seus dentes é comum atualmente (Joiner & Luo, 2017). Por exemplo, estudos demonstraram que 25% da população do Reino Unido está insatisfeita com a aparência dos seus dentes; 20,4% de uma população espanhola está descontente com a estética dos seus dentes, cerca de 50% de uma população da Arábia Saudita afirma estar insatisfeita com a sua estética dentária, e num estudo realizado em 2017, em Portugal, 18% dos indivíduos afirma ter vergonha da aparência dos seus dentes (Al-Zarea, 2013; Alkhatib et al., 2005; Melo et al., 2017; Montero et al., 2014).

A autossatisfação referente à cor dos dentes diminui com o aumento da severidade da descoloração (Tin-Oo et al., 2011; Xiao et al., 2007). Dentes brancos têm sido positivamente correlacionados a níveis elevados de competência social, capacidade intelectual, adaptação psicológica e estado de relacionamento (Kershaw et al., 2008). Em alternativa, lesões de cárie não tratadas, restaurações descoloradas ou não estéticas de dentes anteriores e falta de dentes anteriores, normalmente, levam a uma insatisfação com a aparência dentária do indivíduo (Samorodnitzky-Naveh et al., 2007).

Tin-Oo e seus colaboradores realizaram um estudo, que visava avaliar os fatores que influenciam a satisfação dos pacientes em relação à sua estética dentária, assim como os tratamentos desejados para melhorar a aparência do seu sorriso. Observou-se que 52,8% destes pacientes não estavam contentes com a sua aparência dentária em geral, sendo a insatisfação com a cor dos dentes a razão mais comum (56,2%). O branqueamento dentário verificou ser o tratamento mais procurado (48,1%), seguido do restabelecimento da cor natural dos dentes (18%), tratamento ortodôntico (14%) e reabilitação com coroas (11,5%) (Tin-Oo et al., 2011).

Em geral, observa-se uma insatisfação com a cor dos dentes em inúmeras populações diferentes, estando esta associada a um aumento da procura por tratamentos que melhoram a estética dentária, o que inclui o branqueamento dentário (De Geus et al., 2016; Joiner & Luo, 2017; Maghaireh et al., 2016; Montero et al., 2014).

O branqueamento dentário tem sido cada vez mais procurado pela facilidade com que este tratamento pode ser realizado e pelo efeito que apresenta na estética do sorriso (Greenwall-Cohen et al., 2019). De facto, o mercado dos branqueamentos dentários tem vindo a crescer significativamente com um largo espectro de novas técnicas de branqueamento e de produtos (Joiner & Luo, 2017).

2. Composição do Dente

2.1. Esmalte

O esmalte dentário corresponde ao tecido mais duro do corpo humano e atua como uma camada protetora e resistente que circunda a coroa do dente (Hu et al., 2007; Lacruz et al., 2017). Este forma uma barreira isoladora que protege o dente de forças químicas, físicas e térmicas, impedindo o seu efeito nocivo ao tecido vital do dente, a polpa dentária (Lacruz et al., 2017).

O esmalte é um biomaterial único caracterizado pela sua estética e por propriedades físico-químicas derivadas do seu elevado teor em hidroxiapatite, pela disposição paralela de cristais individuais e alongados de apatite, formando prismas de esmalte e pelo alinhamento perpendicular destes últimos numa forma tridimensional. Estas características contribuem para que o esmalte seja um biomaterial de elevada dureza e resiliência (Pandya & Diekwisch, 2019).

A amelogenese constitui o processo de formação do esmalte. Este processo, regulado por células epiteliais especializadas, os ameloblastos, envolve a secreção, agregação e processamento proteolítico de proteínas da matriz do esmalte extracelular, que controlam o tamanho, forma e organização dos cristais de hidroxiapatite dos prismas de esmalte (Shin et al., 2020). A amelogenese pode ser dividida em quatro fases distintas, nomeadamente, Pré-Secreção, Secreção e, Transição e Maturação, as quais são definidas pela morfologia e função dos ameloblastos (Bartlett, 2013).

No decurso da fase de Pré-Secreção, os ameloblastos atravessam a lâmina basal e começam a secretar proteínas da matriz do esmalte no local de formação da junção amelodentinária. Pouco depois, os ameloblastos entram na fase de Secreção, sofrem um alongamento, desenvolvendo o processo de Tomes, e secretam grandes quantidades de proteínas para a matriz do esmalte, necessárias para a formação dos prismas de esmalte. Assim que o esmalte atinja a sua espessura total, os ameloblastos ficam sujeitos às fases de Transição e Maturação, onde atingem a sua forma mineralizada final (Bartlett, 2013).

2.2. Dentina

A dentina proporciona a cor bem como uma base elástica e flexível ao esmalte dentário, evitando que este se fracture face às forças a que está sujeito na cavidade oral. A dentina radicular, rodeada pelo cimento, e a dentina coronal, que dá suporte ao esmalte, formam a maior parte da estrutura e volume do dente. A força e durabilidade das estruturas coronais estão relacionadas com a integridade da dentina, sendo que esta atua como uma barreira protetora e câmara para os tecidos vitais que constituem a polpa (Hilton et al., 2014). A dentina e o esmalte juntam-se na junção amelo-dentinária (JAD) (Bartlett, 2013).

O conteúdo mineral da dentina do ser humano é superior ao do osso, constituindo cerca de 70% da mesma e os restantes 20% a 30% correspondem a material orgânico (Bartlett, 2013; Linde & Goldberg, 1993). A dentina é primariamente formada por pequenos cristais de apatite circundados por uma matriz proteica de fibras de colagénio, sendo o seu processo de formação denominado dentinogénese.

A dentinogénese é um processo mediado pelos odontoblastos, que se encontram na periferia da polpa dentária, estendendo os seus prolongamentos citoplasmáticos, os prolongamentos odontoblásticos, para o interior dos túbulos dentinários presentes na dentina (Kawashima & Okiji, 2016). Os odontoblastos maduros são responsáveis pela secreção de uma matriz extracelular de pré-dentina e pela subsequente mineralização desta matriz para formar dentina (Butler, 1998).

2.3. Polpa

A polpa dentária, formada por 75% de água e 25% material orgânico, é um tecido conjuntivo constituído por fibras de colagénio e substâncias orgânicas que suportam as estruturas celulares vitais, vasculares e nervosas do dente. A polpa é um tecido conjuntivo único onde a sua vascularização é essencialmente direcionada através de uma única entrada, o foramen apical, no ápex da raiz do dente e é completamente rodeada pelas paredes rígidas da dentina (Hilton et al., 2014).

A polpa dentária deriva de células da crista neural, em que a sua proliferação e condensação levam à formação da papila dentária de onde a polpa madura deriva. Esta última apresenta uma grande semelhança ao tecido conjuntivo embrionário, com uma camada de células especializadas, os odontoblastos, ao longo da sua periferia (Yu & Abbott, 2007).

O tecido vital do dente desempenha variadas funções, nomeadamente, função formativa, isto é, a polpa gera as dentinas primária, secundária e terciária (dentinogénese) função nutritiva, função sensorial e função protetora (Hilton et al., 2014; Yu & Abbott, 2007).

3. Descoloração Dentária

A cor dos dentes é influenciada pela combinação da sua cor intrínseca e pela presença de quaisquer manchas extrínsecas que se possam formar na superfície do dente. A cor intrínseca está dependente das propriedades de absorção e reflexão da luz por parte do esmalte e dentina que compõe a coroa do dente (Joiner & Luo, 2017; Schmidt & Tatum, 2006).

A descoloração dentária é um termo utilizado para descrever qualquer alteração na cor ou translucidez de um dente, bem como a descoloração de múltiplos dentes ou de uma dentição por completo. Esta alteração dos substratos dentários está tipicamente categorizada por ter uma origem extrínseca, intrínseca ou uma combinação dos dois (Eachempati et al., 2018). Habitualmente, encontra-se associada a pigmentos provenientes de alimentos, bebidas, entre outras substâncias que estejam em contacto frequente com os tecidos duros da cavidade oral. O consumo de tabaco é também um fator de risco conhecido para a pigmentação dentária (Kaewpinta et al., 2018).

3.1. Descoloração Extrínseca

As pigmentações extrínsecas dos dentes resultam da absorção de materiais presentes na superfície do esmalte, que por sua vez pigmentam a mesma. Relativamente às causas da descoloração extrínseca, estas devem-se aos compostos que se encontram incorporados na película dos dentes e produzem pigmentação como resultado da sua cor base e/ou aos compostos cuja interação química com a superfície dos dentes promovem a sua pigmentação (Joiner & Luo, 2017; Watts & Addy, 2001). Este tipo de pigmentações localizadas na superfície dos dentes são facilmente removidas através de uma limpeza externa (Hilton et al., 2014).

3.2. Descoloração Intrínseca

A descoloração intrínseca ocorre aquando de uma alteração da composição estrutural ou espessura dos tecidos duros do dente. A cor normal dos dentes é determinada pelas tonalidades azuis, verdes e rosas do esmalte e intensificada pelo amarelo e tonalidades de castanho da dentina encontrada inferiormente. Algumas doenças metabólicas e fatores sistémicos são conhecidos por afetarem o desenvolvimento da dentição e provocarem descoloração como consequência (Watts & Addy, 2001).

Pigmentações extrínsecas podem levar a pigmentações intrínsecas por incorporação de manchas extrínsecas à superfície dos dentes após o desenvolvimento da dentição, assim como a sua permanência na superfície durante longos períodos. Esta ocorre em defeitos do esmalte e na superfície porosa da dentina exposta (Hilton et al., 2014; Joiner & Luo, 2017; Schmidt & Tatum, 2006; X. Zhao et al., 2019). As alterações da cor do dente podem ser provocadas pelo envelhecimento, *microcracks* na superfície do esmalte, medicação por tetraciclinas, consumo excessivo de fluor, lesões de cárie dentária, restaurações, consumo de alimentos e bebidas cromogénicas e uso de tabaco, sendo que o branqueamento dentário é o tratamento de eleição (Hilton et al., 2014).

3.3. O Branqueamento e as Pigmentações

O branqueamento de dentes que sofreram descoloração é um dos procedimentos mais comumente realizados na prática clínica em todo o mundo, uma vez que dentes

mais brancos são esteticamente desejáveis na maioria das culturas (Chemin et al., 2018; Joiner & Luo, 2017).

Os produtos de branqueamento visam melhorar a coloração em geral dos dentes, quer seja pela alteração da cor intrínseca do dente ou através da remoção e controlo das formação de pigmentações extrínsecas do mesmo (Joiner & Luo, 2017).

As causas de descoloração devem ser examinadas atentamente de modo a avaliar o grau e tempo com que o branqueamento vai melhorar a cor do dente, uma vez que certas pigmentações são mais recetivas ao tratamento que outras. Por exemplo, a pigmentação amarela relacionada com o envelhecimento apresenta uma resposta rápida ao branqueamento na maioria dos casos, ao contrário das colorações azuis acinzentadas, características do uso prolongado de tetraciclinas, que não são totalmente removidas, mas sim atenuadas para uma tonalidade mais clara. Manchas castanhas apresentam uma resposta mais moderada e dentes descolorados pelo envelhecimento, genética, consumo de tabaco e café são os que demonstram uma resposta mais rápida (Hilton et al., 2014).

4. Branqueamento Dentário

Define-se branqueamento como o processo de descoloração ou branqueamento que pode ocorrer numa superfície ou solução, sendo o branqueamento dentário o processo que visa aclarar a cor de um dente (Clifton M, 2014; Joiner, 2006).

A crescente procura para uma estética mais apelativa e um sorriso mais branco tem vindo a popularizar o branqueamento dentário. Este procedimento disponibiliza uma abordagem minimamente invasiva para o tratamento da descoloração dentária, quando comparado a alternativas de tratamento como a colocação de facetas, coroas e restaurações diretas em resina (Fearon, 2007; Majeed et al., 2015).

O branqueamento dentário tem sido praticado desde os finais do século XIX com a utilização de diversos agentes oxidantes, que incluem o cloro, ácido oxálico, cianeto de potássio entre outros. Todavia, o peróxido de hidrogénio, cujo uso acredita-se ter sido primeiramente reportado no final do século XIX, tem sido o material eleito para este tipo de tratamento (Blatz et al., 2019).

4.1. Agentes Branqueadores e a sua Composição

Os agentes branqueadores utilizados atualmente apresentam componentes ativos e inativos na sua constituição. Os componentes ativos incluem o composto de peróxido de hidrogénio ou o peróxido de carbamida, já os elementos inativos compreendem agentes espessantes, excipientes, surfactantes, dispersores de pigmento, conservantes, bem como aromatizantes (Alqahtani, 2014; Kwon & Wertz, 2015).

4.1.1. Elementos Ativos

4.1.1.1. Peróxido de Hidrogénio

O peróxido de hidrogénio (H_2O_2) é um líquido incolor, ligeiramente mais viscoso que a água e apresenta uma massa molar de 34,01 g/mol. Uma vez que apresenta um baixo peso molecular, este tem a capacidade de penetrar o esmalte e dentina, onde liberta oxigénio, e como consequência quebra as duplas ligações dos compostos inorgânicos e orgânicos presentes no interior dos túbulos dentinários (Kwon & Wertz, 2015).

4.1.1.2. Peróxido de Carbamida

O peróxido de carbamida ($CH_6N_2O_3$) é um sólido cristalino que quando entra em contacto com água liberta oxigénio. As concentrações utilizadas para o branqueamento dentário variam entre 10% a 35%. Uma percentagem de 10% de peróxido de carbamida decompõe-se em 3,35% de peróxido de hidrogénio e 6,65% de ureia. A ureia por sua vez decompõe-se em amónia e água, o que fornece alguns efeitos secundário benéficos, pelo facto de aumentar o pH da solução. Além disso, a ureia apresenta propriedades proteolíticas que podem afetar a eficácia do branqueamento dentário. Produtos que apresentem peróxido de carbamida contêm uma base de carbopol ou de glicerina, este primeiro diminui a velocidade de libertação do peróxido de hidrogénio, o que faz com este seja mais eficaz por longos períodos de tempo (Kwon & Wertz, 2015).

4.1.2. Elementos Inativos

4.1.2.1. Agentes Espessantes

O carbopol (carboxipolimetileno) corresponde ao agente espessante mais comumente utilizado nos materiais de branqueamento. A sua concentração pode variar entre 0.5% a 1.5%. Este componente apresenta duas vantagens, nomeadamente, aumenta a viscosidade dos agentes de branqueamento, o que proporciona uma melhor retenção do gel de branqueamento e, secundamente, aumenta o tempo de libertação de oxigénio dos agentes de branqueamento até mais 4 minutos (Alqahtani, 2014).

4.1.2.2. Excipientes

O propilenoglicol e a glicerina são os excipientes mais usualmente utilizados nos agentes branqueadores comerciais. Estes compostos contribuem para a manutenção da humidade e ajudam na dissolução de outros ingredientes (Alqahtani, 2014).

4.1.2.3. Surfactantes e Dispersores de Pigmentos

Géis que apresentem surfactantes ou dispersores de pigmentos podem apresentar maior eficácia do que aqueles que não os contenham na sua constituição. O surfactante atua como um agente molhante da superfície o que permite a difusão do elemento ativo do agente de branqueamento. O dispersor de pigmentos mantém os pigmentos em suspensão (Alqahtani, 2014).

4.1.2.4. Conservantes

Metilo, propilparabeno e benzoato de sódio apresentam o seu papel como conservantes através da sua capacidade de prevenir o crescimento de microrganismos nos materiais de branqueamento. Estes agentes conseguem acelerar a degradação do peróxido de hidrogénio pela libertação de metais de transição como o magnésio, cobre e o ferro (Alqahtani, 2014).

4.1.2.5. Aromatizantes

Os aromatizantes são utilizados com o intuito de melhorar o sabor dos produtos de branqueamento, estes incluem hortelã-pimenta, anis, gualtéria e adoçante como a sacarina (Alqahtani, 2014).

4.2. Mecanismo de Ação

Os compostos orgânicos com cadeias conjugadas de ligações simples ou duplas, de anéis de carbonilo ou fenilo, por exemplo, são responsáveis pela maioria das pigmentações dentárias. A destruição das cadeias conjugadas destas partículas cromáticas e de outros grupos funcionais levam ao efeito do branqueamento dentário. Este processo é alcançado através do uso de agentes oxidantes, nomeadamente, o peróxido de hidrogénio (Rodríguez-Martínez et al., 2019).

