



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EFEITO DOS ANTIOXIDANTES E AGENTES
REMINERALIZANTES NA ESTABILIDADE DA COR EM
DENTES BRANQUEADOS**

Trabalho submetido por
Carlota Alexandra Ferreira Simões
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2020



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EFEITO DOS ANTIOXIDANTES E AGENTES
REMINERALIZANTES NA ESTABILIDADE DA COR EM
DENTES BRANQUEADOS**

Trabalho submetido por
Carlota Alexandra Ferreira Simões
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor José João Mendes

e coorientado por:
Mestre Inês Caetano Santos

outubro de 2020

*“Education is the most powerful weapon which you can use to change
the world.”
(Nelson Mandela)*

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Doutor José João Mendes, por todo o apoio, confiança e por me ter dado o prazer de trabalhar nesta equipa fantástica. Por todos os ensinamentos ao longo do meu percurso académico e por ser um grande exemplo de perseverança, rigor e excelência, levando todos os seus ensinamentos para a vida;

À minha coorientadora, Mestre Inês Caetano Santos, pela imprescindível ajuda, dedicação, companheirismo e amizade que demonstrou em todos os momentos. Mais do que uma professora é uma referência como pessoa para mim. Um grande obrigado por tudo e por me ter acompanhado ao longo deste percurso;

Ao Prof. Doutor Luís Proença, pela sua dedicação, disponibilidade e ajuda imprescindível na compreensão da análise estatística desta investigação. Por todos os ensinamentos, por toda a motivação e simpatia;

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

À Mestre Sofia Lobo, por toda a sua ajuda, dedicação e disponibilidade ao longo deste projeto;

Ao meu colega de tese, Revis Silva, por todo o apoio e ajuda ao longo deste projeto. Foi um prazer trabalhar contigo;

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, por me ter recebido tão bem e me ter feito sentir em casa nestes 5 anos. Pelo ensino de excelência e por inculcar bons princípios a todos os alunos;

À minha parceira de box, Carolina Tavares, que esteve comigo desde o primeiro dia de faculdade, por todo o apoio, companheirismo, amizade, cumplicidade e por tudo o que passámos juntas uma ao lado da outra. Levo-te para toda a vida;

Aos restantes amigos que esta casa me deu, Patrícia Lyra, Carolina Pereira, Carolina Branca Lopes, Sofia Santos, Filipa Vieira e João Gonçalves, por todas as memórias vividas, por terem tornado todo este percurso uma experiência inesquecível e por todo o apoio no meu percurso académico;

À família que esta casa me deu, à minha madrinha Sofia Candeias, ao meu padrinho Tiago Leiroa e aos meus afilhados Filipa Completo, Vicente Oliveira, Margarida Mascarenhas, Inês Allen e Inês Santareno, por me terem ajudado a sentir em casa e por demonstrarem o quão bonita a praxe pode ser;

À minha colega de casa, a minha Juleca, por ser a melhor colega de casa que alguém poderia pedir. És incrível;

Ao meu Jason, por todo o apoio, incentivo, amizade e cumplicidade. Por me manter calma quando mais precisava e por estar sempre lá nos momentos mais difíceis;

À minha prima Vânia, que mais do que uma prima é uma irmã, por toda a preocupação, apoio e por estar sempre pronta para me ajudar em tudo. És a melhor;

À minha estrelinha que está no céu, a minha avó Rosalina, por todas as palavras e por todo o incentivo que me deu para ser médica dentista. Consegui avó e esta conquista também te devo a ti;

Aos meus queridos pais, os meus dois pilares, por toda a força, voto de confiança, dedicação, apoio, presença, amor, amizade, não só ao longo deste percurso académico, mas ao longo de toda a minha vida. São sem dúvida os melhores pais do mundo e tenho uma sorte imensa por vos ter a meu lado. Sem vocês nada disto seria possível.

RESUMO

Objetivo: Avaliar *in vitro* o efeito dos antioxidantes e agente remineralizante na estabilidade da cor, após branqueamento dentário.

Materiais e métodos: Vinte e quatro molares hígidos foram seccionados em duas metades idênticas, originando quarenta e oito amostras. Todas as amostras foram submetidas a um branqueamento dentário durante quatro horas diárias, ao longo de sete dias. Posteriormente, foram divididas em três grupos, de acordo com o antioxidante ou remineralizante aplicado: aplicação de ascorbato de sódio a 10% (G1); aplicação de extrato de semente de uva a 5% (G2); aplicação de fosfossilicato de cálcio e sódio a 5% (G3). Cada amostra foi submetida a uma avaliação da estabilidade da cor, com recurso ao espectrofotômetro *SpectroShade™ Micro*, em quatro momentos diferentes: antes do branqueamento dentário (T0); após o branqueamento (T1); imediatamente após a aplicação do antioxidante/agente remineralizante (T2); e uma semana após a aplicação do antioxidante/agente remineralizante (T3).

A análise estatística realizou-se através de testes ANOVA MR, com o método *Pairwise* e *Tukey HSD*, com $p \leq 0,05$ (SPSS26.0).

Resultados: O ascorbato de sódio não apresenta uma variação de cor estatisticamente significativa, uma semana após a sua aplicação. Já o extrato de semente de uva e o fosfossilicato de cálcio e sódio apresentam uma variação de cor estatisticamente significativa.

Conclusões: O ascorbato de sódio contribui para a manutenção da estabilidade da cor, enquanto que o extrato de semente de uva e fosfossilicato de cálcio e sódio não.

Palavras-chave: antioxidante; agente remineralizante; branqueamento dentário; estabilidade da cor.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate *in vitro* the effect of antioxidants and remineralizing agents on color stability, after tooth whitening.

Materials and methods: Twenty-four healthy molars were sectioned into two identical halves, resulting in forty-eight specimens. These specimens were bleached for 4 hours/day during 7 days. Then, they were divided into three groups: application of 10% sodium ascorbate (G1); application of 5% grape seed extract (G2); application of 5% calcium sodium phosphosilicate (G3). Each specimen was submitted to a color stability evaluation through the *SpectroShade*TM *Micro* spectrophotometer at four different moments: before the bleaching (T0); after the bleaching (T1); after the application of the antioxidant/remineralizing agent (T2); and one week after the application of the antioxidant/remineralizing agent (T3).

The statistical analysis was performed through ANOVA MR tests, using Pairwise and Tukey HSD method, with $p \leq 0.05$ (SPSS26.0).

Results: Sodium ascorbate does not present a statistically significant color variation, one week after its application. Grape seed extract and sodium calcium phosphosilicate present a statistically significant color variation.

Conclusions: Sodium ascorbate contributes to maintaining color stability, while grape seed extract and calcium sodium phosphosilicate do not.

Keywords: antioxidant; remineralizing agent; tooth whitening; color stability.

Índice Geral

I. INTRODUÇÃO	13
1. Esmalte Dentário	13
1.1. Formação do Esmalte Dentário	13
1.2. Estrutura do esmalte	14
1.3. Propriedades Físicas do Esmalte	15
1.4. Propriedades Mecânicas do Esmalte	16
2. Dentina.....	17
2.1. Propriedades Físicas da Dentina	18
2.2. Propriedades Químicas da Dentina	18
2.3. Túbulos Dentinários	19
2.4. Dentina Peritubular e Dentina Intertubular	20
2.5. Considerações Clínicas da Dentina	20
2.6. Tipos de Dentina	22
3. Cor Dentária	24
3.1. Propriedades Óticas Primárias.....	24
3.2. Propriedades Óticas Secundárias	25
3.3. Etiologia da Pigmentação Dentária	27
4. Branqueamento Dentário	28
4.1. Definição de Branqueamento Dentário	28
4.2. Agentes Branqueadores.....	28
4.3. Mecanismo de Ação	30
4.4. Técnicas de Branqueamento Dentário.....	32
4.5. Indicações para o Branqueamento.....	36
4.6. Contraindicações para o Branqueamento	36
4.7. Fatores que influenciam o Branqueamento	37
4.8. Riscos associados ao Branqueamento Dentário	40
4.9. Legislação aplicada ao Branqueamento Dentário	40
5. Adesão Dentária após Branqueamento Dentário.....	41
6. Estabilidade da Cor.....	42
7. Agentes Antioxidantes e Remineralizantes	43
Tipos de Agentes Antioxidantes	44
7.1.	44
7.2. Tipos de Agentes Remineralizantes	45
8. Avaliação da Estabilidade da Cor.....	46

8.1. Espectrofotómetro	47
II. OBJETIVO	50
III. HIPÓTESES DE ESTUDO	50
IV. MATERIAIS E MÉTODOS	52
V. RESULTADOS	62
1. Caracterização da amostra	62
2. Análise Estatística dos Resultados Obtidos.....	62
3. Análise da Variação da Cor	63
VI. DISCUSSÃO	74
VII. CONCLUSÃO	84
VIII. BIBLIOGRAFIA	90

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dados relativos à variação da cor antes do branqueamento dentário (T0) e após branqueamento dentário (T1). Representação da média da média, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.....	63
Tabela 2 - Dados relativos à variação da cor após branqueamento dentário (T1) e imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante (T2). Representação da média da média, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.....	64
Tabela 3 - Dados relativos à variação da cor imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante (T2) e uma semana após a aplicação dos mesmos (T3). Representação da média da média, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.	64
Tabela 4 - Dados relativos à variação da cor após branqueamento dentário (T1) e 1 semana após a aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante. Representação da média da média, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.	65
Tabela 5 - Significância do tempo em função do G1 obtidas através de comparações do método Pairwise.	66
Tabela 6 - Significância do tempo em função do G2 obtidas através de comparações do método Pairwise.	67
Tabela 7 - Significância do tempo em função do G3 obtidas através de comparações do método Pairwise.	68
Tabela 8 - Significância entre grupos obtidas por comparações múltiplas através do método Tukey HSD entre os tempos T2 e T1	71
Tabela 9 - Significância entre grupos obtidas por comparações múltiplas através do método Tukey HSD entre os tempos T3 e T2.	71

Índice de Figuras

Figura 1 - Representação de um dente utilizado neste estudo.....	52
Figura 2 - Corte dos dentes em duas metades idênticas no micrótomo.....	53
Figura 3 - Amostra do dente após ser seccionado em duas metades e preenchimento da câmara pulpar com cola de cianocrilato.	53
Figura 4 - Esquema do desenho experimental do estudo.	54
Figura 5 - Estabilização dos dentes através da confecção de chaves de putty.	55
Figura 6 - Estufa na qual as amostras foram guardadas.	55
Figura 7 - SpectroShade™ Micro.....	56
Figura 8 - Determinação da cor da amostra.....	56
Figura 9 - Amostras em saliva artificial, prontas para ser colocadas em estufa.....	57
Figura 10 - Aplicação do gel de branqueamento Opalescence PF Regular 16% (Ultradent Products, South Jordan, EUA).....	57
Figura 11 - Gel de ascorbato de sódio a 10%, extrato de semente de uva a 5% e fosfossilicato de cálcio e sódio presente na pasta dentífrica Sensodyne®, Repair & Protect.	58
Figura 12 - Aplicação do gel de ascorbato de sódio a 10% (G1), da solução do extrato de semente de uva a 5% (G2) e do fosfossilicato de cálcio e sódio (G3).	59
Figura 13: Gráfico ilustrativo do comportamento dos diferentes grupos ao longo do tempo.	72