O mecanismo de ação do branqueamento dentário pelo peróxido de hidrogénio não é ainda claro, no entanto, o seu processo envolve a combinação de reações de oxidação como a libertação de oxigénio. Devido ao baixo peso molecular do peróxido de hidrogénio, este é capaz de se difundir para o interior da matriz orgânica do dente, decompor-se e produzir radicais livres, moléculas reativas de oxigénio e aniões de peróxido de hidrogénio. Os radicais livres interagem com os compostos orgânicos responsáveis pelas pigmentações da superfície dos dentes, e geram compostos mais simples, menos cromáticos e com maior capacidade de difusão, o que leva ao branqueamento. Grande parte das manchas dentárias são provocadas pelas ligações duplas dos cromogéneos orgânicos, sendo assim, se estes radicais quebrarem estas ligações, a pigmentação pode ser removida (Dahl & Pallesen, 2003; Kwon & Wertz, 2015; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

Este mecanismo de ação vai variar de acordo com o tipo de pigmentação presente no dentes e parâmetros ambientais, tais como o pH, a temperatura e a luz. O resultado do branqueamento depende maioritariamente da concentração do agente branqueador, da sua capacidade em alcançar as partículas cromáticas, a sua duração e o número de vezes que o agente entra em contacto com os cromogéneos orgânicos (Dahl & Pallesen, 2003; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

A interação entre o peróxido de hidrogénio e os compostos orgânicos podem dar origem a diferentes espécies reativas de oxigénio, nomeadamente, radicais hidroxilo, radicais de superóxido de hidrogénio, radicais de hidroperóxido entre outras. Estes radicais produzidos pelo peróxido de hidrogénio vão depender de fatores como o pH e a presença de catiões metálicos (Kwon & Wertz, 2015; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

4.3. Técnicas de Branqueamento

Diversos sistemas de branqueamento têm sido definidos ao longo do tempo. A sua classificação tem sido feita de acordo com diferentes parâmetros como o tipo de agente branqueador usado, a sua concentração, a sua forma de aplicação ou a sua periodicidade. Atualmente, dividem-se os sistemas de branqueamento em dois grandes grupos: o branqueamento de dentes vitais e de dentes não vitais (Alqahtani, 2014; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

O branqueamento de dentes vitais inclui o branqueamento em consultório (*In-Office Bleaching*) e o branqueamento em ambulatório (*At-Home Bleaching*) e o branqueamento por meio de produtos de venda livre (*Over-the-Counter Bleaching Products*). Em relação aos dentes não vitais, o seu branqueamento visa duas técnicas, nomeadamente o branqueamento externo e o branqueamento interno ou uma combinação de ambos (Alqahtani, 2014; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

4.3.1. Branqueamento de Dentes Vitais

4.3.1.1. Branqueamento em Consultório (*In-Office*)

Como o nome indica, este tipo de sistema de branqueamento é realizado por um profissional de saúde em consultório. Este tipo de tratamento é geralmente caracterizado pela utilização de elevadas concentrações de agentes oxidantes durante curtos períodos de tempo, como por exemplo, o peróxido de hidrogénio a 25% e 35%. Devido ao uso de elevadas concentrações a cavidade oral deve ser protegida dos agentes oxidantes, deste modo, o isolamento absoluto dos tecidos gengivais, com recurso a um dique de borracha é recomendado, entre outras alternativas (Hilton et al., 2014; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

Durante o procedimento o gel de branqueamento é aplicado na superfície do dente, após isolamento dos tecidos moles e o peróxido de hidrogénio é, em certos casos, ativado através de calor ou luz, durante uma hora no consultório dentário. Os resultados são evidentes após uma sessão, no entanto, várias aplicações podem ser necessárias até o chegar à cor desejada pelo médico dentista e paciente (Alkahtani et al., 2020; Alqahtani, 2014).

As vantagens deste tipo de procedimento incluem a mínima dependência da colaboração do paciente, o que permite um maior controlo do procedimento por parte do profissional de saúde e resultados imediatos visíveis. Algumas desvantagens incluem o custo dispendioso do tratamento, o tempo da consulta, a necessidade de associar este procedimento com o branqueamento em ambulatório, para melhores resultados, e a presença de hipersensibilidade dentária (Alkahtani et al., 2020; Rodrigues et al., 2018; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

4.3.1.2. Branqueamento em Ambulatório (*At-Home*)

O Branqueamento em Ambulatório ou “Em Casa” do inglês “*At-Home*”, é considerado o *gold-standard* do branqueamento dentário. Este envolve o uso de uma concentração baixa do agente branqueador (10-20% de peróxido de carbamida, que equivale a 3,5-6,5% de peróxido de hidrogénio). Em geral é recomendado que o peróxido de carbamida a 10% seja utilizado durante oito horas por dia, e 15-20% do peróxido de carbamida durante três a quatro horas por dia (Alkahtani et al., 2020; Alqahtani, 2014; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

Este procedimento é efetuado pelos próprios pacientes, no entanto deve ser supervisionado pelo médico dentista durante as consultas de controlo. O gel de branqueamento é aplicado nos dentes por meio de uma goteira personalizada para as arcadas dentárias do paciente, e utilizada durante a noite, pelo menos durante duas semanas (Alkahtani et al., 2020; Alqahtani, 2014).

Algumas das vantagens deste procedimento incluem a própria administração do tratamento pelo paciente, tempo em consultório diminuído, grau de segurança mais elevado, menos efeitos adversos e um custo mais acessível. Contudo, é de salientar algumas desvantagens, o tratamento está sujeito à colaboração do paciente, a alteração da cor do dente está dependente da diligência de utilização do gel de branqueamento e os resultados são por vezes divergentes do ideal, uma vez que alguns pacientes não se recordam de utilizar a goteira todos os dias. Em contrapartida, a utilização excessiva do gel de branqueamento, por certos pacientes é possível, o que provoca, frequentemente, sensibilidade dentária (Alqahtani, 2014).

4.3.1.3. Produtos de Venda Livre (*Over-the-Counter Bleaching Products*)

A procura por produtos de branqueamento de venda livre tem vindo a aumentar atualmente. Estes tipos de produtos são compostos por uma concentração baixa dos agentes de branqueamento e são adquiridos e aplicados pelos próprios pacientes, sem supervisão de um profissional de saúde, podendo apresentar-se no formato de pastas dentífricas branqueadoras, géis, colutórios entre outros (Alkahtani et al., 2020; Alqahtani, 2014; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

Os agentes branqueadores usualmente presentes na composição dos produtos de venda livre são o peróxido de carbamida e o peróxido de hidrogénio, no entanto, restrições legais no uso de produtos contendo estes agentes branqueadores, pelo Conselho Diretivo da União Europeia 2011/84/EU, conduziram à rescisão e descontinuação da sua produção e venda pelos mercados europeus. Esta diretiva afirma que “Os produtos contendo quantidades de peróxido de hidrogénio, presente ou libertado, entre 0,1% e 6% apenas podem ser vendidos a médicos dentistas, para utilização profissional não podendo ser aplicados em pessoas com idade inferior a 18 anos” (Alkahtani et al., 2020; Infarmed, 2017).

Esta diretiva faz com que a utilização destes produtos contendo menos de 0,1% de peróxido de hidrogénio seja insuficiente para atingir os resultados desejados de um branqueamento. Numa tentativa de ultrapassar esta problemática, novos produtos de venda livre foram introduzidos no mercado com novos compostos ativos tais como o clorito de sódio, peróxido de carbonato de sódio e o ácido ftalimidoperoxicapróico (Alkahtani et al., 2020).

4.3.2. Branqueamento de Dentes Não Vitais

4.3.2.1. Branqueamento Interno

O branqueamento interno ou intra-coronal corresponde a uma alternativa conservadora ao tratamento mais estético de dentes não vitais descolorados. Uma examinação minuciosa é necessária, pelo facto deste método requerer tecidos periodontais saudáveis e um tratamento endodôntico corretamente obturado de forma a prevenir que o agente branqueador atinja os tecidos periapicais (Dahl & Pallesen, 2003).

Este procedimento compreende o acesso à câmara pulpar do dente, a remoção de 2mm de guta-percha abaixo da junção amelo-cimentária, a colocação do agente branqueador e o selamento da câmara, sendo este deixado no seu interior por um período de 3 a 7 dias, sendo posteriormente substituído, regularmente, até que a cor desejada seja atingida. No caso de o dente não responder de modo satisfatório após 2 a 3 colocações, esta técnica pode ser acompanhada por uma técnica de branqueamento em consultório, até que o resultado esperado seja obtido (Dahl & Pallesen, 2003; Hilton et al., 2014).

4.3.2.2. Branqueamento Externo

Alguns autores têm descrito o sucesso do uso clínico do branqueamento externo em dentes não-vitais, com o uso de géis de peróxido de carbamida e peróxido de hidrogénio com elevadas concentrações (15% a 35%). Esta técnica visa a colocação do gel numa moldeira de branqueamento, realizada pelo Médico dentista, na parte interna da moldeira, na face vestibular do dente que se pretende branquear. O uso deste procedimento permite ao clínico determinar a cor mais clara a que o dente pode chegar antes do branqueamento dos restantes dentes adjacentes (Hilton et al., 2014; Plotino et al., 2008; Zimmerli et al., 2010).

4.3.2.3. Branqueamento Interno e Externo

Como o nome indica, esta técnica visa a aplicação do agente branqueador nas superfícies interna e externa do dente. Semelhante à técnica de branqueamento interno, o médico dentista faz um acesso à câmara pulpar do dente e este permanece aberto durante o tratamento. Seguidamente, procede-se à aplicação do gel de branqueamento na goteira branqueadora. Uma vantagem desta técnica é o uso de uma baixa concentração do gel branqueador é suficiente para obter o efeito desejado e o tempo de tratamento pode ser reduzido até 50% (Alqahtani, 2014; Hilton et al., 2014; Plotino et al., 2008).

4.4. Riscos Associados ao Branqueamento

Apesar do avanço científico dos sistemas de branqueamento estes apresentam alguns riscos associados à sua utilização. Os principais problemas reportados incluem alterações nos tecidos dentários e mucosa oral, estes englobam efeitos secundários como a hipersensibilidade dentária, alterações pulpares, modificações morfológicas da

superfície do dente, inflamação gengival e efeitos nos materiais restaurativos (Rodríguez-Martínez et al., 2019).

O grau destes efeitos secundários está diretamente relacionado com a concentração de peróxido de hidrogénio, a composição do material branqueador utilizado, bem como a duração do tratamento. A sensibilidade dentária, normalmente, ocorre aquando do tratamento branqueador e pode prolongar-se durante vários dias; a inflamação gengival inicia-se no dia do tratamento e também pode persistir no período de uns dias. Estes problemas estão relacionados com o facto de o peróxido de hidrogénio apresentar efeitos toxicológicos possíveis devido aos radicais livres oxidativos. Além disso, a penetração das moléculas de peróxido através do esmalte, dentina e polpa promovem este tipo de reações indesejáveis com a maior parte dos agentes branqueadores e técnicas (Alkahtani et al., 2020; Clifton M, 2014; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

O mecanismos de ação das moléculas de peróxido também comprometem a morfologia e estrutura da superfície dentária. Estudos *in vitro* têm reportado erosão dentária, degradação com conteúdo mineral do dente e uma suscetibilidade elevada à ocorrência de desmineralização. Alguns autores têm relatado que 15% de peróxido de hidrogénio é a concentração máxima eficaz no branqueamento e que uma concentração superior aumenta a possibilidade de alteração da dureza do esmalte, morfologia da superfície e acidez do meio, mas que não melhora o efeito do branqueamento (Clifton M, 2014; Grazioli et al., 2018; Rodríguez-Martínez et al., 2019).

4.5. Fatores que Influenciam o Branqueamento

4.5.1. Preparação da Superfície

A superfície do dente deve ser livre de quaisquer detritos de modo a poder distinguir as manchas intrínsecas de extrínsecas, bem como para assegurar que o agente branqueador está em contacto máximo com o substrato dentário. Algumas pigmentações começam por ser externas mas depois são absorvidas internamente, como é o caso da nicotina, que tem que ser removida de modo interno e externo, no entanto, o branqueamento por um período de 1 a 3 meses com peróxido de carbamida a 10% é capaz de remover a porção interna enquanto que a profilaxia do dente pode remover a pigmentação externa (Hilton et al., 2014).

4.5.2. Concentração e Tempo

Dois fatores-chave em determinar a eficácia dos produtos de branqueamento que contenham peróxido de hidrogénio são a concentração do mesmo e a duração da sua aplicação. Sulieman e colaboradores, compararam a eficácia do branqueamento, *in vitro*, de géis contendo 5% a 35% de peróxido de hidrogénio e verificaram que quanto maior a concentração do gel, menor o número de aplicações necessárias para produzir um branqueamento uniforme. O fator limitante corresponde à rapidez a que a cor do dente muda. Assim que o máximo de alteração da cor seja atingido, a concentração adicional apenas contribui para o desenvolvimento de sensibilidade. O mesmo se verifica em relação ao fator tempo, quanto mais longo for o contacto com o agente branqueador mais evidente será a alteração da cor (até que o teto de alteração de cor seja alcançado), no entanto, quanto mais tempo o dente estiver sujeito à ação do branqueamento, maior a probabilidade de sensibilidade dentária (Hilton et al., 2014; Joiner, 2006; Sulieman et al., 2004).

4.5.3. pH

O pH dos produtos de branqueamento desempenha um papel importante na determinação do impacto que os agentes branqueadores têm na dureza do esmalte branqueado. Agentes branqueadores com um pH ácido provocam maiores reduções na dureza do esmalte quando comparado a produtos com o pH neutro ou ligeiramente alcalino. Um estudo feito por Tredwin e colaboradores, verificou que a utilização de 25% de peróxido de hidrogénio com um pH de 3.2 provoca uma redução substancial na dureza do esmalte quando comparado a um agente branqueador com 38% de peróxido de hidrogénio e pH de 6.7. O pH destes produtos também influencia o aparecimento de lesões de cárie ou o desenvolvimento de lesão já existentes. As lesões de cárie, no esmalte, começam quando o pH é inferior a 5.5 e na dentina quando este é inferior a 6.8, sendo que o pH dos produtos com peróxido de hidrogénio ronda os 5. Deste modo, materiais com um pH significativamente mais baixo podem provocar a alteração da superfície dentária pela sua natureza acídica. Ainda assim, o peróxido de carbamida decompõe-se rapidamente em peróxido de hidrogénio e ureia quando aplicado. A ureia é primariamente responsável pelo aumento do pH da cavidade oral acima de 8 por um número de horas. Por conseguinte, existe um potencial para retardar a atividade das lesões de cárie durante o branqueamento com o peróxido de carbamida (Alkahtani et al., 2020; Hilton et al., 2014; Tredwin et al., 2006).

4.5.4. Temperatura e Luz

O recurso a luz de elevada intensidade, de modo a aumentar a temperatura do peróxido de hidrogénio e, por sua vez, o aceleração da reação de branqueamento foi primeiramente reportado em 1918 por Abbot. Quanto maior for a temperatura aplicada durante o processo de branqueamento, mais rápida será a taxa de libertação de oxigénio e, por conseguinte, mais rápida será a reação química. A taxa de reações químicas pode ser aumentada com a subida da temperatura, onde um aumento de 10°C pode duplicar a taxa de reação. No entanto, um aquecimento excessivo pode provocar sensibilidade bem como danos irreversíveis na polpa dentária. A taxa de alteração da cor não é influenciada pelo aumento de temperatura, uma vez que esta está mais dependente do tipo de dente e não do tipo de material de branqueamento a ser utilizado. Os dentes branqueiam a diferentes momentos e podem progredir até diferentes níveis de cor (Hilton et al., 2014; Joiner, 2006).

4.5.5. Aditivos

Diversos peróxidos apresentam aditivos na sua constituição com o intuito de alterar as suas características de manuseio ou a recetibilidade do produto pelo paciente. Materiais podem ser adicionados ao peróxido de hidrogénio líquido de modo a formar uma consistência de gel para uma manipulação mais facilitada e segura, no entanto, isto pode alterar a eficácia do material. O peróxido de carbamida também pode apresentar vários componentes que promovem a sua espessura e viscosidade. Este pode exibir múltiplos veículos-base, incluindo glicerina, glicol e materiais que estão na base dos dentífricos. O aditivo mais utilizado no peróxido de carbamida é o carbopol, que tem como objetivo aumentar a espessura do material e prolongar a libertação de peróxido ao longo do tempo (Hilton et al., 2014).

4.5.6. Outros Fatores

O tipo de pigmentação intrínseca e a cor inicial do dente podem desempenhar um papel significativo no resultado do branqueamento. Descoloração média a elevada por tetraciclina tende a responder a regimes extensos de branqueamento de 2 a 6 meses. Contudo, a literatura científica demonstra que a descoloração severa por tetraciclina é mais difícil de branquear, com os dentes mais escuros na sua região cervical, mais longo será o tempo para o branqueamento necessário (Joiner, 2006).

A presença de matéria alba e placa bacteriana na superfície do dente, teoricamente, apresenta o potencial para reduzir a atividade do peróxido de hidrogénio, por atuar como um substrato para a degradação do mesmo. Wattanapayungkul e colaboradores, demonstraram que a taxa de degradação do peróxido de hidrogénio não aumentou com a presença de biofilme na superfície dos dentes *in vivo*, por mais de 1 hora, o que indica que o biofilme não apresenta um efeito significativo na estabilidade do peróxido de hidrogénio (Joiner, 2006; Wattanapayungkul et al., 1999).

4.6. Restaurações Dentárias e o Branqueamento

O branqueamento pode aumentar a solubilidade de cimentos de ionómero de vidro, entre outros, e reduzir a força de adesão entre o esmalte e o material restaurador que apresente resina como base, durante as primeiras 24 horas. Após o branqueamento, o peróxido de hidrogénio residual, presente no esmalte, pode inibir a polimerização dos materiais resinosos e, como consequência, reduzir a sua força de adesão, o que faz com que estes materiais não devam ser usados nas 24 horas seguintes ao branqueamento dentário. Outros autores referem que o branqueamento de dentes vitais vai alterar o conteúdo proteico e mineral das camadas superficiais do esmalte, o que faz com que seja responsável pela redução da adesão (Alqahtani, 2014; Fiorillo et al., 2019; Tredwin et al., 2006).

Este procedimento pode provocar um ligeiro aumento da rugosidade na superfície de algumas restaurações em resina e a sua dureza pode aumentar ligeiramente, no entanto, nenhum destes aumentos é clinicamente significativo. O branqueamento não tem efeito em materiais em cerâmica, e, ainda que promova a libertação de mercúrio de algumas restaurações em amalgama, a sua relevância clínica ainda não é conhecida (Fearon, 2007).