Lista de abreviaturas

nm- nanómetro

µm - micrómetro

mm - milímetro

mm² – milímetro quadrado

min- minuto

JAD- Junção amelo-dentinária

mmHg- milímetro de mercúrio

UV- Ultravioleta

XIX- dezanove

g/mol- grama por mol

%- percentagem

OMD- Ordem dos Médicos Dentistas

OPCs- complexos de proantocianidinas oligoméricas

OTC- Over the counter (produtos de venda livre)

CIE- *Comission International de L'Eclairage*

ΔE*- delta E

dif.ΔE*-diferença de delta E

LED- Light Emitting Diode

IUEM – Instituto Universitário Egas Moniz

ISO - *International Organization for Standardization*

BDH- Banco de Dentes Humano

mm/min – milímetro por minuto

p - nível de significância estatística

EUA- Estados Unidos da América

I. INTRODUÇÃO

1. Esmalte Dentário

O esmalte dentário constitui a superfície externa de um dente, correspondendo à matriz mais calcificada do corpo Humano. Apresenta a capacidade de proteger, tanto a dentina, como a polpa das forças físicas, térmicas e químicas. (Hilton et al., 2013; Nanci, 2017; Lacruz et al., 2017).

A aparência estética do esmalte é dada pela forma e cor que o mesmo apresenta. Desta forma, estes dois fatores são importantes ter em conta em Medicina Dentária Restauradora, tentando-se simular ao máximo a cor, contornos do esmalte, translucidez e textura através de materiais dentários, como a resina composta e a cerâmica (Hilton et al., 2013).

Apesar do esmalte ser durador, devido a sua matriz altamente calcificável, que lhe confere uma elevada resistência e rigidez, possibilitando que resista a condições extremas, como pressão excessiva, altas temperaturas e humidade, quando exposto a um ambiente oral com condicionantes químicas, bacterianas e oclusais, torna-se vulnerável à desmineralização ácida, ao atrito e à fratura (Arrieta et al., 2018; Hilton et al., 2013).

1.1. Formação do Esmalte Dentário

A formação do esmalte ocorre a partir de uma matriz orgânica composta unicamente por um agrupamento de proteínas da matriz extracelular (Lacruz et al., 2017).

O órgão de esmalte é formado por uma população mista de células, sendo os seus principais constituintes os ameloblastos, responsáveis tanto pela formação, como pela mineralização do esmalte, formando uma espécie de monocamada, contactando diretamente com a superfície de esmalte em formação. Este processo designa-se amelogénese (Lacruz et al., 2017; Nanci, 2017).

Os ameloblastos são responsáveis pela secreção de proteínas da matriz orgânica do esmalte, sendo estas posteriormente degradadas e proteoliticamente removidas, bem como pela regulação na formação de um material inorgânico à base de hidroxiapatite (Lacruz et al., 2017).

Após a erupção dentária, os ameloblastos são perdidos, deixando de haver possibilidade do esmalte se renovar. Consequentemente, o esmalte passa a adquirir uma

organização estrutural complexa e um elevado grau de mineralização, devido à quase inexistência de matriz orgânica no seu estado maduro (Nanci, 2017).

Estas mesmas características refletem o ciclo de vida dos ameloblastos, um ciclo incomum, bem como as características físico-químicas únicas das proteínas da matriz que regulam a formação dos cristais longos do esmalte (Nanci, 2017).

1.2. Estrutura do esmalte

Devido à alta mineralização que o esmalte apresenta, o estudo da sua estrutura é complexo (Nanci, 2017).

Ao observarmos as secções desmineralizadas do esmalte, podemos visualizar a existência de um espaço vazio outrora ocupado por esmalte maduro, visto que o conteúdo mineral previamente existente foi dissolvido. Porém, o material orgânico retido nas secções de esmalte descalcificado, é suficiente para revelar certos detalhes da sua estrutura (Nanci, 2017).

As unidades organizadoras do esmalte são os bastões de esmalte (prismas de esmalte) e a substância intertubular (substância interprismática) que representam as estruturas primárias e fundamentais do mesmo. (Shahmoradi et al., 2014; Nanci, 2017).

1.2.1. Prismas de Esmalte

O esmalte é formado por cristais de hidroxiapatite bem compactados, estreitos e longos, medindo em largura 60 a 70 nm e em espessura 25 a 30 nm. A sua organização permite a formação de estruturas denominadas prismas de esmalte. Os prismas de esmalte uma vez agrupados são dispostos de forma horizontal e em direções alternadas, num ângulo de 90°, formando camadas designadas por *Hunter-Schreger* (Nanci, 2017; Arrieta et al., 2018).

Os prismas ou bastões de esmalte, foram descritos inicialmente como estruturas prismáticas hexagonais. Apesar do termo “prisma de esmalte” ainda ser frequentemente utilizado, não é o termo mais adequado, uma vez que não apresentam uma forma regular (Nanci, 2017).

O diâmetro dos prismas ou bastões de esmalte varia entre 5 a 8 µm e raramente apresentam uma forma reta na sua extensão, podendo-se verificar um trajeto ondulado,

desde a junção amelocimentária, até à superfície do esmalte (Shahmoradi et al., 2014; Abidu-Figueiredo et al., 2002).

As bandas de *Hunter-Schreger*, correspondem a bandas escuras e claras, que surgem devido à mudança de direção dos prismas de esmalte. São possíveis de observar através de cortes longitudinais realizados e são de largura variável- aproximadamente 50 µm- resultando na diferença entre a densidade ótica dos prismas de esmalte transversalmente e longitudinalmente seccionados (Abidu-Figueiredo et al., 2002; Shahmoradi et al., 2014; Nanci, 2017).