Uma vez que a redução na força de adesão após o branqueamento dentário tem demonstrado ser reversível, o melhor método, de acordo com a literatura, compreende o adiamento do procedimento de adesão por um período de tempo após o branqueamento, o que varia na maioria dos estudos, de 24 horas a 1 semana, 2 semanas ou até mesmo até 4 semanas (Alqahtani, 2014; Fiorillo et al., 2019).

4.7. Indicações e Contraindicações do Branqueamento Dentário

A indicação principal para o branqueamento dentário corresponde à dissatisfação do paciente para com a cor dos seus dentes. Incluem-se nesta categoria diversas situações onde o branqueamento dentário é o tratamento mais adequado, nomeadamente, dentes descolorados e tratados endodonticamente, um ou múltiplos dentes descolorados, dentes com descoloração branca ou dentes de tonalidade amarelada (Fiorillo et al., 2019; Hilton et al., 2014).

Ainda que o branqueamento dentário seja um tratamento eficaz e seguro na melhoria da aparência dos dentes, após uma correta examinação, nem todas as descolorações dentárias requerem o tratamento branqueador. Pigmentações superficiais e extrínsecas podem ser completamente removidas por uma taça de polimento, em combinação com uma pasta profilática, ou por uma leve abrasão por meio de um aparelho rotatório de polimento. Existem algumas contraindicações para o branqueamento dentário, quer seja em consultório ou em ambulatório, que devem ser consideradas. O branqueamento em consultório não é recomendado para crianças com câmaras pulpares grandes ou dentes que apresentem *cracks*, devido às elevadas concentrações dos agentes branqueadores e os problemas de sensibilidade subsequentes. Da mesma forma, exposições radiculares e uma perda severa de esmalte podem ser consideradas contraindicações. O branqueamento em ambulatório não está indicado para mulheres grávidas, lactantes ou pacientes com alergias aos componentes nas preparações de peróxido de carbamida. Restaurações extensas que não necessitam de serem substituídas ou o paciente não se encontra cooperante em substituí-las também deve ser tido em conta antes de proceder com o branqueamento (Hilton et al., 2014; The Academy of Dental Learning and OSHA Training, 2012).

É de salientar as ocasiões onde o prognóstico do branqueamento dentário é reservado, nomeadamente, história passada de dentes com sensibilidade, dentes translúcidos, terço gengival do dente escurecido que é visível quando o paciente sorri, superfícies radiculares expostas e localizações com *white spots* extensas e muito visíveis (Hilton et al., 2014).

5. Agentes Antioxidantes e Agentes Neutralizantes

Como referido anteriormente e de acordo com a literatura, o método mais apropriado e eficiente para desempenhar procedimentos restaurativos após o branqueamento dentário, remete para uma espera de 7 a 14 dias até ser possível proceder com os mesmos. Este tempo permite que os radicais livres de oxigénio, consequentes do mecanismo de ação do peróxido de hidrogénio, sejam naturalmente libertados da superfície dentária e, permitem que a remineralização do esmalte ocorra (Alqahtani, 2014; Tostes et al., 2013).

De modo a reduzir este tempo de espera, antes da restauração dos dentes branqueados, a utilização de antioxidantes, como a catalase, ascorbato de sódio e α -tocoferol, e de agentes neutralizantes, como o bicarbonato de sódio, foi proposta com o intuito de reduzir a concentração dos radicais livres das superfícies dentárias e, como consequência, minimizar os efeitos adversos associados à adesão de compósitos de resina (Alqahtani, 2014; Lai et al., 2001).

5.1. Agentes Antioxidantes e o Branqueamento Dentário

Um antioxidante pode ser definido como a substância que, até a uma concentração baixa, em contacto com um substrato oxidante, inibe a sua oxidação. A utilização de antioxidantes de modo a eliminar os radicais livres após o branqueamento dentário foi proposta por Rostein em 1993, que reportou o efeito da enzima catalase após o branqueamento interno (Lopes et al., 2018; Rotstein, 1993).

O uso de agentes antioxidantes tem vindo a ser discutido como uma alternativa, com o intuito de acelerar o processo de remoção dos radicais de oxigénio remanescentes após a aplicação do gel branqueador. O antioxidante mais investigado nas últimas décadas é o ascorbato de sódio, que tem demonstrado consumir o peróxido de hidrogénio. No entanto, é de salientar que diferentes formas (solução ou gel), concentração e tempos de aplicação parecem influenciar a eficácia do ascorbato de sódio (Han et al., 2014; Olmedo et al., 2021).

Alguns estudos têm reportado a eficácia de 10% de ascorbato de sódio na reversão da adesão comprometida do esmalte previamente branqueado com peróxido de carbamida a 10%, aquando da sua adesão a resina composta (Lai et al., 2001; Türkün et al., 2009).

Uma revisão sistemática e meta-análise que visava avaliar se antioxidantes naturais poderiam melhorar a força de adesão imediata de sistemas adesivos dentários ao esmalte branqueado, identificou 19 antioxidantes naturais, utilizados em estudos *in vitro*, que demonstraram o aumento da força de adesão ao esmalte submetido a branqueamento. No entanto, apenas o extrato de grainha de uva e licopeno foram capazes de restaurar a força de adesão aos valores de controlo de esmalte não submetido a branqueamento (Rodríguez-Barragué et al., 2021).

5.2. Agentes Neutralizantes e o Branqueamento Dentário

Em semelhança à utilização de antioxidantes, o uso de agentes neutralizantes para o aumento da força de adesão ao esmalte branqueado tem vindo a ser estudado, podendo destacar o uso do bicarbonato de sódio que acompanha a maioria dos kits de branqueamento, uma vez que atua como um neutralizador quando o peróxido de hidrogénio entra em contacto com a mucosa oral no caso de acidente (Garcia et al., 2012; Tostes et al., 2013).

O ião bicarbonato presente no bicarbonato de sódio é vastamente utilizado como ativador para o peróxido de hidrogénio na oxidação de compostos orgânicos. A reação química entre o peróxido de hidrogénio e o ião bicarbonato rapidamente forma iões de oximonocarbonato (HCO_4^-) a 25°C a um nível de pH neutro. Na ausência da adição de catalisadores e da oxidação do substrato orgânico subsequente, água é o único bioproduto que resulta desta reação. A capacidade tampão do bicarbonato de sódio na neutralização do peróxido de hidrogénio permanece na superfície do substrato dentário, permitindo que os ácidos sejam neutralizados, e que o peróxido de hidrogénio liberte oxigénio, o que acelera a sua degradação. Esta reação vai permitir uma adesão restaurativa imediatamente após o branqueamento do dente. Adicionalmente, a utilização de bicarbonato de sódio como ativador químico, associado a altas concentrações de peróxido de hidrogénio, resulta numa associação que é capaz de proteger o conteúdo orgânico do esmalte (Alencar et al., 2016; Tostes et al., 2013).

O efeito de 10% de uma solução de bicarbonato foi recentemente estudado. Os autores verificaram que a sua aplicação favorecia o aumento da força de adesão ao esmalte branqueado de forma significativa, em comparação com a sua aplicação durante uma semana em esmalte não branqueado (Tostes et al., 2013).

Svizero e colaboradores (2017), num estudo que visava avaliar o efeito de uma solução neutralizante (10% bicarbonato de sódio) e de uma solução antioxidante (10% ascorbato de sódio) na adesão de restaurações imediatas e atrasadas durante 15 dias ao esmalte branqueado, verificaram um aumento na força de adesão à adesão de restaurações imediatas (Svizero et al., 2017).

6. Adesão e Sistemas Adesivos

6.1. Adesão e Adesão Dentária

O processo de adesão pode ser definido como a junção de duas superfícies independentes ou materiais, onde o seu contacto é mantido sem o auxílio de forças externas. A adesão pode resultar da formação de ligações químicas primárias, como ligações covalentes, iónicas ou metálicas, ou como resultado de forças secundárias, como ligação por pontes de hidrogénio ou forças de Van der Waals. A adesão, quer seja por ligações primárias ou secundárias, depende de interações moleculares fortes entre duas superfícies em contacto íntimo, e os dois tipos de interações são evidentes nos materiais dentários adesivos (Bedran-Russo et al., 2017; Hilton et al., 2014; Marshall et al., 2010; Sharma et al., 2020).

A adesão envolve um aderente (substrato que é colado a outro material com o uso de um adesivo), no qual um adesivo (substância que promove a adesão de um material ao outro) é aplicado, o que vai criar uma interface interveniente, e a esta combinação denominamos de união adesiva. Uma boa adesão dentária compreende um substrato de tecido dentário, dentina e/ou esmalte, em contacto próximo com o adesivo, sendo que a tensão superficial do adesivo deve ser menor que a energia de superfície do substrato. A adesão dentária pode compreender quatro tipos de mecanismos, uma adesão mecânica (penetração da resina e formação de *resin tags*), adesão por adsorção (união química aos componentes inorgânicos, hidroxiapatite, ou a componentes orgânicos, colagénio, da estrutura dentária) adesão por difusão (precipitação das substâncias na superfície dentária onde os monómeros de resina são capazes de se unir mecanicamente ou quimicamente) e adesão por combinação dos mecanismos anteriormente descritos (Marshall et al., 2010; Phillips, 2013; Ritter et al., 2019).

O fenómeno da adesão está dependente de certos fatores, nomeadamente, a molhabilidade, a energia de superfície assim como o ângulo de contacto. O esmalte sendo uma substância cristalina apresenta uma elevada energia de superfície, o que permite uma dispersão do adesivo de forma rápida, por outro lado, o colagénio presente na dentina, apresenta uma baixa energia de superfície devido às suas fracas forças intermoleculares. A molhabilidade corresponde à facilidade com que um líquido tem em se dispersar e aderir numa superfície sólida. Se o líquido não for capaz de fluir sobre a superfície aderente, a adesão entre estes será inexistente. O ângulo de contacto compreende o ângulo formado na interface entre o adesivo e o aderente, e a sua medição permite determinar a extensão com que o adesivo dispersa pela superfície. Ou seja, se as moléculas do adesivo forem mais atraídas pelas moléculas do aderente do que entre elas, o líquido irá dispersar completamente pela superfície aderente e nenhum ângulo de contacto será formado. Desta forma, quanto menor o ângulo de contacto melhor a capacidade do adesivo fluir pelas irregularidades presentes na superfície do aderente, o que permite uma melhor adesão (Sharma et al., 2020).

A preparação do substrato dentário para a remoção de lesões de cárie dentária, com a respetiva criação de cavidades, resulta na produção da *smear-layer*. Esta camada de 1-10 µm de espessura contém hidroxiapatite, colagénio desnaturado e remanescentes de bactérias e microrganismos. Se esta camada não for removida, tende a diminuir a força de adesão entre o material restaurador e as paredes da cavidade dentária (Sharma et al., 2020)s

6.2. Adesão ao Esmalte

As resinas convencionais, fortemente hidrofóbicas, não apresentam capacidades de adesão necessárias para se unirem às superfícies dentárias. A solução para a adesão deste tipo de substratos compreende a criação de uma superfície topográfica de ancoragem ideal e procurar um agente de ligação que permita a união dos tecidos dentários e do adesivo (Z. Zhao et al., 2021).

O ácido ortofosfórico é capaz de limpar a superfície do esmalte, melhorar a energia de superfície do substrato, bem como a molhabilidade do adesivo. Aquando da aplicação deste ácido os cristais de hidroxiapatite presentes no esmalte são dissolvidos o que leva à criação de macro e microporosidades. Após a infiltração destas porosidades pelos monómeros de resina, estes polimerização no interior das porosidades, ficando interligados ao esmalte, o que resulta na formação de micro e macro *resin tags*. A

formação destes *tags* de resina é o mecanismo fundamental para a adesão da resina ao esmalte, sendo considerado o *gold standard* (Bedran-Russo et al., 2017; Sezinando, 2014; Sharma et al., 2020).

6.2.1. Propriedades do Ácido Ortofosfórico

O tratamento da superfície com o ácido ortofosfórico parece ser a melhor escolha para o condicionamento do esmalte. No entanto, na eventualidade de quisermos unir o esmalte à dentina, a escolha do tipo de ácido é afetada pelo tratamento da dentina, sendo necessária que esta seja submetida ao condicionamento ácido também. Comparando com o esmalte, a complexidade da adesão à dentina tem vindo a desenvolver outros sistemas adesivos baseados em ácidos, minerais (2,5% de ácido nítrico) ou compostos orgânicos (10% de ácido maleico e 10% de ácido cítrico), sendo utilizados para condicionar o esmalte e a dentina simultaneamente (técnica *total-etch*), todavia, a eficácia destes ácidos carece quando comparado ao ácido ortofosfórico (Z. Zhao et al., 2021).

6.2.1.1. Concentração

Geralmente, uma concentração entre 10% a 60% da solução de ácido ortofosfórico aparenta uma adesividade semelhante, porém, a concentração afeta a profundidade das porosidades criadas no esmalte aquando da sua colocação na superfície do dente. Uma concentração de 35% parece ser a ideal (Z. Zhao et al., 2021)

6.2.1.2. Consistência

Um estudo realizado por Cardenas e colaboradores, veio a demonstrar que géis apresentam a mesma eficácia que soluções líquidas. Deste modo, géis coloridos são preferíveis uma vez que promovem uma manipulação do ácido mais precisa e com um ótimo controlo visual (Cardenas et al., 2018).

6.2.1.3. Tempo de Aplicação

O tempo de aplicação para o condicionamento com o ácido ortofosfórico entre 15s a 1min demonstrou o mesmo valor de adesão para concentrações de 5 a 37%, o que prova uma boa tolerância do esmalte (Cardenas et al., 2018).

A adesão ao esmalte corresponde então a dois mecanismos, um primeiro mecanismo físico-químico pelo aumento da molhabilidade e área de superfície, e o segundo, um mecanismo micromecânico onde o adesivo penetra nas porosidades criadas pelo ácido (Z. Zhao et al., 2021).

6.3. Adesão à Dentina

A adesão à dentina mostra-se mais desafiante que a adesão ao esmalte, devido ao seu elevado conteúdo orgânico, composição não uniforme e a permeabilidade que apresenta pela presença dos túbulos dentinários. Para além disso, após a instrumentação mecânica, uma camada de 3-15µm de espessura de *smear-layer* será formada. Apesar desta camada promover proteção pulpar por redução da permeabilidade da dentina, esta dificulta a adesão (Von Fraunhofer, 2012).

A dentina por ser em grande parte hidrofílica não está adequada à infiltração por monómeros de resina hidrofóbicos. Tal como a superfície do esmalte, o ataque ácido da dentina aumenta a sua força de adesão e remove a *smear-layer*. No entanto, uma adesão entre a resina e a dentina apenas é fazível através das características hidrofílicas ou anfipáticas da resina. Os monómeros hidrofílicos da resina podem infiltrar-se na superfície desmineralizada da dentina, rica em fibrilhas de colagénio tipo I, encapsular a matriz de dentina exposta e formar aquilo que se chama de camada híbrida. A hibridização das superfícies de dentina é o mecanismo primário de retenção micromecânica dos sistemas adesivos *etch-and-rinse*. Os sistemas adesivos *self-etch*, também são capazes de formar a camada híbrida, no entanto, a incorporação e/ou desmineralização parcial da *smear-layer*, na região da interface adesiva, resulta na formação de uma camada híbrida fina e irregular. A evidência científica demonstra que a ligação química entre certos *primers* acídicos, monómero funcional da molécula 10-MDP e a fase mineral da dentina promovem uma retenção adicional (Bedran-Russo et al., 2017).

A hibridização da dentina necessita de três componentes básicos, um condicionador, um *primer* e uma resina adesiva, o *bond*. À semelhança da adesão ao esmalte, a adesão à dentina compreende o condicionamento ácido. Esta reação ácido-base com a *smear-layer* e hidroxiapatite resultam na sua dissolução. Esta permite a eliminação de detritos e contaminantes, abrir os túbulos dentinários, desmineralizar a dentina inter e peri-tubular e formar uma densa rede de colagénio. A hibridização envolve a infiltração da rede de colagénio com o *bond*, havendo o problema de infiltrar a resina hidrofóbica na rede altamente hidrofílica (Z. Zhao et al., 2021).

O *primer* irá permitir a abertura do espaço interfibrilar, devido aos seus monómeros hidrofílicos dissolvidos num solvente específico (acetona ou álcool), que interage com a rede de colagénio em ambiente húmido. Estes monómeros são compostos

por um grupo metacrilato e por um grupo reativo. Este último consegue interagir com as moléculas polares da dentina, como a hidroxiapatite da apatite ou a amina presente no colagénio. O mais comumente utilizado é o HEMA (2-hidroxietil-metacrilato), que apresenta um efeito positivo na adesão à dentina. A infiltração do *primer* na rede de colagénio é fulcral de modo a evitar o seu colapso (Z. Zhao et al., 2021).

A resina adesiva ou *bond*, é a última etapa a executar. Este deve penetrar nos túbulos dentinários e infiltrar-se nas redes intercelulares proteicas (Z. Zhao et al., 2021).

6.4. Classificação dos Sistemas Adesivos

A Dentisteria Adesiva iniciou-se em 1955, por Buonocore, com os benefícios do condicionamento ácido, tendo sido submetida a grandes progressos nas últimas décadas. Com base na Dentisteria Minimamente Invasiva, esta visa uma preparação de cavidade mais conservadora estando dependente da eficácia dos sistemas adesivos para com o substrato esmalte/dentina (Perdigão et al., 2021).

Um sistema adesivo dentário procura promover a resistência à separação de um substrato aderente (isto é, esmalte, dentina, metal, compósito, cerâmicas) de um material restaurador ou de cimentação, distribuir a tensão ao longo da superfície a ser aderida e selar a interface através da união adesiva entre a dentina e/ou esmalte e o material restaurador, aumentando a sua resistência à microinfiltração e diminuindo o risco de sensibilidade pós-operatória, infiltração marginal e cárie secundária (Phillips, 2013).