A molécula fosfato de cálcio apresenta uma simetria hexagonal, organizando-se em torno do cristal de esmalte, de forma a conferir um contorno hexagonal. No entanto, os cristais de esmalte na sua máxima maturidade, não apresentam um contorno perfeitamente hexagonal; exibem um contorno mais irregular, visto que durante a fase final do seu crescimento, são pressionados uns contra os outros. Estes cristais posteriormente agrupados, originam os batões de esmalte (Nanci, 2017).

1.2.2. Substância Interprismática

Os cristais da substância interprismática divergem na sua orientação, relativamente aos cristais presentes nos prismas de esmalte, apresentando uma orientação perpendicular relativamente aos mesmos (Hilton et al., 2013).

A substância interprismática constitui uma matriz orgânica ou bainha do prisma, que envolve três quartos de cada prisma de esmalte. Apesar de permitir a separação entre dois prismas de esmalte, estas duas estruturas acabam por estar conectadas na porção não recoberta pela substância interprismática, formando um istmo de confluência de cristais (He & Swain, 2008; Hilton et al., 2013; Shahmoradi et al., 2014).

1.3. Propriedades Físicas do Esmalte

O esmalte dentário totalmente formado é constituído em 96% pelo conteúdo mineral e em 4% por material orgânico e água. Caracteriza-se por um tecido translúcido, sendo que a sua cor varia entre o branco acinzentado ao amarelo claro. A espessura que o mesmo apresenta também é variável, com um máximo de 2,5 mm, sendo que essa mesma variação acabará por influenciar a cor do esmalte já que, através de regiões mais finas, é possível observar a dentina amarelada subjacente (Nanci, 2017).

A constituição inorgânica que o mesmo apresenta corresponde a fosfato de cálcio cristalino - hidroxiapatite - substituído por iões carbonato, que também são encontrados no osso, cartilagem calcificada, cimento e dentina. Para além dos iões carbonato, outros iões como o flúor, chumbo, magnésio e estrôncio, podem ser incorporados nos cristais, se estiverem presentes durante a formação do esmalte. A suscetibilidade que os cristais apresentam relativamente à dissolução por ácidos, é um dos fatores responsáveis pelo surgimento da cárie dentária (Nanci, 2017).

O elevado conteúdo mineral que o esmalte apresenta, juntamente com a sua organização estrutural complexa, permitem que o mesmo seja capaz de resistir às forças mecânicas aplicadas durante a mastigação. No entanto, a sua elevada dureza, devido ao seu elevado conteúdo mineral, pode torná-lo quebradiço, sendo necessário a existência de uma camada de dentina mais resiliente, de forma a manter a integridade do mesmo (Nanci, 2017).

1.4. Propriedades Mecânicas do Esmalte

As características mecânicas que os dentes apresentam permitem realizar funções durante a mastigação, tais como a laceração, incisão e trituração de alimentos. Desta forma, nenhum material existente é capaz de substituir por completo o dente, no que diz respeito às propriedades biológicas e mecânicas do mesmo. Os dentes humanos apresentam uma estrutura mais complexa, melhores propriedades mecânicas e melhor biocompatibilidade comparativamente com os materiais restauradores dentários, os materiais cerâmicos e as ligas dentárias (Zhang et al., 2014).

As propriedades mecânicas dos dentes humanos são determinadas pela sua composição e estrutura e incluem parâmetros, tais como: a dureza, resistência à fratura e módulo de elasticidade (Shahmoradi et al., 2014; Zhang et al., 2014).

Investigações realizadas em microscopia eletrónica permitiram revelar que, entre os cristais de hidroxiapatite do esmalte existe uma fina camada proteica, responsável por desempenhar um papel fulcral na regulação das propriedades mecânicas do esmalte (Xie et al., 2014).

1.4.1. Dureza e Módulo de Elasticidade

A dureza do esmalte é definida pela sua capacidade de resistência perante uma indentação; já o módulo de elasticidade, também designado de módulo de *Young*, corresponde à rigidez do esmalte dentro do seu limite de elasticidade (Zhang et al., 2014; Shahmoradi et al., 2014).

A dureza e o módulo de elasticidade variam consoante o local dentro de cada dente. O esmalte é mais mineralizado na sua superfície e menos mineralizado na sua junção com a dentina; no entanto, o tamanho dos prismas de esmalte é também maior na sua superfície e a substância interprismática contém um maior número de proteínas. A diferença existente tanto na mineralização, como no tamanho dos prismas de esmalte reflete-se nas suas propriedades mecânicas, sendo que o esmalte apresenta uma maior dureza e maiores valores no módulo de elasticidade na sua superfície, do que a nível interno (Shahmoradi et al., 2014).

A componente orgânica do esmalte permite que o mesmo seja um material viscoelástico (Shahmoradi et al., 2014).

Ao observar a curva tensão-deformação do esmalte, é possível verificar que a sua curva é aplanada, não se observando evidentemente nenhum ponto de transição plástico-elástico (Shahmoradi et al., 2014).

2. Dentina

Sendo o maior componente existente na estrutura da peça dentária, a dentina é considerada uma propriedade determinante, visto que o seu substrato é frequentemente usado para procedimentos adesivos, sendo a durabilidade da adesão influenciada pela sua morfologia e fisiologia (Marshall et al., 1997; Kinney et al., 2005; Carvalho et al., 2012). A dentina encontra-se intimamente ligada à polpa, sendo que na sua porção coronária é envolvida e protegida por esmalte, e na sua porção radicular por cimento (Carvalho et al., 2012; Perdigão et al., 2013).

O esmalte tem um conteúdo mineral constituído maioritariamente por hidroxiapatite (fosfato de cálcio cristalino). Devido a pouca existência de água na sua composição, protege a dentina de possíveis efeitos externos, por ser o tecido mais duro do corpo humano. Por outro lado, o esmalte é considerado um tecido frágil, visto que não tem a capacidade de suportar as forças de mastigação sem faturar, sendo necessário um apoio

elástico, que é dado pela dentina. Deste modo, a dentina confere alguma flexibilidade à estrutura dentária, prevenindo a ocorrência de fraturas (Chun et al., 2014; Nanci, 2013).