Os adesivos dentários são soluções de monómeros de resina que fazem com que a interação entre o substrato dentário e a resina seja possível. Os sistemas adesivos são constituídos por monómeros com grupos hidrofílicos e grupos hidrofóbicos. Os primeiros melhoram a molhabilidade aos tecidos dentários, enquanto os segundos permitem a interação de copolimerização com o material restaurativo. A composição química dos adesivos também inclui iniciadores, inibidores ou estabilizadores, solventes e, em alguns casos, cargas inorgânicas (Sezinando, 2014).

Atualmente, a adesão aos substratos dentários é baseada em duas técnicas diferentes, *etch-and-rinse* e *self-etch*. A primeira procura remover a *smear-layer* e os *smear plugs* adjacentes e, a segunda, visa a incorporação da *smear-layer* na interface adesiva. Enquanto os sistemas adesivos *etch-and-rinse* de dois passos incluem um agente

condicionante e uma solução hidrofílica que atua simultaneamente como *primer* e *bond*, os sistemas adesivos de três passos incluem um *primer* e um *bond* hidrofóbico separados. Adesivos que não apresentem um passo condicionante, os adesivos *self-etch*, apresentam um *primer* ácido, não lavável, que não remove a *smear-layer*. Em vez disso, este integra os resíduos presentes na *smear-layer* na interface adesiva, enquanto promove uma descalcificação superficial do conteúdo de hidroxiapatite presente na dentina e esmalte. (Perdigão et al., 2021; Sofan et al., 2017).

Mais recentemente, uma nova família de sistemas adesivos foi introduzida, os sistemas adesivos universais ou multi-modo, que podem ser utilizados como sistemas *etch-and-rinse* ou *self-etch* (Sofan et al., 2017).

6.4.1. Sistemas Adesivos *Etch-and-Rinse*

Os sistemas adesivos *etch-and-rinse* são produtos da quarta geração que requerem a aplicação sequencial de três agentes. Agentes estes que são considerados o *gold-standard* quando comparados a outros sistemas adesivos. Este tipo de sistema adesivo pode ser de três ou de dois passos (Hilton et al., 2014).

Os adesivos *etch-and-rinse* de três passos, compreendem o condicionamento ácido da superfície dentária com ácido ortofosfórico e a posterior lavagem do mesmo com água. O ácido ortofosfórico visa a remoção da *smear-layer* e *smear-plugs*, sendo estes últimos detritos que se encontram no interior dos túbulos dentinários. O condicionamento ácido procura aumentar a energia de superfície do esmalte através da criação de microporosidades e na dentina visa a exposição da rede de colagénio (Hilton et al., 2014; Sezinando, 2014).

Após esta etapa, um *primer* rico em solvente, contendo monómeros funcionais com vários graus de propriedades hidrofílicas e hidrofóbicas, (HEMA, Dimetacrilato de trietileno glicol (TEGDMA), bis-GMA e dimetacrilato de uretano (UDMA)), é aplicado e seco. As suas propriedades hidrofílicas facilitam a penetração dos monómeros na rede de colagénio da dentina de forma a criar uma camada híbrida de colagénio e resina, e as propriedades hidrofóbicas permitem facilitar a adesão restauradora à matriz de resina.

O último passo compreende a colocação da resina adesiva, o *bond*, que irá penetrar nas microporosidades presentes no esmalte e nos túbulos dentinários expostos pelo ataque

ácido e posteriormente polimerizado de modo a formar *resin tags*, que garantem uma adesão eficaz (Hilton et al., 2014; Sezinando, 2014).

Nos adesivos *etch-and-rinse* de dois passos, a etapa do condicionamento ácido é idêntica, sendo aplicado, no esmalte e dentina, um *primer* e *bond* simultaneamente (o *primer* hidrofílico e a resina hidrofóbica estão combinados na mesma solução), seguido da sua secagem e polimerização (Sezinando, 2014).

6.4.2. Sistemas Adesivos *Self-Etch*

Os sistemas adesivos *self-etch*, considerados de quinta geração foram desenvolvidos com o intuito de ultrapassar os problemas associados com a desmineralização da dentina e a infiltração da resina pelos adesivos *etch-and-rinse*, simplificar a técnica de aplicação dos adesivos ao substrato dentário, bem como reduzir o seu tempo de aplicação (Hilton et al., 2014; Sezinando, 2014).

Estes sistemas adesivos incluem dois tipos de adesivos de acordo com o número de passos envolvidos. Encontramos os sistemas adesivos *self-etch* de dois passos, onde o esmalte e a dentina são simultaneamente condicionados e preparados com um *primer* ácido, seguido da aplicação de uma resina adesiva que é posteriormente polimerizada. E os adesivos *self-etch* de dois passos, onde o *primer* ácido e a resina adesiva se encontram na mesma solução. Esta solução promove o condicionamento ácido, aplicação de *primer* e a infiltração da resina no substrato de modo simultâneo, com a posterior polimerização (Sezinando, 2014).

Os adesivos *self-etch* foram classificados de acordo com a sua acidez em *ultra-mild* (pH $\geq 2,5$), *mild* (pH ≈ 2), *intermediatly strong* ou *moderate* (pH entre 1 e 2) e *strong* (pH < 1). O nível de desmineralização do substrato dentário vai depender do pH do *primer*, por exemplo, os adesivos *mild* desmineralizam a dentina apenas superficialmente, deixando os cristais de hidroxiapatite em redor das fibras de colagénio livres para interações químicas. Os adesivos *self-etch* quando aplicados na dentina afirmam diminuir a hipersensibilidade pós-operatória, uma vez que se observa uma menor exposição dos túbulos dentinários resultante da não remoção dos *smear-plugs*. Isto promove uma diminuição na movimentação do fluido dentinário quando comparado aos sistemas adesivos *etch-and-rinse*. A desvantagem remete para o condicionamento insuficiente do

esmalte resultante devido ao seu baixo nível de acidez (Sezinando, 2014; Sofan et al., 2017).

6.4.3. Sistemas Adesivos Universais

Uma das mais recentes novidades introduzidas no mundo da Dentisteria Adesiva foram os sistemas adesivos universais ou multi-modo. Estes tipos de sistemas adesivos podem ser utilizados como adesivos *self-etch*, adesivos *etch-and-rinse* ou como adesivos *self-etch* na dentina e *etch-and-rinse* no esmalte, técnica esta denominada por *selective enamel etching*, onde apenas o esmalte é condicionado pelo ácido ortofosfóricos numa etapa separada (Da Rosa et al., 2015; Perdigão et al., 2021; Sofan et al., 2017).

A maior diferença encontrada entre os adesivos universais e os adesivos *self-etch* tradicionais de um passo remete para a presença de monómeros funcionais de fosfato e/ou carboxilato nos adesivos muti-modo, como por exemplo o 10-metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato (10-MDP). Este é capaz de desencadear uma ligação química entre o cálcio presente nos cristais de hidroxiapatite do substrato dentário, o que resulta numa adesão química para além da adesão mecânica já estabelecida (Carrilho et al., 2019; Perdigão et al., 2021; Yoshihara et al., 2014).

Adicionalmente, a matriz dos adesivos universais baseia-se na combinação de monómeros de natureza hidrofílica (HEMA), hidrofóbica (D3MA) e intermédia (bis-GMA). Esta combinação de propriedades permite aos adesivos multi-modo de criar uma ponte entre o substrato hidrofílico dentário e o substrato hidrofóbico da resina (Sofan et al., 2017).

Outra característica dos adesivos universais a salientar é o facto destes serem recomendados para diversas aplicações clínicas, incluindo restaurações diretas, restaurações indiretas, dessensibilizante para a dentina, *primer* para zircónia entre outras (Perdigão et al., 2021; Sato et al., 2021).

7. Testes de Resistência Adesiva: Teste de Microtração (μ TBS)

O teste de resistência adesiva à microtração (μ TBS) foi introduzido em 1994 por Sano et al. de modo a avaliar a força de adesão e o módulo de elasticidade da dentina mineralizada e desmineralizada. Este teste foi desenvolvido com o objetivo de ultrapassar certas dificuldades nos testes de resistência adesiva ao cisalhamento (Shear Bond Strength Test - μ SBS) e à tração (Tensile Strength Test), nomeadamente a incapacidade da utilização destes testes para a medição a resistência adesiva dos sistemas adesivos mais recentes (Fernandes et al., 2016; Sano et al., 1994).

O μ TBS procura avaliar a força adesiva entre materiais adesivos e pequenas regiões de tecido dentário (por exemplo, terço oclusal vs terço médio vs terço cervical do esmalte; dentina normal vs dentina com lesão de cárie; paredes oclusais de lesões classe V vs paredes gengivais de lesões classe V). Uma das vantagens desta técnica é o facto da adesão de amostras pequenas apresentar uma melhor distribuição de stress durante a aplicação da força, o que faz com que existam menos falhas coesivas na dentina das que as encontradas em outros testes mais convencionais (Pashley et al., 1999).

O μ TBS difere dos outros testes em termos das dimensões da área do adesivo utilizada. Nos testes de resistência adesiva ao cisalhamento e tração a área aproximada de 4mm^2 é utilizada, enquanto no μ TBS, a área utilizada varia dos $0.5\text{-}1.5\text{mm}^2$. Esta redução na área de teste apresenta numerosas vantagens, tais como, a redução do número de dentes necessários para a investigação; redução da probabilidade de haverem defeitos resultantes de fraturas no substrato; permite que falhas adesivas sejam obtidas na maioria das amostras e permite que a adesão seja avaliada em pequenas áreas (Lula et al., 2014).

Os valores da força adesiva são expressos em MPa e calculados pela força aplicada durante o momento de rutura na área de interface (força/área) (Fernandes et al., 2016).

II. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi:

Avaliar *in vitro* o efeito de 10% bicarbonato de sódio na resistência adesiva (μ TBS) ao esmalte branqueado.

III. HIPÓTESES DE ESTUDO

Hipótese Nula:

Não se verificam diferenças estatisticamente significativas no uso de 10% bicarbonato de sódio na resistência adesiva de restaurações ao esmalte branqueado.

Hipótese Alternativa:

Verificam-se diferenças estatisticamente significativas no uso de 10% bicarbonato de sódio na resistência adesiva ao esmalte branqueado.

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente investigação foi submetida à apreciação da Comissão de Ética do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM), tendo obtido um parecer positivo por unanimidade (Anexo 1).

Este estudo foi realizado no Laboratório de Biomateriais do IUEM (IUEM, Monte da Caparica, Portugal).

Nesta investigação foram utilizados trinta dentes molares hígidos (Figura 1), provenientes do Banco de Dentes Humanos (BDH), da Clínica Universitária Egas Moniz, sendo que cada dente doado tem como base um consentimento informado, que autoriza a doação e utilização dos mesmos para estudos realizados no IUEM. Os trinta dentes foram extraídos por motivos periodontais ou ortodônticos.

Os critérios de inclusão utilizados para a recolha do material biológico foram: dentes molares hígidos, ausência de lesão de cárie dentária, ausência de restaurações. Os critérios de exclusão englobam: presença de lesões de cárie dentária, presença de restaurações, presença de *cracks* ou fissuras de esmalte e presença de historial médico que pudesse interferir na formação do esmalte.



Figura 1- Representação de um dente utilizado neste estudo

Após a extração todos os dentes foram armazenados em água destilada a 4°C. Realizou-se a limpeza dos dentes, tendo sido removidos tártaro, sangue, entre outros restos de tecido orgânico da superfície externa dos dentes, através de técnicas de

raspagem manual com recurso a curetas Gracey. Este procedimento foi realizado de acordo com as normas ISO 11405, 2015 e de acordo com Armstrong et al., 2017.

Seguidamente, procedeu-se à conservação dos dentes numa solução de cloramina trihidratada 0,5%, durante 1 semana, a 4°C, de modo a desinfetar o material biológico. Após o período de desinfeção, este foi novamente armazenado em água destilada a 4°C.

Os trinta molares foram divididos aleatoriamente em cinco grupos: Grupo Controlo (GC) (n=6), ao qual não foi aplicado o agente branqueador nem o bicarbonato de sódio; um grupo submetido ao branqueamento, mas não à ação do bicarbonato de sódio, e realizada uma restauração a resina composta imediata (G1) (n=6); um grupo submetido ao branqueamento, e realizada uma restauração passados 14 dias (G2) (n=6); um grupo submetido ao branqueamento e à aplicação de bicarbonato de sódio durante 5 minutos e realizada uma restauração após (G3) (n=6) e um grupo submetido ao branqueamento e a duas aplicações de 5 minutos de bicarbonato de sódio e, posteriormente, a restauração a resina composta (G4) (n=6) (Figura 2).

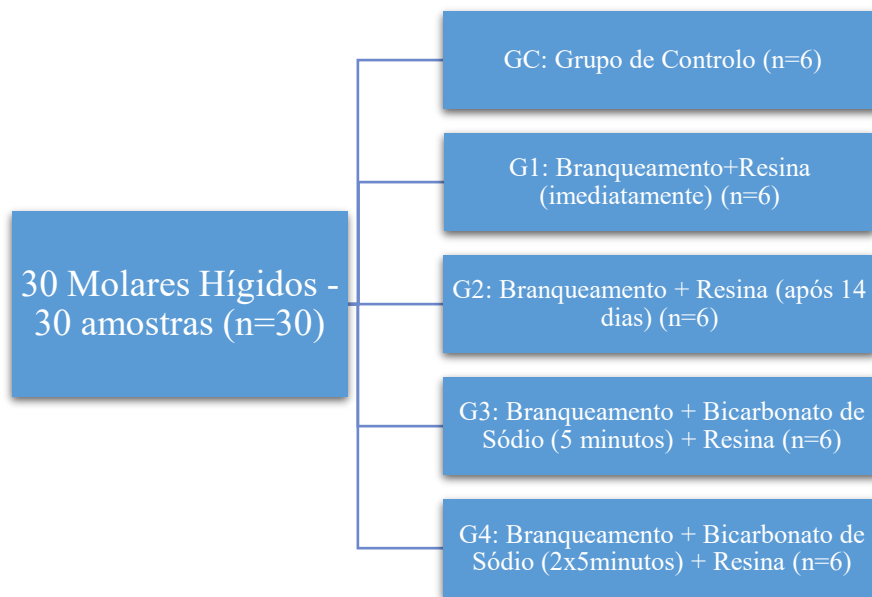


Figura 2- Esquema síntese do desenho experimental do estudo

Procedeu-se à regularização da superfície oclusal com recurso a uma polidora (LaboPol-4, Struers, Dinamarca) (Figura 3) com uma lixa SiC grão 600 (Buehler® Ltd, Lake Bluff, IL, EUA) com irrigação, de modo a obter uma superfície regular de esmalte.



Figura 3- Polidora LabPol-4, Streurs

Os dentes foram fixos em suportes próprios com recurso a cola aquecida (cola termofusível translúcida Harmon Lisboa, Portugal) num micrótomo de tecidos duros Accutom-50 (Struers, Ballerup, Dinamarca) (Figura 4), de maneira a seccionar as raízes num corte único à velocidade de 0,125 mm/min. Posteriormente, foi removido o conteúdo da câmara pulpar com recurso a uma cureta Gracey. O espaço livre remanescente foi preenchido com cola de cianocrilato (Loctite SuperCola3, Henkel Ibérica, Portugal) (Figura 5).



Figura 4- Micrótomo de Tecidos Duros



Figura 5- Cola de cianocrilato (Loctite SuperCola3, Henkel Ibérica, Portugal).

Os dentes foram armazenados em recipientes fechados, contendo saliva artificial (Figura 6), em estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) (Figura 7) a 37°C, durante 24h.

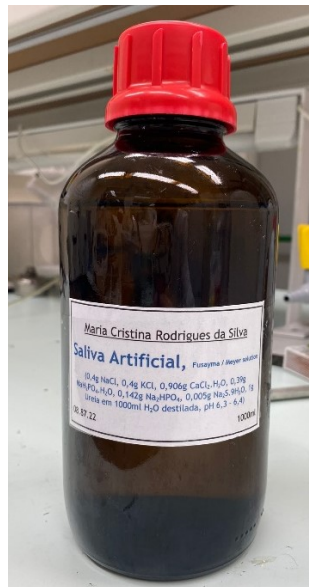


Figura 6- Saliva artificial utilizada para a conservação das amostras



Figura 7- Estufa onde as amostras foram armazenadas

Após a preparação das amostras iniciou-se o processo de branqueamento. As amostras foram retiradas da estufa e foram secas com compressas esterilizadas. Estas foram separadas de acordo com o seu grupo de estudo, e foi aplicado o gel de branqueamento Opalescence PF regular 16% (Ultradent Products, South Jordan, EUA) (Figura 8) nos grupos G1, G2, G3 e G4, conforme as instruções do fabricante, e o gel placebo (Figura 9) no grupo GC. As amostras foram colocadas em caixas de Petri sobre compressas esterilizadas, humedecidas previamente com água desionizada, e introduzidas na estufa a 37°C por um período de 6 horas de atuação do gel de branqueamento e do gel placebo.



Figura 8- Gel de Branqueamento Opalescence PF Regular 16% (Ultradent Products, South Jordan, EUA)

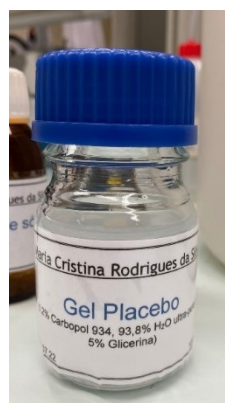


Figura 9- Gel Placebo

Após as 6 horas, as amostras foram retiradas da estufa e foi removido o gel de branqueamento e gel placebo com o auxílio de uma compressa esterilizada e procedeu-se à lavagem das amostras com água desionizada para a remoção de quaisquer remanescentes dos géis.

Este procedimento foi repetido por um período de sete dias. Entre as aplicações dos géis as amostras ficaram armazenadas em saliva artificial (Figura 6), em recipientes selados, em estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°C durante 24h (Figura 7).

Terminado o processo de branqueamento procedeu-se à aplicação imediata de uma solução de 10% bicarbonato de sódio nas amostras pertencentes ao grupo G3 durante o período de 5 min; e duas aplicações de 5 min da mesma solução no grupo G4 (Figura 10). Seguidamente, as amostras foram limpas com uma compressa esterilizada, bem como com água desionizada, com o objetivo de remover quaisquer remanescentes da solução de bicarbonato de sódio.



Figura 10- Aplicação da solução de 10% Bicarbonato de Sódio

As amostras dos restantes grupos, GC, G1, e G2 foram removidos dos seus recipientes e limpos com água desionizada.

A camada de *smear-layer* foi simulada através do polimento das superfícies oclusais, com recurso a uma polidora (LaboPol-4, Struers, Dinamarca) (Figura 3) com uma lixa SiC grão 600 (Buehler® Ltd, Lake Bluff, IL, EUA) com irrigação, durante 60 segundos (Figura 11).



Figura 11- Simulação da camada de *smear layer* através do polimento da superfície dentária com a polidora (LaboPol-4, Struers, Dinamarca)

Os dentes foram condicionados com ácido ortofosfórico (CyberTech Etch Gel 37%, Hamburg, Germany) durante 15 segundos e lavados com água durante 15 segundos, seguido de secagem dos mesmos durante 5 segundos com um jato de ar. De imediato foi aplicado o sistema adesivo Scotchbond™ Universal (3M ESPE, Neuss, Germany) com recurso a um aplicador descartável (*microbrush*), durante 15 segundos e secagem com um jato de ar durante 5 segundos após a aplicação do adesivo. Seguidamente o adesivo foi fotopolimerizado durante 20 segundos, com o fotopolimerizador Elipar™ DeepCure-S (3M ESPE, St. Paul, EUA) (Figura 12). A radiação foi verificada a cada cinco utilizações, com recurso a um radiómetro (Optilux Radiometer, Kerr, Orange, EUA), de modo a atingir uma radiação média de 1000 mW/cm².



Figura 12- Condicionamento ácido e aplicação do sistema adesivo Scotchbond™ Universal (3M ESPE, Neuss, Germany) com o respetivo material utilizado

Após o condicionamento ácido e a colocação do adesivo, foram realizados incrementos de 2mm de resina composta Filtek™ Z250 (3M ESPE, St. Paul, EUA) na cor A2, até perfazer uma altura de 6mm. A cada camada de 2mm a resina foi fotopolimerizada com o fotopolimerizador Elipar™ DeepCure-S (3M ESPE, St. Paul, EUA), durante 20 segundos.

As amostras dos grupos GC, G1, G3 e G4 foram imediatamente restauradas. O grupo G2 ficou armazenado, durante catorze dias, no mesmo recipiente em saliva artificial, em estufa (Mettert INE 400, Mettert, Alemanha) a 37°C, renovada a cada 24h, e, após esse tempo, as amostras foram submetidas aos procedimentos adesivos e restaurativos anteriormente descritos.

Seguidamente, as amostras foram armazenadas, durante 24h, em recipientes contendo saliva artificial em estufa (Mettert INE 400, Mettert, Alemanha) a 37°C.

Assim que decorridas as 24h, as amostras foram fixas em suportes próprios com recurso a cola aquecida (cola termofusível translúcida Harmon, Lisboa, Portugal) num micrótopo de tecidos duros Accutom-50 (Struers, Ballerup, Dinamarca), tendo sido seccionadas com uma lâmina diamantada a baixa velocidade, nas direções X e Y, com

irrigação com água, de forma a obter palitos com uma secção transversal de $1\pm 0,3 \text{ mm}^2$ (Figura 13).

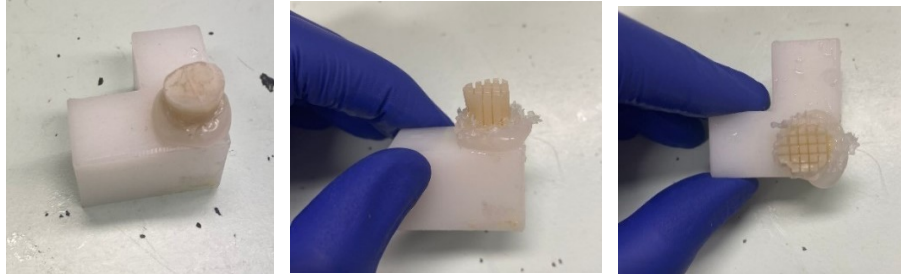


Figura 13- Corte das amostras em palitos

Os palitos considerados viáveis, que apresentassem esmalte e resina, foram medidos com recurso a uma craveira digital, de sensibilidade calibrada a $\pm 0,02 \text{ mm}$, Storm Digital Caliper (CDC/N 0 150mm, Pontoglio, BS, Itália). Os palitos apresentaram um tamanho mínimo de 12 mm e a sua largura foi medida através do posicionamento da craveira no local mais próximo da interfase esmalte/resina, de modo a calcular a área de fratura.

Os palitos foram colocados individualmente num *jig* de ácido inoxidável de Geraldeli, com o auxílio de cola de cianocrilato (Loctite SuperCola3, Henkel Ibérica, Portugal) (Figura 14).

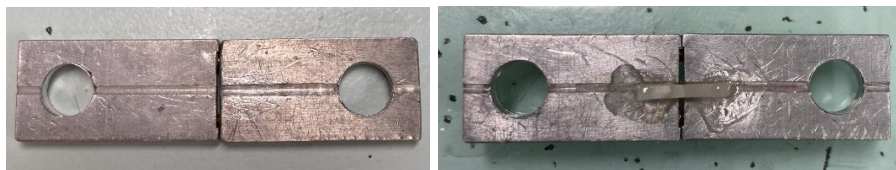


Figura 14- Fixação das amostras em *jigs* de aço inoxidável de Geraldeli

Seguidamente, os palitos foram testados em tensão até ocorrer fratura, numa máquina de testes universal (Shimadzu Autograph AG-IS, Kyoto, Japão), a uma velocidade de 0,5 mm/min (Figura 15) (Armstrong et al., 2017).



Figura 15- Máquina de testes universal (Shimadzu Autograph AG-IS, Kyoto, Japão)

As forças de microtração, expressas em MPa, foram calculadas através da divisão da força aplicada no momento de fratura (KN) pela área da superfície aderida (mm²).

$$\mu\text{TBS} = F/A$$

Após ocorrida a fratura do palito, analisado o ponto de fratura, com auxílio de um microscópio ótico com ampliação de 20x (Leica ATC 2000, Reichert Inc., Buffalo, EUA) (Figura 16) de forma a classificar a fratura conforme o local onde ocorreu: Fratura Adesiva, se foi na interface adesiva; Fratura Coesiva no esmalte ou na resina composta, se ocorreu exclusivamente no esmalte ou na resina composta, respectivamente, ou Fratura Mista, se foi ao nível da interface adesiva e esmalte e/ou resina composta (Armstrong et al., 2017) (Figura 17).



Figura 16- Microscópio Ótico (Leica ATC 2000, Reichert Inc., Buffalo EUA)

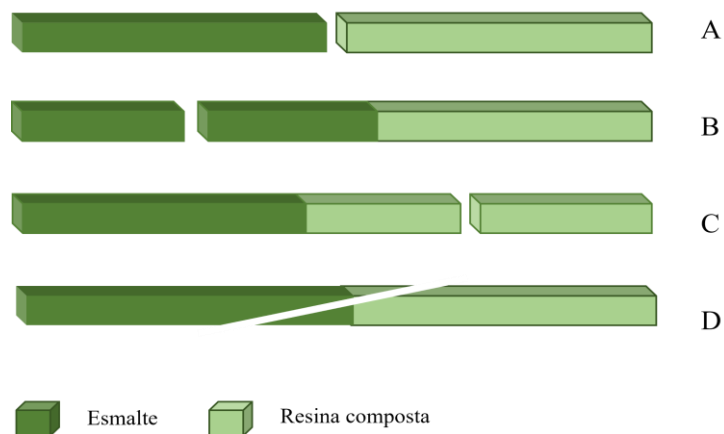


Figura 17- Esquema representativo dos tipos de fratura (A: Fratura Adesiva; B: Fratura Coesiva no Esmalte; C: Fratura Coesiva na Resina Composta; D: Fratura Mista)

Análise Estatística

Todos os dados obtidos na presente investigação foram submetidos ao programa *IBM SPSS Statistics*, na versão 28.0 para *MacOS*.

Como valor de referência foi fixado um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) em todas as análises inferenciais, de maneira aceitar ou rejeitar a hipótese nula.

Desta maneira, para proceder à análise e comparação das médias dos valores de resistência adesiva, foi aplicado o teste ANOVA com correção de Brown-Forsythe e o teste PostHoc de Games-Howell, onde previamente, foram verificados os pressupostos de homogeneidade e normalidade das variâncias.

V. RESULTADOS

1. Análise da Resistência Adesiva

Os valores resultantes do tratamento estatístico dos resultados obtidos na presente investigação foram compilados em gráficos e tabelas, de modo a possibilitar uma melhor interpretação dos mesmos.

Por cada complexo dente-restauração foram obtidos entre cinco a dez palitos.

Os resultados obtidos neste estudo encontram-se ilustrados no Gráfico 1.

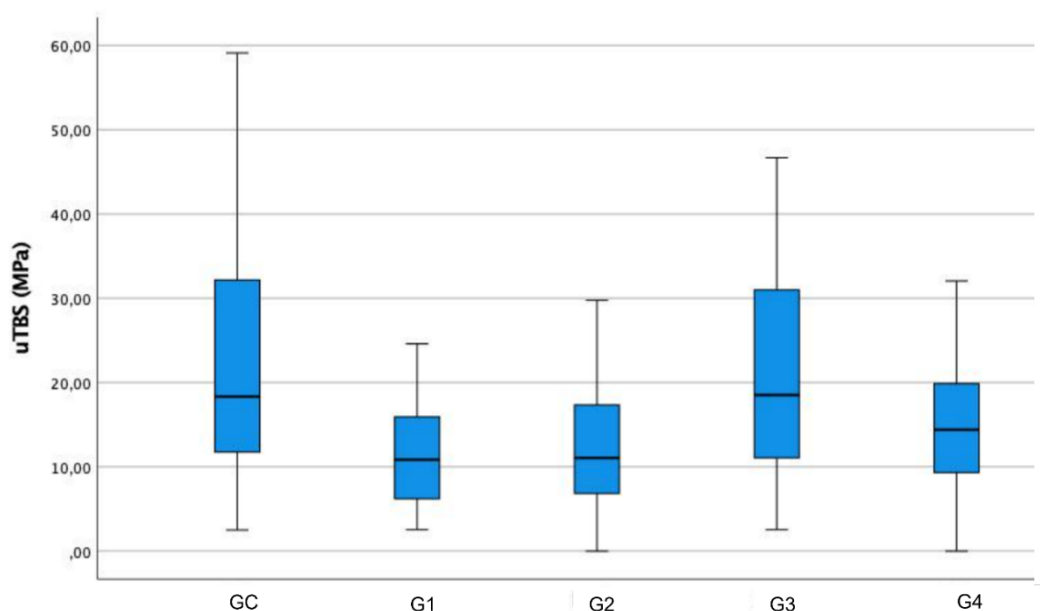


Gráfico 1- Resistência Adesiva (MPa) dos diferentes grupos representada num diagrama de extremos e quartis

Os valores médios da resistência adesiva de cada grupo estão descritos na Tabela 1 e a representação da comparação das suas médias é demonstrada no Gráfico 2.

Tabela 1- Resultados da média, desvio padrão, limite inferior e superior, valor mínimo e máximo, dos valores de resistência adesiva (MPa)

Intervalos de confiança a 95%

GRUPOS	N	Média	Desvio Padrão	Limite Superior	Limite Inferior	Mínimo	Máximo
GC	6	22,12	13,65	26,38	17,87	2,50	59,12
G1	6	11,22	6,12	13,06	9,38	2,54	24,60
G2	6	12,75	8,76	15,32	10,17	0,00	29,76
G3	6	21,00	12,23	24,97	17,04	2,54	46,67
G4	6	15,53	8,54	18,42	12,64	0,00	32,04

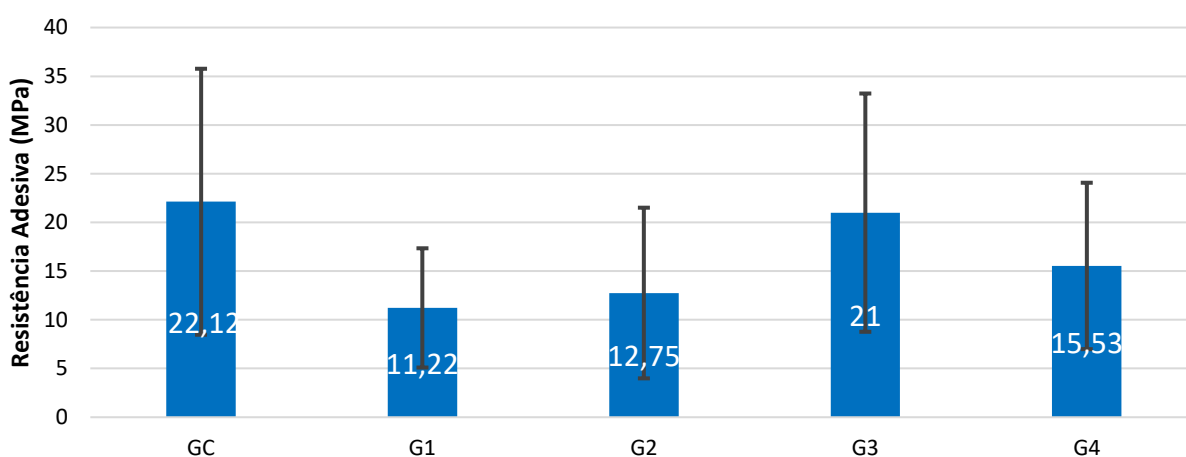


Gráfico 2- Resistência adesiva (MPa) dos diferentes grupos, com representação da média e desvio padrão

Com base na análise dos dados apresentados na Tabela 1 e no Gráfico 2, é possível verificar que a utilização de agentes de branqueamento dentário provoca uma redução na resistência adesiva das restaurações em dentes submetidos a branqueamento, uma vez que se constata que o grupo submetido apenas ao branqueamento dentário com restauração imediata (G1), apresentou os menores valores de resistência adesiva (11,22 ($\pm 6,12$) MPa).

A Tabela 2 compreende a comparação das médias dos valores de resistência adesiva, realizada através do teste Post-Hoc de Games-Howell, bem como o *p-value* correspondente, que indica a presença ou não de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

Tabela 2- Comparação das médias dos valores de resistência adesiva através do teste *Post-Hoc* de *Games-Howell*

GRUPOS	Diferença das Médias	<i>p-value</i>
GC vs G1	10,89	<i>p</i> < 0,001
GC vs G2	9,37	<i>p</i> = 0,003
GC vs G3	1,11	<i>p</i> = 1,000
GC vs G4	6,59	<i>p</i> = 0,110
G1 vs G2	-1,52	<i>p</i> = 0,983
G1 vs G3	-9,78	<i>p</i> < 0,001
G1 vs G4	-4,30	<i>p</i> = 0,127
G2 vs G3	-8,25	<i>p</i> = 0,008
G2 vs G4	-2,78	<i>p</i> = 0,803
G3 vs G4	5,47	<i>p</i> = 0,239

Quando comparadas as médias de resistência adesiva dos diferentes grupos, é possível constatar que existem diferenças significativas entre:

- O grupo submetido apenas ao branqueamento dentário e a restauração a resina composta (G1) e o grupo de controlo, o qual não foi sujeito ao procedimento de branqueamento (GC) (22,12 (\pm 13,65) MPa), *p* < 0,001.
- O grupo submetido apenas ao branqueamento dentário e a restauração a resina composta (G1) e o grupo sujeito ao branqueamento dentário e a aplicação de 10% bicarbonato de sódio durante cinco minutos (G3) (21 (\pm 12,23) MPa), *p* < 0,001.

Através da análise da Tabela 2 é possível verificar a existência ou não de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Esta análise ocorre pela sobreposição dos

intervalos de confiança (95%), sendo que quando se sobrepõem, não se verifica a existência de diferenças estatisticamente significativas.