2.1. Propriedades Físicas da Dentina

A dentina é um tecido branco-amarelado, mineralizado, duro, elástico e avascular, que envolve a câmara pulpar. A sua localização e composição influenciam as propriedades físicas que a mesma apresenta (Oliveira et al., 2010; Nanci, 2013; Carvalho et al., 2012)

Uma propriedade característica deste tecido é a permeabilidade, que é conferida devido à presença de túbulos dentinários, que atravessam toda a espessura da dentina e contêm no seu interior prolongamentos dos odontoblastos, células que formam e mantêm o tecido dentinário. Os odontoblastos encontram-se dispostos numa única camada, e em torno da câmara pulpar, sendo responsáveis pela secreção da matriz orgânica da dentina e por regularizarem a mineralização da mesma (Nanci, 2013; Hilton et al., 2013).

A sensibilidade e capacidade de reparação da dentina são outras características importantes, ocorrendo através da formação de dentina pelos odontoblastos, quando assim for necessário. Deste modo, é normal que se verifiquem variações da espessura da dentina ao longo da vida (Nanci, 2013; Berkovitz et al., 2009)

A dentina confere também proteção ao tecido orgânico pulpar, ao absorver e distribuir as forças funcionais (Li et al., 2015).

É de salientar que a dentina é o tecido responsável pela cor dentária, visto que a superfície do esmalte é translúcida (Carvalho et al., 2012).

Processos fisiológicos e patológicos, como a esclerose, cárie dentária e envelhecimento geram alterações significativas nas propriedades acima referidas (Carvalho et al., 2012).

2.2. Propriedades Químicas da Dentina

A dentina é o tecido que compreende maior parte da estrutura dentária, tanto em volume, como em peso, caracterizando-se por uma estrutura complexa, composta por matéria inorgânica e orgânica. (Ryou et al., 2015).

A dentina é aproximadamente constituída por 70% de matéria inorgânica, 18% de matéria orgânica e 12% de água, sendo que estes valores podem variar consoante a condição e localização do substrato dentinário (Carvalho et al., 2012).

A matéria inorgânica da dentina é constituída por hidroxiapatite. No entanto, comparativamente aos cristais de hidroxiapatite presentes no esmalte, a sua dimensão é menor. Relativamente à sua forma, tanto podem ter uma forma hexagonal como em lâmina, com seções transversais de 3 a 30 nm e 50 nm de comprimento. Os cristais de hidroxiapatite na dentina, quanto à sua espessura, podem variar entre 3,5 nm (próximo da junção amelo-dentinária) e 2 nm (próximo da polpa). Apesar de se verificar uma orientação aleatória destes cristais, é possível observar um alinhamento paralelo em zonas de elevada tensão, como por exemplo nas cúspides (Fejerskov & Kidd, 2005; Hilton et al., 2013).

A matéria orgânica da dentina, é constituída essencialmente por colagénio, formado por uma tripla hélice com três cadeias de polipeptídeos entrelaçadas entre si, com aproximadamente 300 nm de comprimento e 1,5 nm de diâmetro. O colagénio apresenta um papel importante na manutenção da integridade dos cristais de hidroxiapatite. 90% da matriz orgânica da dentina é constituída por colagénio tipo I, com pequenas quantidades de colagénio tipo III e V (Fejerskov & Kidd, 2005; Berkovitz et al., 2009; Nanci, 2013).

Para além dos cristais de hidroxiapatite e colagénio, existem outros componentes, como as fosfoproteínas, fosfolípidos e proteoglicanos, que ocupam espaço entre as fibras de colagénio e acumulam-se em torno dos túbulos dentinários (Fejerskov & Kidd, 2005; Nanci, 2013).

Todos estes elementos têm um papel fulcral na nucleação e regulação da formação mineral durante o processo de dentinogénese e nos processos de remineralização e desmineralização dentinária (Fejerskov & Kidd, 2005).

2.3. Túbulos Dentinários

Os túbulos dentinários encontram-se presentes na microestrutura da dentina, representam cerca de 10% do seu volume e atravessam a espessura total de 3,0 a 3,5 mm deste tecido. Irradiam na dentina coronária desde a câmara pulpar até à JAD e na porção radicular a partir dos canais pulpares até ao cimento (Hilton et al., 2013; Kinney et al., 2005).

O caminho dos túbulos dentinários segue a forma de um S, desde a superfície dentinária mais externa à mais interna, sendo menos pronunciada na zona cuspídea e nos bordos incisais, onde a sua disposição é mais paralela (Nanci, 2013).

A forma dos túbulos é cilíndrica e o seu número e diâmetro variável (desde 22% e 2,5 μm em zonas próximas da polpa, para 1% e 0,8 μm perto da JAD) (Li et al., 2015).

O número de túbulos dentinários é variável de acordo com a idade, espessura de dentina e tipo de dente, sendo que o seu número varia entre 20000 mm^2 - dentina externa- e 50 000 mm^2 -dentina interna (Berkovitz et al., 2009).

Dentro dos túbulos dentinários existe um fluido semelhante ao plasma, que se encontra sobre uma leve e constante pressão vinda da polpa, que varia entre 25 a 30mmHg. Desta forma, substâncias que tentem alcançar a polpa através da dentina, necessitam de enfrentar essa mesma pressão; já as substâncias que penetrem da polpa até à dentina, têm um percurso mais facilitado devido a este gradiente de pressão (Swift, 2002; Mjör, 2009).

2.4.Dentina Peritubular e Dentina Intertubular

A dentina peritubular, também conhecida por dentina intratubular, consiste numa dentina muito mineralizada, que rodeia o lúmen de cada túbulo dentinário. É constituída por uma elevada quantidade de cristais de apatite e por uma reduzida porção de proteínas orgânicas (Montoya et al., 2015; Berkovitz et al., 2009).