Deste modo, é possível afirmar que não existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- O grupo de controlo, ao qual não foi aplicado branqueamento dentário (GC) e os grupos aos quais foram aplicados 10% bicarbonato de sódio antes do procedimento adesivo: uma aplicação de cinco minutos de 10% bicarbonato de sódio (G3), $p = 1,000$; duas aplicações de cinco minutos de 10% bicarbonato de sódio (G4), $p = 0,110$. O grupo de controlo (GC) e o grupo submetido ao branqueamento, mas não à ação do bicarbonato de sódio, e realizada uma restauração passados 14 dias (G2), $p = 0,003$.
- O grupo submetido apenas ao branqueamento dentário e a restauração a resina composta (G1) e o grupo submetido ao branqueamento, mas não à ação do bicarbonato de sódio, e realizada uma restauração passados 14 dias (G2), $p = 0,983$.
- O grupo submetido apenas ao branqueamento dentário e a restauração a resina composta (G1) e o grupo submetido a branqueamento e a duas aplicações de cinco minutos de 10% bicarbonato de sódio (G4), $p = 0,127$.
- O grupo submetido ao branqueamento, mas não à ação do bicarbonato de sódio, e realizada uma restauração passados 14 dias (G2) e os grupos aos quais foram aplicados 10% bicarbonato de sódio antes do procedimento adesivo: uma aplicação de cinco minutos de 10% bicarbonato de sódio (G3), $p = 0,008$; duas aplicações de cinco minutos de 10% bicarbonato de sódio (G4), $p = 0,803$.
- O grupo submetido uma aplicação de cinco minutos de 10% bicarbonato de sódio (G3) e o grupo submetido a duas aplicações de cinco minutos de 10% bicarbonato de sódio (G4), $p = 0,239$.

1.1. Comparação entre dentes branqueados que foram restaurados após a aplicação de 10% bicarbonato de sódio, uma aplicação de cinco minutos (G3) e duas aplicações de cinco minutos (G4)

Com o intuito de comparar apenas os grupos aos quais foram aplicados 10% bicarbonato de sódio com números de aplicação diferentes, foi elaborado o Gráfico 3.

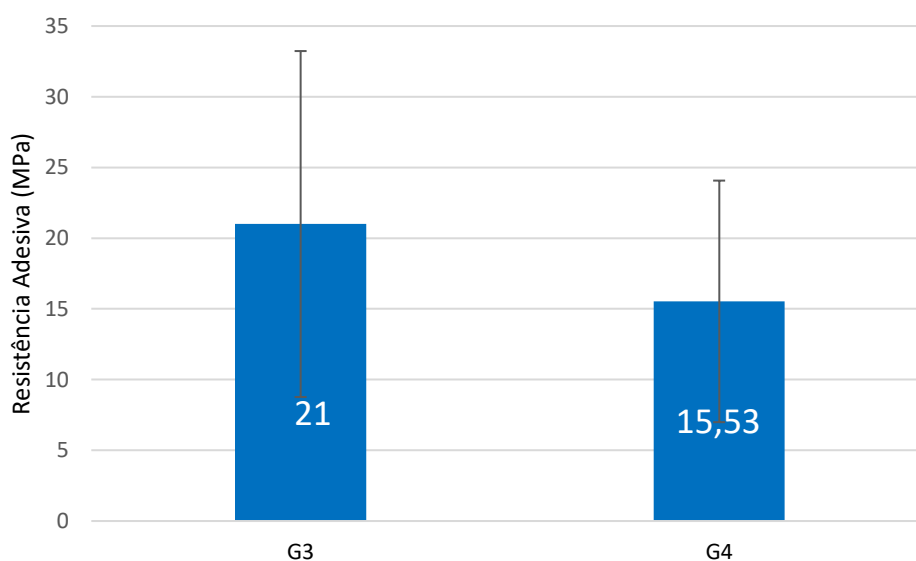


Gráfico 3- Resistência adesiva (MPa) dos grupos aos quais foram aplicados 10% bicarbonato de sódio, com representação da média e desvio padrão

Através da análise do Gráfico 4, é possível constatar que existe uma ligeira diferença entre os dois grupos. O grupo ao qual foi realizada uma aplicação de cinco minutos de bicarbonato de sódio (G3) apresentou resultados de resistência adesiva ligeiramente superiores (21 (\pm 12,23) MPa), em relação ao grupo com duas aplicações de cinco minutos (15,53 (\pm 8,54) MPa). No entanto, verificando os valores presentes na Tabela 2, é possível constatar que esta diferença não se apresenta estatisticamente significativa.

2. Tipo de Fratura

Relativamente aos tipos de fratura resultante do teste de resistência adesiva, os resultados encontram-se representados na Tabela 3 e nos Gráficos 4 e 5.

Tabela 3- Percentagem (%) referente ao tipo de fratura em cada grupo

Grupos	GC	G1	G2	G3	G4
Adesiva	33,3	23,1	28,3	26,8	18,4
Coesiva de Esmalte	17,8	77,0	15,2	22,0	18,4
Coesiva de Resina	28,9	38,5	17,4	39,0	23,7
Mista	20,0	30,8	39,1	12,2	39,5

Quando é analisado o tipo de fratura, representado por cada tipo (Gráfico 4) é possível verificar que não existe uma predominância de falhas nos grupos deste estudo. Encontramos uma predominância de falhas adesivas no grupo GC, uma predominância de falhas coesivas de resina nos grupos G1 e G3 e predominância de falhas mistas nos grupos G2 e G4.

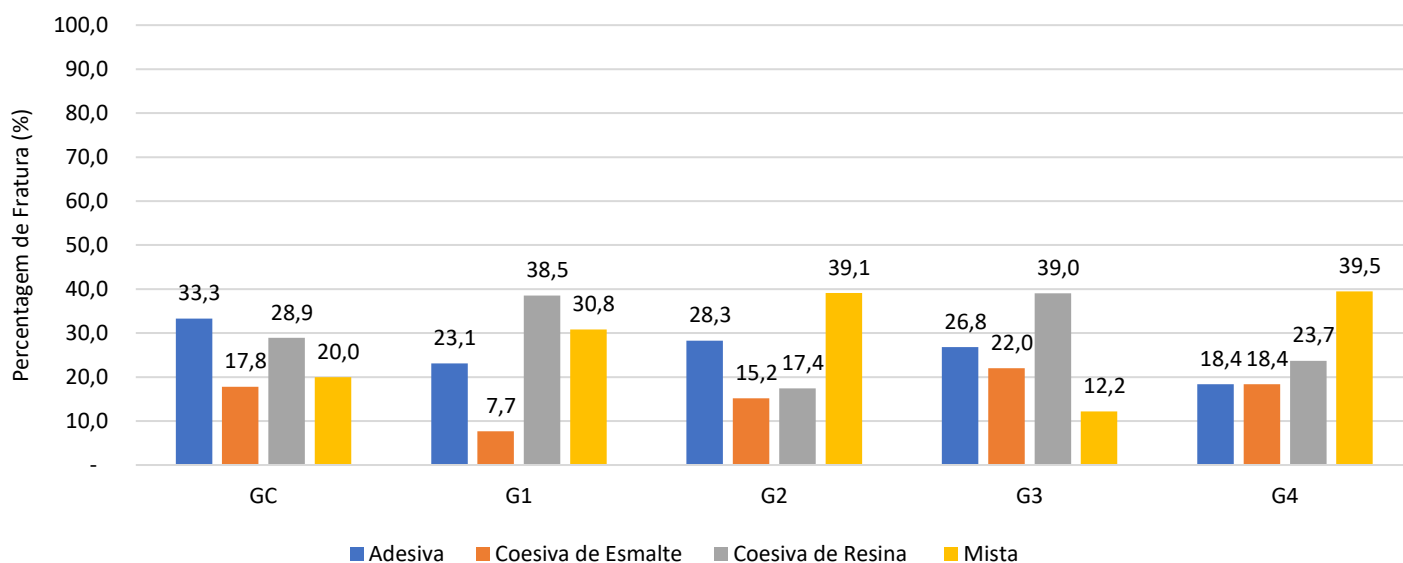


Gráfico 4- Análise do tipo de fratura, representada por cada grupo em percentagem (%)

A análise da distribuição das fraturas, por tipologia (Gráfico 5), conseguimos verificar que existe uma distribuição semelhante dos tipos de fratura por cada grupo do presente estudo.

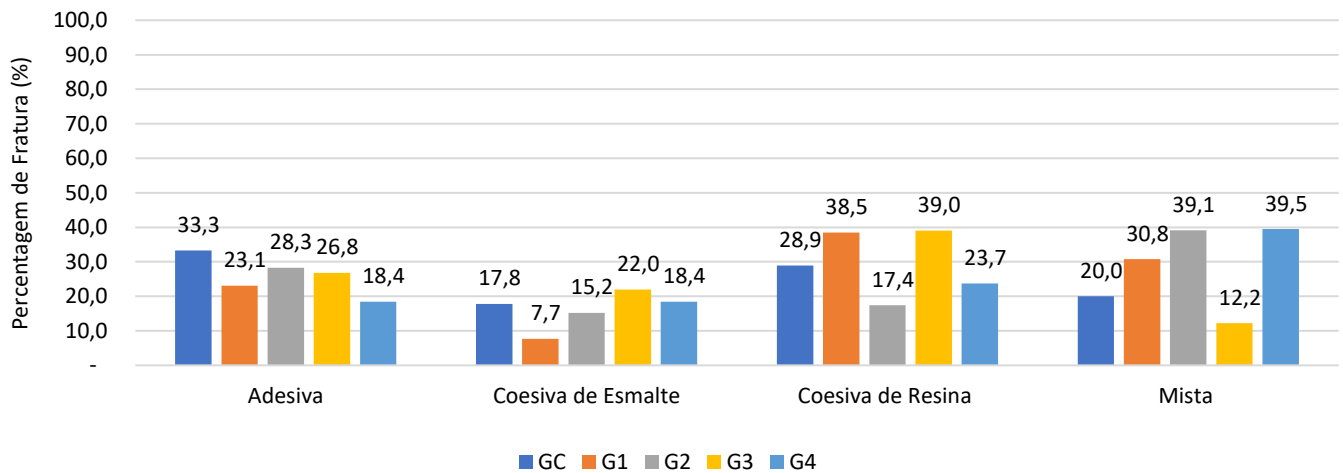


Gráfico 5- Análise do tipo de fratura, representada por tipologia, em percentagem (%)

VI. DISCUSSÃO

A descoloração das estruturas dentárias é um dos problemas clínicos mais comuns relacionados com a estética em Medicina Dentária. O branqueamento dentário pode ser uma alternativa simples e conservadora de modo a reverter esta condição clínica (Bittencourt et al., 2010).

O branqueamento dentário, um tratamento que visa a diminuição e/ou remoção de pigmentações através do uso de peróxido de carbamida ou peróxido de hidrogénio, tem vindo a ser frequentemente executado na prática clínica. Este processo resulta da quebra das grandes cadeias de pigmentos em cadeias menores, reduzindo a descoloração devido à diminuição da absorção da luz, ou pela difusão destes pigmentos pelas estruturas dentárias (Kılınç et al., 2016; Lima et al., 2011).

Resultante deste tratamento, vários estudos verificaram a presença de alguns efeitos secundários, nomeadamente, a diminuição da força adesiva da resina composta ao esmalte, quando a sua adesão é realizada imediatamente após o branqueamento. Este problema é atribuído à presença de peróxido residual, por meio de radicais livres de oxigénio, que interfere com a adesão da resina e inibe a sua polimerização. Com o intuito de ultrapassar esta complicação, a abordagem recomendada pela literatura compreende adiar o processo de adesão por um período de tempo após o branqueamento, pelo facto da diminuição da força de adesão verifica-se ser apenas temporária. O período de espera para os procedimentos de adesão após branqueamento varia de um período de 24h a 4 semanas, dentro do qual os iões peróxido serão decompostos e os radicais hidroxilo reentrarão na rede de cristais de apatite, de modo a reestabelecer a estrutura normal do esmalte (Alqahtani, 2014; Garcia et al., 2012; Lima et al., 2011; Nari-Ratih & Widyastuti, 2019; Tostes et al., 2013).

No entanto, o tratamento da superfície dentária com agentes antioxidantes e agentes neutralizantes, tais como o bicarbonato de sódio, utilizado neste estudo, têm demonstrado a capacidade de restabelecer a resistência adesiva comprometida pelos efeitos do branqueamento dentário (Alencar et al., 2016; Garcia et al., 2012; Svizero et al., 2017).

Apresente investigação teve como principal objetivo avaliar a influência da utilização de um agente neutralizante, o bicarbonato de sódio, na resistência adesiva comprometida pelo branqueamento dentário. De maneira a testar a resistência adesiva

entre o substrato dentário branqueado e a resina composta, recorreu-se ao teste de microtração (μ TBS), uma vez que é considerado o teste mais válido, no que toca à avaliação das forças adesivas ao esmalte dentário, atualmente (Armstrong et al., 2017; Lula et al., 2014).

Relativamente ao sistema de branqueamento utilizado, este foi o Opalescense PF Regular 16% (Ultradent Products, South Jordan, EUA), que apresenta na sua constituição 16% de peróxido de carbamida. Concentração a qual se encontra de acordo com a legislação, atualmente, vigorada na União Europeia para materiais de branqueamento dentário. Este tipo de agente ativo decompõe-se em peróxido de hidrogénio e ureia quando em contacto com água, o que por sua vez, aumenta o pH da cavidade oral, o que tem efeitos benéficos para a mesma, nomeadamente a diminuição da atividade cariogénica do substrato dentário (Clifton M, 2014; Kwon & Wertz, 2015).

O tempo de aplicação do sistema de branqueamento foi executado de acordo com as indicações do fabricante, num período mínimo de quatro horas e num máximo de seis horas diárias. Este estudo utilizou um tempo de seis horas diárias de aplicação do gel de branqueamento.

Com o objetivo de procurar uma alternativa ao tempo de espera entre o branqueamento e a adesão, os agentes antioxidantes e neutralizantes têm vindo a ser, recentemente, estudados, uma vez que revertem os efeitos adversos provocados pelos agentes branqueadores (Alencar et al., 2016; Svizero et al., 2017).

No presente estudo foi utilizado um agente neutralizante, o bicarbonato de sódio. Este foi utilizado na forma de solução uma vez que é a forma como a literatura descreve a utilização deste agente neutralizante. Num estudo que comparava a resistência adesiva entre uma solução de 10% bicarbonato de sódio e a utilização de jatos de bicarbonato de sódio em esmalte previamente branqueado, concluiu que o uso dos jatos não era eficaz na redução dos efeitos deletérios e temporários dos agentes branqueadores, e que os seus resultados eram semelhantes ao grupo de controlo que foi branqueado e imediatamente restaurado (Alencar et al., 2016; Garcia et al., 2012; Svizero et al., 2017; Tostes et al., 2013).

Relativamente à concentração do bicarbonato de sódio, foi utilizado uma solução de 10% do agente neutralizante. Torres et al. reportou que uma solução de 7% bicarbonato de sódio não era eficiente na redução dos efeitos adversos dos tratamentos de

branqueamento na força adesiva do esmalte. A solução de 10% bicarbonato de sódio é comercializada em conjunto com alguns *kits* de branqueamento em consultório (técnica *In-office*), como uma agente neutralizante para o peróxido de hidrogénio residual que poderá entrar em contacto com os tecidos moles (Torres et al., 2015).

Quanto ao tempo de aplicação do agente neutralizante, num grupo foi realizado uma aplicação de cinco minutos (G3) e noutro grupo duas aplicações com o mesmo tempo (G4), tendo sido seguido o protocolo sugerido por Tostes et. al e Alencar et. al (Alencar et al., 2016; Tostes et al., 2013).

A utilização do sistema adesivo universal Scotchbond™ Universal (3M ESPE) foi baseada no facto deste tipo de sistema adesivo ser um dos materiais mais recentes a ser utilizado na Dentisteria Adesiva, pela sua aplicação com protocolos simples e distintos consoante o caso clínico em questão. Salienta-se também, a presença do monómero 10-MDP na constituição destes sistemas adesivos, que promove um aumento da longevidade das restaurações de resina composta, sendo por esta razão cada vez mais utilizados na prática clínica (Alex, 2015; Da Rosa et al., 2015).

Em relação ao período de tempo de espera entre o processo de branqueamento e o procedimento restaurador, diversos estudos referem que este pode variar entre 24h a 4 semanas, até que os valores de resistência adesiva sejam restabelecidos. No entanto, face ao grupo G2, o tempo de espera a ser aplicado até ao procedimento adesivo foi de cerca de duas semanas (catorze dias), uma vez que estudos referem que a exposição das amostras em saliva é eficaz no restabelecimento da resistência adesiva ao esmalte que sofreu o branqueamento (Alencar et al., 2016; Alqahtani, 2014; Fiorillo et al., 2019; Nari-Ratih & Widyastuti, 2019).

Recorreu-se a uma máquina de testes universais (Shimadzu Autograph AG-IS, Kyoto, Japão) para testar a resistência adesiva dos vários grupos do presente estudo, através da microtração da amostras de cada grupo, previamente seccionadas em palitos, a uma velocidade de 0,5mm/min até se verificar a fratura dos mesmos, consoante descrito em alguns estudos (Alencar et al., 2016; Harrison et al., 2019).

O grupo com melhor resultado de resistência adesiva, estatisticamente significativo, foi o grupo sujeito ao procedimento de branqueamento seguido de uma aplicação de cinco minutos da solução de bicarbonato de sódio (G3), quando comparado com o grupo sujeito apenas ao branqueamento e a restauração imediata (G1). Este

resultado encontra-se em concordância com estudos que demonstram a capacidade do bicarbonato de sódio em neutralizar os radicais livres de oxigénio, que permanecem na superfície dentária, resultantes da decomposição do peróxido de hidrogénio, e que, por sua vez, interferem com a infiltração e polimerização do sistema adesivo (Alencar et al., 2016; Svizero et al., 2017; Tostes et al., 2013).

Observou-se em relação ao grupo de controlo, que o grupo que apresentou os menores valores de resistência adesiva, foi o grupo apenas submetido ao branqueamento e a restauração imediata (G1), o que vai de encontro ao que é defendido por diversos estudos, que o processo de branqueamento dentário interfere no processo de adesão de restaurações ao esmalte submetido a branqueamento, pelo facto de, como anteriormente referido, os radicais de oxigénio remanescentes da decomposição do agente branqueador, o peróxido de hidrogénio, permanecem na superfície do esmalte, o que interfere na polimerização do adesivo (Alqahtani, 2014; Fiorillo et al., 2019).

O grupo que aguardou durante um período de duas semanas (catorze dias) para ser restaurado (G2) obteve valores superiores ao grupo que foi restaurado imediatamente após o branqueamento (G1), no entanto, esses valores não foram estatisticamente significativos. O resultado obtido não se encontra em concordância com a literatura científica, ainda que as amostras tenham ficado expostas a saliva artificial, por um período de duas semanas, o que, de acordo com a literatura, é capaz de restabelecer a resistência adesiva dos dentes branqueados. No entanto, o espaço temporal sugerido por múltiplos autores é muito variável, no que toca à reposição da resistência adesiva. Isto é, Alencar et. al, Alqahtani, Fiorillo et. al e Topcu et. al defendem que este período de tempo pode variar de 24 h, 1 semana, 2 semanas ou até 4 semanas. De notar ainda, que os valores obtidos foram superiores à média, apenas faltou à investigação o poder estatístico para demonstrar esses resultados. A falta de significância estatística pode ter sido devida, ao facto da amostra ter um número reduzido em relação a outros estudos (Alencar et al., 2016; Alqahtani, 2014; Fiorillo et al., 2019; Topcu et al., 2017).

Face aos grupos aos quais foram aplicados o bicarbonato de sódio em uma aplicação de cinco minutos (G3) e duas aplicações de cinco minutos (G4), apresentaram melhores valores de resistência adesiva quando comparado com o grupo que aguardou catorze dias após o branqueamento até ao procedimento de restauração (G2), ainda que não sejam estatisticamente significativos. Estes resultados vão de encontro aos descritos por Alencar et. al, no qual mostram que o bicarbonato de sódio apresenta a capacidade de

restabelecer a resistência adesiva para valores estatisticamente semelhantes ao do grupo que não sofreu branqueamento. No entanto, no presente estudo não foi possível obter resultados estatisticamente significativos, sendo necessários mais estudos com uma amostra superior para que estes resultados garantam maior robustez de resultados (Alencar et al., 2016).

Comparando os valores de resistência adesiva dos grupos onde foi aplicado o agente neutralizante (G3 e G4) e os do grupo de controle (GC), verifica-se uma proximidade dos mesmos, o que remete para o facto de que a aplicação de bicarbonato de sódio após o branqueamento do esmalte, permitir o alcance dos valores de resistência adesiva semelhantes a um dente ao qual foi submetido a um procedimento adesivo, sem ter sido realizado um branqueamento prévio. Isto propõe que o bicarbonato de sódio restabelece a força adesiva do esmalte que teria sido alterada pela presença de radicais de oxigénio livres na superfície do dente, através da capacidade tampão do mesmo (Alencar et al., 2016; Svizero et al., 2017).

Os valores de resistência adesiva entre os dois grupos em que foi aplicado o bicarbonato de sódio, durante cinco minutos, mas um com uma aplicação (G3) e outro com duas aplicações (G4) foram diferentes, tendo o grupo G3 apresentado um valor de resistência adesiva mais elevado, no entanto, os resultados não demonstram diferenças estatisticamente significativas. Tostes et al. e Alencar et. al constataam que a literatura científica carece de estudos que demonstram um consenso no tempo de aplicação do bicarbonato de sódio, no entanto, à luz dos resultados obtidos por estes autores, e no presente estudo, uma aplicação de 10% de bicarbonato de sódio parece ser suficiente para restabelecer a resistência adesiva do esmalte branqueado (Alencar et al., 2016; Tostes et al., 2013).

Perante os resultados obtidos, a hipótese nula deve ser rejeitada. Pelo facto de terem sido demonstradas diferenças significativas na resistência adesiva de restaurações em dentes previamente branqueados, através da utilização de um agente neutralizante, o bicarbonato de sódio.

Poucos são os estudos publicados que têm utilizado agentes neutralizantes como o procedimento a executar para restabelecer a resistência comprometida, sendo importante referir que, a decisão da melhor técnica a praticar cabe ao Médico Dentista, tendo este ter como base a evidência científica mais relevante.

É valoroso mencionar que todos os resultados obtidos nesta investigação, foram obtidos por meio de um estudo *in vitro*, podendo, assim, apresentar vantagens, bem como limitações que lhe são inerentes, e desta forma nem sempre poder corresponder às condições em ambiente clínico.

VII. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos na presente investigação, é possível concluir que:

1. A aplicação de um agente neutralizante como o bicarbonato de sódio, após a realização do branqueamento dentário e antes do procedimento de adesão, apresenta-se como uma vantagem face ao restabelecimento dos valores de resistência adesiva no esmalte.
2. A aplicação do bicarbonato de sódio concomitante com a restauração imediatamente a seguir, apresenta melhores resultados, quando comparada a dentes restaurados imediatamente após o branqueamento dentário, sem recorrer à utilização de bicarbonato de sódio.
3. O tempo de espera de catorze dias até ao procedimento de restauração dos dentes branqueados, apresenta resultados inferiores quando comparado com a aplicação de bicarbonato de sódio.

Desta forma, é possível concluir que a aplicação de bicarbonato de sódio antes do procedimento de adesão e restauração apresenta a capacidade de restaurar os valores de resistência adesiva, outrora comprometidos pelo branqueamento, o que por sua vez constitui uma vantagem tanto para o paciente, como também para o clínico, pelo facto de permitir a redução do tempo de espera entre o branqueamento dentário e o procedimento restaurador e, por conseguinte, o tempo preciso para completar o tratamento. No entanto, serão necessários mais estudos com maior poder estatístico, para aferir a utilização do bicarbonato de sódio como agente neutralizante.

Relevância Clínica

A Dentisteria Estética tem evoluído em relação à elevada procura pública no século XXI. A preocupação dos pacientes com a estética do seu sorriso levou a que fossem desenvolvidas novas técnicas minimamente invasivas, tais como o branqueamento dentário.

Observa-se um crescimento gradual do número de procedimentos de branqueamento dentário a serem efetuados na prática clínica atualmente. A crescente procura por um sorriso perfeito é comumente associada a um sorriso mais branco, sendo a descoloração dentária uma das principais razões que levam os pacientes a submeter os seus dentes ao branqueamento dentário, bem como à utilização deste procedimento associado a outras técnicas.

A literatura científica tem demonstrado, no entanto, a existência de alguns efeitos adversos associados ao branqueamento, nomeadamente, a diminuição da resistência adesiva. Desta forma, um período de espera é necessário de modo a restabelecer a resistência adesiva aos seus valores normais, o que, em certas situações, torna-se desfavorável, uma vez que não possibilita a continuidade imediata de procedimentos adesivos que sejam necessários de acordo com o tratamento proposto pelo Médico Dentista.

Assim, o recurso a agentes neutralizantes, como o bicarbonato de sódio, e agentes antioxidantes, após a conclusão do branqueamento dentário e imediatamente antes da realização do procedimento restaurador, tem demonstrado ser uma alternativa ao período de espera, pelo facto de apresentar a capacidade de restabelecer a resistência adesiva aos valores outrora comprometidos pelo branqueamento dentário.

Esta investigação, à semelhança de outros estudos que utilizam agentes neutralizantes e antioxidantes diferentes, bem como diferentes tempos de aplicação e de concentração, demonstrou que a aplicação de 10% bicarbonato de sódio por um período de 5 minutos pode permitir que seja possível realizar o procedimento de adesão imediatamente após o branqueamento dentário.

Perspetivas Futuras

A abordagem de relacionar a utilização de agentes neutralizantes, como o bicarbonato de sódio, e antioxidantes com o branqueamento dentário tem vindo a ser um assunto recorrente nos estudos, ao longo dos anos. A utilização de diferentes variáveis tais como o tipo de agente neutralizante e antioxidante, a sua concentração e o seu tempo de aplicação têm vindo a ser estudadas. No entanto, pelo facto de ser uma linha de instigação recente, poucos ainda são os estudos que associam grande parte destas variáveis.

Com o intuito de dar continuidade a esta linha de investigação são necessários futuros estudos que comparem diferentes tempos de aplicação e concentrações do bicarbonato de sódio, de modo a avaliar as suas diferenças com base nestas variáveis, no sentido de obter uma validação de técnicas que sejam possíveis de utilizar em contexto clínico.

Esta linha de investigação, futuramente, deveria:

- Avaliar o efeito de outros agentes neutralizantes e antioxidantes na resistência adesiva de restaurações de dentes previamente branqueados;
- Comparar diferentes sistemas adesivos com a aplicação de 10% bicarbonato de sódio em dentes previamente branqueados;
- Comparar a resistência adesiva entre aplicações de diferentes concentrações de bicarbonato de sódio em dentes branqueados previamente.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Al-Zarea, B. K. (2013). Satisfaction with Appearance and the Desired Treatment to Improve Aesthetics. *International Journal of Dentistry*, 2013, 912368. <https://doi.org/10.1155/2013/912368>
- Alencar, M. S., Fraga, J., Bombonatti, S., Massunari, R., Soares, A. F., Wang, L., Francisco, R., & Mondelli, L. (2016). *Effect of Two Antioxidants Agents on Microtensile Bond Strength to Bleached Enamel*. 27, 532–536.
- Alex, G. (2015). Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 36(1).
- Alkahtani, R., Stone, S., German, M., & Waterhouse, P. (2020). A review on dental whitening. *Journal of Dentistry*, 100, 103423. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103423>
- Alkhatib, M. N., Holt, R., & Bedi, R. (2005). Age and perception of dental appearance and tooth colour. *Gerodontology*, 22(1), 32–36. <https://doi.org/10.1111/j.1741-2358.2004.00045.x>
- Alqahtani, M. Q. (2014). Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *Saudi Dental Journal*, 26(2), 33–46. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2014.02.002>
- Armstrong, S., Breschi, L., Özcan, M., Pfefferkorn, F., Ferrari, M., & Van Meerbeek, B. (2017). Academy of Dental Materials guidance on in vitro testing of dental composite bonding effectiveness to dentin/enamel using micro-tensile bond strength (μ TBS) approach. *Dental Materials*, 33(2), 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.11.015>
- Bartlett, J. D. (2013). Dental Enamel Development: Proteinases and Their Enamel Matrix Substrates. *ISRN Dentistry*, 2013, 1–24. <https://doi.org/10.1155/2013/684607>
- Bedran-Russo, A., Leme-Kraus, A. A., Vidal, C. M. P., & Teixeira, E. C. (2017). An Overview of Dental Adhesive Systems and the Dynamic Tooth–Adhesive Interface. *Dental Clinics of North America*, 61(4), 713–731.

<https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.001>

- Bittencourt, M. E., Trentin, M. S., Linden, M. S. S., de Oliveira Lima Arsati, Y. B., França, F. M. G., Flório, F. M., & Basting, R. T. (2010). Influence of in situ postbleaching times on shear bond strength of resin-based composite restorations. *Journal of the American Dental Association (1939)*, *141*(3), 300–306. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2010.0164>
- Blatz, M. B., Chiche, G., Bahat, O., Roblee, R., Coachman, C., & Heymann, H. O. (2019). Evolution of Aesthetic Dentistry. *Journal of Dental Research*, *98*(12), 1294–1304. <https://doi.org/10.1177/0022034519875450>
- Butler, W. T. (1998). Dentin Matrix Proteins and Dentinogenesis. *European Journal of Oral Sciences*, *106*(1 SUPPL.), 204–210. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1998.tb02177.x>
- Cardenas, A. F. M., Siqueira, F. S. F., Bandeca, M. C., Costa, S. O., Lemos, M. V. S., Feitora, V. P., Reis, A., Loguercio, A. D., & Gomes, J. C. (2018). Impact of pH and application time of meta-phosphoric acid on resin-enamel and resin-dentin bonding. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, *78*(September 2017), 352–361. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.11.028>
- Carrilho, E., Cardoso, M., Ferreira, M. M., Marto, C. M., Paula, A., & Coelho, A. S. (2019). 10-MDP based dental adhesives: Adhesive interface characterization and adhesive stability-A systematic review. *Materials*, *12*(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/ma12050790>
- Chemin, K., Rezende, M., Loguercio, A. D., Reis, A., & Kossatz, S. (2018). Effectiveness of and dental sensitivity to at-home bleaching with 4% and 10% hydrogen peroxide: A randomized, triple-blind clinical trial. *Operative Dentistry*, *43*(3), 232–240. <https://doi.org/10.2341/16-260-C>
- Clifton M, C. (2014). Tooth Whitening: What We Now Know. *J Evid Based Dent Pract*, *4*(164), 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2014.02.006>.Tooth
- Da Rosa, W. L. D. O., Piva, E., & Da Silva, A. F. (2015). Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, *43*(7), 765–776. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.04.003>
- Dahl, J. E., & Pallesen, U. (2003). Tooth bleaching - A critical review of the biological

- aspects. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 14(4), 292–304.
<https://doi.org/10.1177/154411130301400406>
- De Geus, J. L., Wambier, L. M., Kossatz, S., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2016). At-home vs in-office bleaching: A systematic review and meta-analysis. *Operative Dentistry*, 41(4), 341–356. <https://doi.org/10.2341/15-287-LIT>
- Eachempati, P., Kumbargere Nagraj, S., Kiran Kumar Krishanappa, S., Gupta, P., & Yaylali, I. E. (2018). Home-based chemically-induced whitening (bleaching) of teeth in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018(12).
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD006202.pub2>
- Fearon, J. (2007). Tooth whitening: concepts and controversies. *Journal of the Irish Dental Association*, 53(3), 132–140.
- Fernandes, V., Oliani, M. G., Nogueira, L., Silva, J., & Araújo, R. M. (2016). Analysis and Comparison of Different Bond Strength Tests. *JSM Dent*, 4(5), 1076.
- Fiorillo, L., Laino, L., De Stefano, R., D'amico, C., Bocchieri, S., Amoroso, G., Isola, G., & Cervino, G. (2019). Dental whitening gels: Strengths and weaknesses of an increasingly used method. *Gels*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/gels5030035>
- Garcia, E. J., Oldoni, T. L. C., de Alencar, S. M., Reis, A., Loguercio, A. D., & Grande, R. H. M. (2012). Antioxidant activity by DPPH assay of potential solutions to be applied on bleached teeth. *Brazilian Dental Journal*, 23 1, 22–27.
- Grazioli, G., Valente, L. L., Isolan, C. P., Pinheiro, H. A., Duarte, C. G., & Münchow, E. A. (2018). Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Archives of Oral Biology*, 87(December 2017), 157–162. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2017.12.026>
- Greenwall-Cohen, J., Francois, P., Silikas, N., Greenwall, L., Le Goff, S., & Attal, J. P. (2019). The safety and efficacy of “over the counter” bleaching products in the UK. *British Dental Journal*, 226(4), 271–276. <https://doi.org/10.1038/s41415-019-0011-6>
- Han, Y., Mo, S., Jiang, L., & Zhu, Y. (2014). Effects of antioxidants on the microleakage of composite resin restorations after external tooth bleaching. *European Journal of Dentistry*, 8(2), 147–153. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.130581>

- Harrison, M. S., Wang, Y., Frick, K. J., Moniz, J., & Walker, M. P. (2019). Effects of Alpha-tocopherol Antioxidant on Dentin-composite Microtensile Bond Strength after Sodium Perborate Bleaching. *Journal of Endodontics*, 45(8), 1053–1059. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.04.013>
- Hatherell, S., Lynch, C. D., Burke, F. M., Ericson, D., & Gilmour, A. S. M. (2011). Attitudes of final-year dental students to bleaching of vital and non-vital teeth in Cardiff, Cork, and Malmö. *Journal of Oral Rehabilitation*, 38(4), 263–269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2010.02155.x>
- Hilton, T. J., Ferracane, J. L., Broome, J. C., dos Santos, J., & Summitt, J. B. (2014). *SUMMITT'S FUNDAMENTALS OF OPERATIVE DENTISTRY A CONTEMPORARY APPROACH*.
- Hu, J. C. C., Chun, Y. H. P., Al Hazzazzi, T., & Simmer, J. P. (2007). Enamel formation and amelogenesis imperfecta. *Cells Tissues Organs*, 186(1), 78–85. <https://doi.org/10.1159/000102683>
- Infarmed. (2017). *Produtos de Higiene Oral*. 1–13.
- ISO 11405. (2015). Dentistry — Testing of adhesion to tooth structure. International Standards Organisation, 2015(third edition), 12. <https://www.iso.org/standard/62898.html#:~:text=ISO%2FISO%2011405%3A2015,gives%20guidance%20on%20substrate%20selection%2C%20storage%2C%20materials%20and%20tooth%20structure%2C%20i.e.%20enamel%20and%20dentine.>
- Joiner, A. (2006). The bleaching of teeth: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 34(7), 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.02.002>
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. In *Journal of Dentistry* (Vol. 67). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.09.006>
- Kaewpinta, A., Khongkhunthian, S., Chaijareenont, P., & Okonogi, S. (2018). Tooth whitening efficacy of pigmented rice gels containing carbamide peroxide. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 12(3), 126–132. <https://doi.org/10.5582/ddt.2018.01023>
- Kawashima, N., & Okiji, T. (2016). Odontoblasts: Specialized hard-tissue-forming cells in the dentin-pulp complex. *Congenital Anomalies*, 56(4), 144–153. <https://doi.org/10.1111/cga.12169>