A dentina intertubular, que constitui maior parte da estrutura dentinária, localiza-se entre os túbulos dentinários. Consiste numa rede de fibras de colagénio tipo I com um diâmetro entre 50 a 200 nm, reforçadas por apatite (Hilton et al., 2013; Nanci, 2013).

A dentina intertubular permanece dimensionalmente estável; já a peritubular, aumenta progressivamente de largura consoante a profundidade, trauma e idade (Hilton et al., 2013).

2.5.Considerações Clínicas da Dentina

2.5.1. Permeabilidade

A estrutura tubular que a dentina apresenta contribui para que esta seja uma estrutura porosa, ou seja, quando submetida a condições patológicas, traumas,

procedimentos periodontais ou restauradores, ocorre uma quebra na integridade do esmalte ou do cimento, ocorrendo conseqüentemente uma exposição dos túbulos dentinários. Estes, ao estarem acessíveis, permitem que haja canais de difusão entre a polpa e/ou tecidos perirradiculares e o ambiente externo (Love, 2004; Hilton et al., 2013).

Ao efetuar-se uma preparação cavitária, poderá haver exposição dos túbulos dentinários. No entanto, essa exposição é compensada pela *smear layer*, uma camada de detritos resultante da instrumentação mecânica do dente. Os sistemas adesivos devem possibilitar uma remoção, modificação ou incorporação dessa mesma camada, de forma a facilitar a difusão do material resinoso. No entanto, a remoção da camada *smear layer* com o condicionamento ácido, leva a um movimento do fluido para fora dos túbulos dentinários, gerando condições adversas à adesão (Hilton et al., 2013).

O grau de permeabilidade que a dentina apresenta é variável, consoante as áreas do dente, a sua profundidade e de acordo com a constituição e número dos túbulos dentinários. A permeabilidade da dentina oclusal é maior sobre os cornos pulpares, do que na zona oclusal superficial; já a dentina proximal apresenta uma maior permeabilidade do que a dentina oclusal; e por fim a permeabilidade da dentina coronal é superior à da dentina radicular (Love, 2004; Swift, 2002).

O complexo polpa-dentina encontra-se constantemente sujeito a diversas alterações. Com o passar do tempo, começam-se a formar depósitos contínuos de dentina peritubular, que leva conseqüentemente a uma redução do diâmetro dos túbulos dentinários e, por conseguinte, a um aumento da fragilidade da dentina e diminuição da sua permeabilidade (Love, 2004; Carrillo, 2006).

2.5.2. Sensibilidade

A dentina não é vascularizada ou enervada, com a exceção de 20% dos túbulos dentinários que contêm fibras nervosas. No entanto é um tecido sensível a agentes tácteis, térmicos, químicos e osmóticos (Hilton et al., 2013).

Para que haja sensibilidade na dentina, é necessário que a dentina se encontre exposta e que os túbulos dentinários se encontrem permeáveis da superfície até a polpa. A exposição do tecido dentinário pode acontecer por perda do esmalte, através de fenómenos de atrição, erosão e abrasão, ou devido a perda dos tecidos moles através de recessão gengival (Mantzourani & Sharma, 2013).

Relativamente ao fenómeno de sensibilidade dentinária, a teoria considerada mais aceite até aos dias de hoje é a teoria hidrodinâmica, proposta por Gysi em 1900 e sustentada por Brannstrom et al. Esta teoria defende que a sensibilidade resulta essencialmente de um estímulo (procedimentos clínicos como a preparação cavitária, ar, sondagem e água fria), sendo que conseqüentemente ocorre uma expansão ou contração do fluido dentinário presente no interior dos túbulos e/ou variações na taxa e/ou direção do fluido dentinário. Conseqüentemente estas alterações ativam as fibras nervosas A- δ , que se encontram localizadas nos processos odontoblásticos ou na transição pulpo-dentinária, responsáveis pela produção de dor (Silva & Ginjeira, 2011; Hilton et al., 2013; Mantzourani & Sharma, 2013).

Foi possível concluir também que os estímulos frios geram um movimento do fluido para fora dos túbulos dentinários, enquanto que os estímulos quentes geram um movimento do fluido para dentro dos túbulos dentinários, sendo que os estímulos frios produzem uma maior e mais rápida resposta pulpar comparativamente aos estímulos quentes (Mantzourani & Sharma, 2013; Hilton et al., 2013).

Uma dentina sensível apresenta mais túbulos dentinários por unidade área e um maior diâmetro dos mesmos, comparativamente a uma dentina não sensível. Conseqüentemente uma dentina sensível apresenta uma maior permeabilidade, maior transmissão de estímulos e uma maior resposta à dor (Mantzourani & Sharma, 2013).

2.5.3. Resposta a estímulos

A resposta a estímulos externos provém da polpa, no entanto manifesta-se na dentina. Como manifestação a esses mesmos estímulos, ocorre a deposição de dentina terciária, que constitui uma barreira contra a progressão de cáries dentárias e toxinas, e a deposição de dentina secundária, que se deposita ao longo da vida e contribui para a função barreira da dentina (Berkovitz et al., 2009).

2.6. Tipos de Dentina

A dentina pode ser classificada em dentina primária, dentina secundária e dentina terciária, tendo em conta as características histológicas do tecido e o tempo de desenvolvimento (Avery & Chiego, 2006).

2.6.1. Dentina Primária

A dentina primária é formada durante a odontogénese e constitui o componente maioritário da coroa e da raiz (Mjör, 2009; Avery & Chiego, 2006).