- Kershaw, S., Newton, J. T., & Williams, D. M. (2008). The influence of tooth colour on the perceptions of personal characteristics among female dental patients: Comparisons of unmodified, decayed and “whitened” teeth. *British Dental Journal*, 204(5), 1–7. <https://doi.org/10.1038/bdj.2008.134>
- Kılınç, H. İ., Aslan, T., Kılıç, K., Er, Ö., & Kurt, G. (2016). Effect of Delayed Bonding and Antioxidant Application on the Bond Strength to Enamel after Internal Bleaching. *Journal of Prosthodontics : Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 25(5), 386–391. <https://doi.org/10.1111/jopr.12303>
- Kwon, S. R., & Wertz, P. W. (2015). Review of the mechanism of tooth whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 240–257. <https://doi.org/10.1111/jerd.12152>
- Lacruz, R. S., Habelitz, S., Wright, J. T., & Paine, M. L. (2017). Dental enamel formation and implications for oral health and disease. *Physiological Reviews*, 97(3), 939–993. <https://doi.org/10.1152/physrev.00030.2016>
- Lai, S. C. N., Mak, Y. F., Cheung, G. S. P., Osorio, R., Toledano, M., Carvalho, R. M., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2001). Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *Journal of Dental Research*, 80(10), 1919–1924. <https://doi.org/10.1177/00220345010800101101>
- Lima, A. F., Fonseca, F. M., Freitas, M. S., Palialol, A. R., Aguiar, F. H., & Marchi, G. M. (2011). Effect of bleaching treatment and reduced application time of an antioxidant on bond strength to bleached enamel and subjacent dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 13(6), 537–542. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a19813>
- Linde, A., & Goldberg, M. (1993). *Dentinogénesis*. 4(5), 679–728.
- Lopes, M. B., Felizardo, K. R., Brigantini, L. C., Berger, S. B., Laxe, L. A. C., & Salvio, L. A. (2018). Influence of antioxidants on bond strength of bleached dental substrates. I. Lopes MB, Felizardo KR, Brigantini LC, Berger SB, Laxe LAC, Salvio LA. *Influence of Antioxidants on Bond Strength of Bleached Dental Substrates. HU Rev. 2018;44(1):63–76. HU Revista, 44(1), 63–76.*
- Lula, E. C. de O., Leite, T. H. M., Alves, C. M. C., Santana, I. L., Almeida, A. M. L., & Costa, J. F. (2014). Parameters that influence microtensile bond testing of adhesive

- systems. *RGO - Revista Gaúcha de Odontologia*, 62(1), 65–70.
<https://doi.org/10.1590/1981-86372014000100000101620>
- Maghaireh, G. A., Alzraikat, H., & Taha, N. A. (2016). Satisfaction with dental appearance and attitude toward improving dental esthetics among patients attending a dental teaching center. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 17(1), 16–21. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1796>
- Majeed, A., Farooq, I., Grobler, S. R., & Rossouw, R. J. (2015). Tooth-bleaching: A review of the efficacy and adverse effects of various tooth whitening products. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 25(12), 891–896. <https://doi.org/12.2015/JCPSP.891896>
- Marshall, S. J., Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P., & Marshall, G. W. (2010). A review of adhesion science. *Dental Materials*, 26(2), 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.157>
- Melo, P., Marques, S., & Silva, O. M. (2017). Portuguese self-reported oral-hygiene habits and oral status. *International Dental Journal*, 67(3), 139–147. <https://doi.org/10.1111/idj.12273>
- Montero, J., Gómez-Polo, C., Santos, J. A., Portillo, M., Lorenzo, M. C., & Albaladejo, A. (2014). Contributions of dental colour to the physical attractiveness stereotype. *Journal of Oral Rehabilitation*, 41(10), 768–782. <https://doi.org/10.1111/joor.12194>
- Nari-Ratih, D., & Widyastuti, A. (2019). Effect of antioxidants on the shear bond strength of composite resin to enamel following extra-coronal bleaching. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 11(2), e126–e132. <https://doi.org/10.4317/jced.55359>
- Olmedo, D. E. R. P., Kury, M., Resende, B. A., & Cavalli, V. (2021). Use of antioxidants to restore bond strength after tooth bleaching with peroxides. *European Journal of Oral Sciences*, 129(2), 1–23. <https://doi.org/10.1111/eos.12773>
- Pandya, M., & Diekwisch, T. G. H. (2019). Enamel biomimetics—fiction or future of dentistry. *International Journal of Oral Science*, 11(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41368-018-0038-6>

- Pashley, D. H., Carvalho, R. M., Sano, H., Nakajima, M., Yoshiyama, M., Shono, Y., Fernandes, C. A., & Tay, F. (1999). The microtensile bond test: a review. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 1(4), 299–309.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11725659>
- Perdigão, J., Araujo, E., Ramos, R. Q., Gomes, G., & Pizzolotto, L. (2021). Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), 51–68. <https://doi.org/10.1111/jerd.12692>
- Phillips, A. K. &. (2013). Phillips' Science of Dental Materials. In *Elsevier Saunders* (13th ed., Vol. 12). Saunders. <http://www.amazon.com/Phillips-Science-Dental-Materials-Anusavice/dp/0721693873>
- Plotino, G., Buono, L., Grande, N. M., Pameijer, C. H., & Somma, F. (2008). Nonvital Tooth Bleaching: A Review of the Literature and Clinical Procedures. *Journal of Endodontics*, 34(4), 394–407. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.12.020>
- Ritter, A. V., Boushell, L. W., & Walter, R. (Eds.). (2019). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (7th editio). Elsevier, Mosby.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2015-0-05603-9>
- Rodrigues, J. L., Rocha, P. S., Pardim, S. L. de S., Machado, A. C. V., Faria-e-Silva, A. L., & Seraidarian, P. I. (2018). Association between in-office and at-home tooth bleaching: A single blind randomized clinical trial. *Brazilian Dental Journal*, 29(2), 133–139. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201801726>
- Rodríguez-Barragué, J., Vola-Gelmini, J., Skuras-Siedenburg, M., Rivera-Gonzaga, J. A., & Cuevas-Suarez, C. E. (2021). Natural antioxidants to restore immediate bond strength to bleached enamel: Systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(5), 702–712.
<https://doi.org/10.1111/jerd.12743>
- Rodríguez-Martínez, J., Valiente, M., & Sánchez-Martín, M. J. (2019). Tooth whitening: From the established treatments to novel approaches to prevent side effects. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(5), 431–440.
<https://doi.org/10.1111/jerd.12519>
- Rotstein, I. (1993). Role of catalase in the elimination of residual hydrogen peroxide following tooth bleaching. *Journal of Endodontics*, 19(11), 567–569.

[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81288-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81288-4)

Samorodnitzky-Naveh, G. R., Geiger, S. B., & Levin, L. (2007). Patients' satisfaction with dental esthetics. *Journal of the American Dental Association*, 138(6), 805–808. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2007.0269>

Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, T., Ciucchi, B., Carvalho, R., & Pashley, D. H. (1994). Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 10(4), 236–240. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0109-5641(94)90067-1)

Sato, T., Takagaki, T., Hatayama, T., Nikaido, T., & Tagami, J. (2021). Update on Enamel Bonding Strategies. *Frontiers in Dental Medicine*, 2(June), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2021.666379>

Schmidt, C. J., & Tatum, S. A. (2006). Cosmetic dentistry. *Current Opinion in Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 14(4), 254–259. <https://doi.org/10.1097/01.moo.0000233596.68928.39>

Sezinando, A. (2014). Looking for the ideal adhesive - A review. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*, 55(4), 194–206. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.07.004>

Sharma, D. Y., Biswas, D. A., & Shastri, D. S. (2020). Bonding In Dentistry – Latest Advancement. *International Journal of Medical Science*, 7(04), 1–4. <https://doi.org/10.14445/23939117/ijms-v7i4p101>

Shin, N. Y., Yamazaki, H., Beniash, E., Yang, X., Margolis, S. S., Pugach, M. K., Simmer, J. P., & Margolis, H. C. (2020). Amelogenin phosphorylation regulates tooth enamel formation by stabilizing a transient amorphous mineral precursor. *Journal of Biological Chemistry*, 295(7), 1943–1959. <https://doi.org/10.1074/jbc.RA119.010506>

Sofan, E., Sofan, A., Palaia, G., Renore, G., Romeo, U., & Migliaiu, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali Di Stomatologia*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.11138/ads/2017.8.1.001>

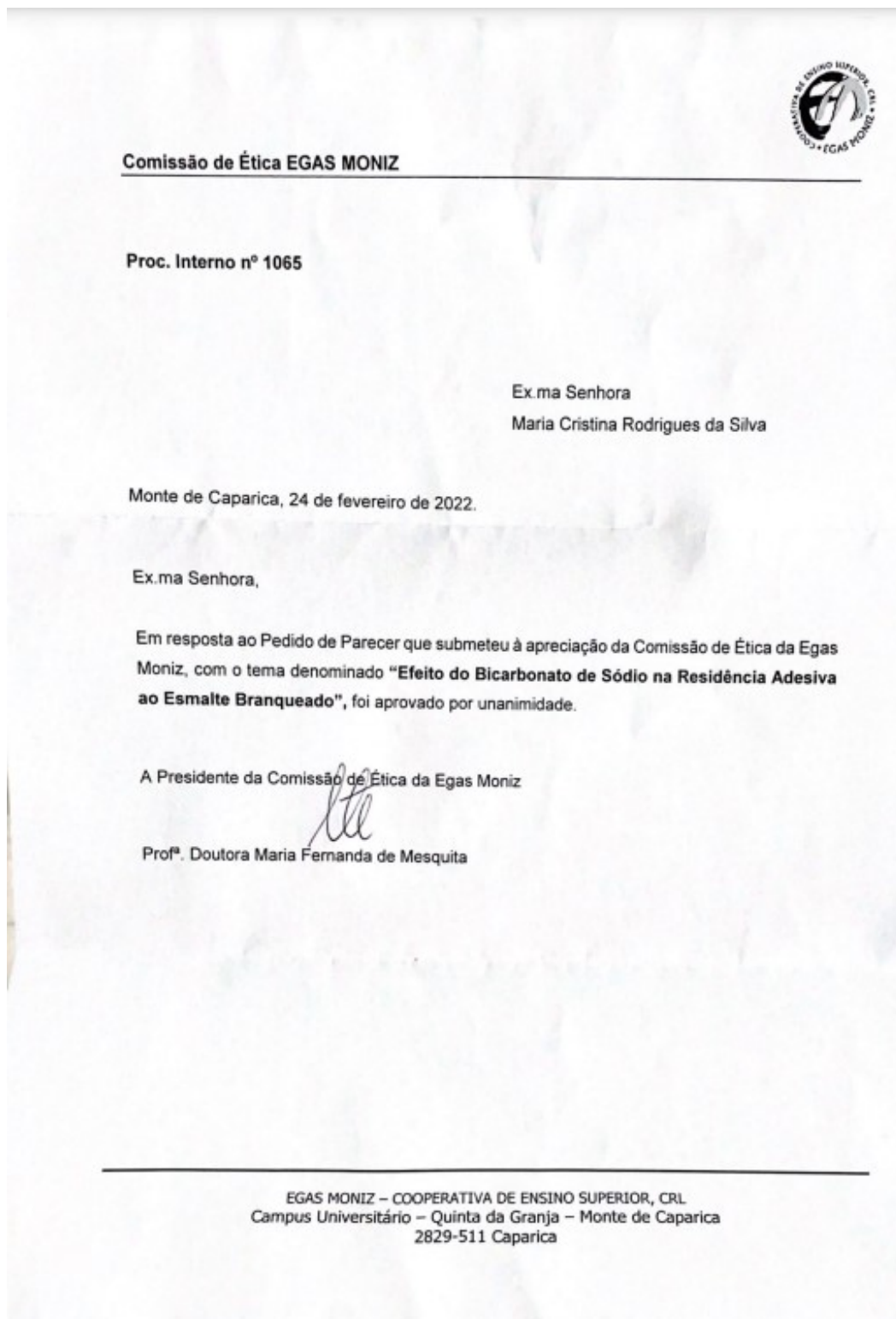
Sulieman, M., Addy, M., MacDonald, E., & Rees, J. S. (2004). The effect of hydrogen

- peroxide concentration on the outcome of tooth whitening: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 32(4), 295–299. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.01.003>
- Svizero, N. da R., Romani, L. A. C., Soares, I. B. L., Moraes, J. E., Agulhari, M. A. S., Hipólito, V. Di, Sauro, S., & D’Alpino, P. H. P. (2017). Effects of neutralizing or antioxidant agents on the consequences induced by enamel bleaching agents in immediate resin composite restorations. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 31(9), 965–976. <https://doi.org/10.1080/01694243.2016.1238123>
- The Academy of Dental Learning and OSHA Training, L. (2012). *Tooth Whitening: Comprehensive Review and Clinical Guidelines*. 6.
- Tin-Oo, M. M., Saddki, N., & Hassan, N. (2011). Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC Oral Health*, 11(1), 6. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-11-6>
- Topcu, F. T., Erdemir, U., Ozel, E., Tiryaki, M., Oktay, E. A., & Yildiz, E. (2017). Influence of Bleaching Regimen and Time Elapsed on Microtensile Bond Strength of Resin Composite to Enamel. *Contemporary Clinical Dentistry*, 8(3), 451–458. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_234_17
- Torres, C. R. G., Koga, A. F., & Borges, A. B. (2015). The effects of anti-oxidant agents as neutralizers of bleaching agents on enamel bond strength. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 5(16), 971–976. <https://doi.org/https://doi.org/10.20396/bjos.v5i16.8641877>
- Tostes, B., Mondelli, R., Lima-Arsati, Y., Rodrigues, J., & Costa, L. (2013). The effect of baking soda when applied to bleached enamel prior to restorative treatment. *General Dentistry*, 61, e5-9.
- Tredwin, C. J., Naik, S., Lewis, N. J., & Scully Cbe, C. (2006). Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: Review of adverse effects and safety issues. *British Dental Journal*, 200(7), 371–376. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4813423>
- Türkün, M., Çelik, E. U., Kaya, A. D., & Arıcı, M. (2009). Can the Hydrogel Form of Sodium Ascorbate Be Used to Reverse Compromised Bond Strength After Bleaching? In *The Journal of Adhesive Dentistry* (Vol. 11, Issue 1, pp. 35–40).
- Von Fraunhofer, J. A. (2012). Adhesion and cohesion. *International Journal of Dentistry*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/951324>

- Wattanapayungkul, P., Matis, B. A., Cochran, M. A., & Moore, B. K. (1999). A clinical study of the effect of pellicle on the degradation of 10% carbamide peroxide within the first hour. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 30(11), 737–741.
- Watts, A., & Addy, M. (2001). *Tooth discolouration and staining : a review of the literature*. 190(6), 309–316.
- Xiao, J., Zhou, X. D., Zhu, W. C., Zhang, B., Li, J. Y., & Xu, X. (2007). The prevalence of tooth discolouration and the self-satisfaction with tooth colour in a Chinese urban population. *Journal of Oral Rehabilitation*, 34(5), 351–360.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2007.01729.x>
- Yoshihara, K., Yoshida, Y., Hayakawa, S., Nagaoka, N., Kamenoue, S., Okihara, T., Ogawa, T., Nakamura, M., Osaka, A., & Van Meerbeek, B. (2014). Novel fluoro-carbon functional monomer for dental bonding. *Journal of Dental Research*, 93(2), 189–194. <https://doi.org/10.1177/0022034513514447>
- Yu, C., & Abbott, P. V. (2007). An overview of the dental pulp: Its functions and responses to injury. *Australian Dental Journal*, 52(1 SUPPL.), S4–S6.
<https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2007.tb00525.x>
- Zhao, X., Zanetti, F., Wang, L., Pan, J., Majeed, S., Malmstrom, H., Peitsch, M. C., Hoeng, J., & Ren, Y. (2019). Effects of different discoloration challenges and whitening treatments on dental hard tissues and composite resin restorations. *Journal of Dentistry*, 89(June), 103182.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.103182>
- Zhao, Z., Wang, Q., Zhao, J., Zhao, B., Ma, Z., & Zhang, C. (2021). Adhesion of Teeth. *Frontiers in Materials*, 7(January), 1–11.
<https://doi.org/10.3389/fmats.2020.615225>
- Zimmerli, B., Jeger, F., & Lussi, A. (2010). Bleaching of nonvital teeth. A clinically relevant literature review. *Schweizer Monatsschrift Für Zahnmedizin = Revue Mensuelle Suisse d'odonto-Stomatologie = Rivista Mensile Svizzera Di Odontologia e Stomatologia / SSO*, 120(4), 306–320.

IX. ANEXOS

Anexo 1- Parecer da Comissão de Ética do IUEM



Anexo 2- Tabela referente aos produtos, fabricante, composição química, lote, validade e quantidade dos materiais utilizados

Produto	Fabricante	Composição Química	Lote	Validade
Opalescence PF Regular 16%	Ultradent Products, EUA	Peróxido de carbamida a 16% (peróxido de carbamida nitrato de potássio, fluoreto de sódio, água)	BM3KR	31/12/2023
Gel Placebo	Laboratório de Preparações do IUEM	1,2% Carbopol 934, 93,8% água ultra-pura, 5% glicerina	-----	-----
10% Bicarbonato de Sódio	Laboratório de Preparações do IUEM	10% Bicarbonato de sódio	-----	-----
Ácido Ortofosfórico	CyberTech Hamburg, Germany)	Ácido ortofosfórico a 37%	A2270	02/2024
Scotchbond Universal	3M ESPE, Neuss, Germany	Monómero de fosfato MDP, resinas dimetacrilato, HEMA, copolímero Vitrebond, espessante, etanol, água, iniciadores, silano	10708A	07/2023
Filtek™ Z250 na cor A2	3M ESPE, St. Paul, EUA	Partículas de carga (60%): zircônio/sílica; Matriz orgânica: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e BisEMA	NE71965	09/2024