Distingue-se estruturalmente em dentina do manto e dentina circumpulpar. A dentina do manto é a primeira dentina a ser formada e apresenta uma largura de aproximadamente 150 µm, sendo que a sua designação deriva do facto de cobrir a restante dentina; já a dentina circumpulpar encontra-se por baixo da dentina do manto, corresponde à maior parte da dentina primária e encontra-se em torno da câmara pulpar (Avery & Chiego, 2006).

A dentina do manto, comparativamente à dentina circumpulpar, apresenta fibras de colagénio mais largas, contém menos defeitos e é ligeiramente menos mineralizada (Avery & Chiego, 2006; Nanci, 2013).

2.6.2. Dentina Secundária

Forma-se internamente à dentina primária, após a formação da raiz estar concluída. Resulta de uma deposição lenta e contínua de dentina por parte dos odontoblastos, caracterizando-se por uma estrutura tubular contínua e menos regular do que a dentina primária. (Avery & Chiego, 2006; Nanci, 2013).

A dentina secundária e a dentina primária são difíceis de distinguir, devido à estrutura semelhante que apresentam e devido ao rácio do conteúdo orgânico e mineral ser idêntico (Berkovitz et al., 2009; Nanci, 2013).

2.6.3. Dentina Terciária

A dentina terciária resulta de estímulos externos, nomeadamente atrição, lesões de cárie e procedimentos restauradores. Esta funciona como uma barreira entre a cavidade oral e os agentes microbianos nos locais alterados, conferindo proteção à polpa (Nanci, 2013; Tjäderhane et al., 2009; Avery & Chiego, 2006).

A dentina terciária pode ser classificada em dentina reacional (formada por odontoblastos pré-existent) e dentina reparadora (formada por odontoblastos diferenciados) (Nanci, 2013).

A dentina reacional forma-se em resposta a estímulos, em que os odontoblastos existentes são capazes de recuperar e formar dentina. Neste tipo de dentina podem existir irregularidades estruturais e uma alteração no número de túbulos dentinários, consoante a intensidade do estímulo. Já na dentina reparadora, a sua formação ocorre após a ação do estímulo, sendo que os odontoblastos originais associados à região afetada são destruídos. Desta forma, é formado um novo tecido mineralizado a partir de células recentemente diferenciadas, provenientes da polpa (Berkovitz et al., 2009).

Resumidamente, a dentina reacional apresenta uma estrutura mais ou menos tubular, enquanto que a estrutura, organização e mineralização da dentina reparadora varia significativamente, sendo geralmente a sua estrutura relativamente atubular (Tjäderhane et al., 2009).

3. Cor Dentária

A cor resulta de um fenómeno relacionado com o comportamento de um corpo, consoante a incidência da luz. Esse mesmo comportamento é a fonte de todas as cores e sem o mesmo as cores não existiriam (Hirata et al., 2001).

A cor natural dos dentes resulta da combinação das suas propriedades óticas. Quando a luz encontra no dente uma superfície translúcida podem ocorrer quatro tipo de fenómenos, nomeadamente: a reflexão especular do fluxo, a transmissão especular na superfície, a reflexão difusa da luz na superfície e a absorção e dispersão do fluxo no interior dos tecidos dentários (Li et al., 2012).

3.1. Propriedades Óticas Primárias

A cor é um fenómeno tridimensional descrito normalmente, tendo em conta o espaço de cores de *Munsell*, que se caracteriza pelo matiz, valor e croma (Hirata et al., 2001; Ahn & Lee, 2008; Fondriest, 2012; Hilton et al., 2013).

3.1.1. Matiz

O matiz corresponde à banda de comprimento de onda do espectro visível que traduz a cor percecionada. A este diz respeito os grandes grupos de cor, como por exemplo, o verde, vermelho, azul e amarelo. Em medicina dentária, o matiz pode ser

representado na escala de cores universal VITA, pelas letras A, B, C e D (Fondriest, 2003; Hirata et al., 2001; Hilton et al., 2013).

3.1.2. Valor

O valor ou brilho, corresponde à quantidade de luz refletida por um determinado objeto. É descrito, de acordo com alguns autores, como uma escala de cinzentos que vai desde o branco até ao preto, sendo que os objetos mais claros, que apresentam um valor mais alto, possuem uma menor quantidade de cinzento e os objetos mais escuros, com um valor mais baixo, possuem uma tonalidade mais acinzentada. Desta forma, pode concluir-se que, em objetos mais acinzentados, há menos luz refletida pelo objeto iluminado e mais luz absorvida, dispersa ou transmitida através do objeto. O brilho das restaurações pode ser aumentado ao diminuirmos o croma ou ao aumentarmos a refletividade da superfície do objeto (Fondriest, 2003; Park et al., 2003).

A quantidade de opacidade existente torna a superfície mais branca, e a quantidade de translucidez torna-a mais cinza (Hirata et al., 2001).

3.1.3. Croma

O croma corresponde à saturação, intensidade ou força do matiz. Quando existe um aumento do croma, aumenta a intensidade e a cor fica mais escura, ou seja, há uma diminuição do seu valor. Desta forma, é possível concluir que o croma e o valor são propriedades óticas primárias inversamente proporcionais. Em medicina dentária restauradora, na escala VITA, o croma corresponde aos números de 1 a 4 (Fondriest, 2003; Park et al., 2003; Hirata et al., 2001).

3.2. Propriedades Óticas Secundárias

O esmalte e a dentina apresentam propriedades óticas diferentes, ou seja, variações no grau de translucidez, fluorescência e opalescência. Tais variações influenciam a manifestação da cor nestes tecidos dentários (Lee & Powers, 2007).

Os materiais restauradores devem apresentar propriedades semelhantes à estrutura dentária, de forma a ser possível mimetizar os fenômenos de reflexão e refração da luz, a fluorescência e a opalescência (Lee et al., 2005).

3.2.1. Translucidez

A translucidez é expressa como a quantidade relativa de luz que atravessa a espessura de um determinado objeto (Joiner, 2004).

Quando um objeto é opaco, o valor de translucidez é nulo. No entanto, num objeto mais translúcido, parte da luz atravessa esse mesmo objeto e outra parte é absorvida. A passagem de luz através de um objeto depende da espessura que o mesmo apresenta e do plano de fundo (Lee & Powers, 2007; Yu & Lee, 2008).

No esmalte, o coeficiente de transmissão depende do comprimento de onda da luz incidente, sendo importante a existência de uma correta fonte de luz para um bom processo de seleção de cor. A translucidez, para além de ser influenciada pelo comprimento de onda da luz incidente, também é influenciada pela hidratação do dente e pelo grau de mineralização que a estrutura dentária apresenta (Joiner, 2004; Hilton, 2013).

3.2.2. Fluorescência

A fluorescência corresponde à capacidade de um determinado objeto absorver luz ultravioleta e emitir uma luz visível azul, com um comprimento de onda entre os 440 e 485 nm. Os dentes naturais apresentam essa mesma propriedade ótica secundária, sendo que a radiação ultravioleta (UV) é absorvida e uma luz azulada é emitida pelos mesmos, surgindo este fenómeno essencialmente a nível incisal dos dentes anteriores. Por este motivo, esta propriedade é de grande importância no que toca à mimetização da estrutura dentária (Yu & Lee, 2008).

3.2.3. Opalescência

Quando a luz branca, que abrange todo o espectro visível incide na superfície de um determinado objeto, a sua radiação pode ser absorvida, refletida - de forma difusa ou especular - ou até mesmo transmitida. A opalescência corresponde à capacidade que um determinado objeto apresenta, de transmitir a luz que o atravessa (Fondriest, 2003).

Para se aumentar a opalescência de uma determinada resina composta, deve estar presente uma ou mais fases de carga inorgânica entre os 380 nm e os 500 nm, uma ou mais fases de carga inorgânica com um alto grau de dispersão e existir uma elevada diferença entre o índice de refração da matriz orgânica e da fase inorgânica (Lee et al., 2005).

3.3. Etiologia da Pigmentação Dentária

A cor dentária é influenciada pela combinação de pigmentações extrínsecas formadas à superfície do dente, bem como a cor intrínseca que o dente apresenta (Joiner & Luo, 2017).

3.3.1. Pigmentação Extrínseca

A pigmentação extrínseca caracteriza-se por regiões pigmentadas presentes na película adquirida da superfície do esmalte, podendo ser influenciada por inúmeros fatores, nomeadamente: tabaco, ingestão de determinados alimentos ou bebidas, tais como chá, café e vinho tinto, insatisfatória técnica de escovagem ou pela exposição a sais de ferro e clorhexidina (Carey, 2014; Joiner & Luo, 2017; Karaarslan et al., 2018).

3.3.2. Pigmentação Intrínseca

A pigmentação intrínseca caracteriza-se pela forma como a luz se difunde e é absorvida na superfície e interior das estruturas, que constituem o dente (Joiner & Luo, 2017).

Esta pigmentação pode ocorrer devido a diversos fatores, nomeadamente: a idade (uma vez que com o passar dos anos há desgaste do esmalte, ocorrendo conseqüentemente a exposição da dentina); elevados níveis de fluor; cárie dentária; hemorragia intrapulpar; distúrbios no desenvolvimento, antes da erupção do dente; icterícia na infância ou medicação com tetraciclinas (Hilton et al., 2013; Carey, 2014; Karaarslan et al., 2018).

É de grande importância analisar as causas da pigmentação, de forma a prever de que maneira a técnica de branqueamento dentário poderá melhorar a cor dentária, sendo que alguns pigmentos respondem melhor ao tratamento do que outros. Desta forma, a

pigmentação amarelada resultante do envelhecimento, responde com brevidade ao branqueamento dentário; já a pigmentação azul-acinzentada, resultante das tetraciclinas, raramente é removida por completo. Os dentes pigmentados pelo tabaco e pelo café são os que apresentam uma resposta mais rápida ao branqueamento. As lesões *white-spots* não são possíveis de remover através do branqueamento dentário, no entanto podem-se tornar menos perceptíveis, visto que a restante parte do dente torna-se mais clara (Hilton et al., 2013).

4. Branqueamento Dentário

4.1. Definição de Branqueamento Dentário

O branqueamento dentário, praticado em medicina dentária desde o século XIX, constitui um método conservador e eficaz, tendo como objetivo tornar os dentes descolorados em dentes mais brancos (Junior et al., 2018; Perdigão, 2016).

Para que haja sucesso ao realizar um branqueamento dentário, é fulcral que o médico dentista tenha conhecimento relativamente ao fator etiológico que levou ao escurecimento da estrutura dentária e que saiba dominar os materiais branqueadores, as suas técnicas e os seus efeitos sobre os tecidos dentários (Francci et al., 2010).

4.2. Agentes Branqueadores

Os agentes branqueadores são constituídos tanto por elementos ativos, como por elementos inativos. Dos elementos ativos destacam-se o peróxido de hidrogénio e o peróxido de carbamida; dos elementos inativos fazem parte os agentes espessantes, transportadores, conservantes, aromatizantes, surfactantes e dispersores de pigmento (Alqahtani, 2014).

4.2.1. Elementos ativos

4.2.1.1. Peróxido de Hidrogénio

O peróxido de hidrogénio ($H_2 O_2$) consiste num líquido incolor, com uma viscosidade superior à da água e com uma massa molar de 34,01 g/mol. Devido ao seu baixo peso molecular, apresenta a capacidade de penetrar na dentina, libertar oxigénio e

quebrar ligações duplas que existem nos compostos inorgânicos e orgânicos dos túbulos dentinários (Kwon & Wertz, 2015; Karaarslan et al., 2018).

O peróxido de hidrogénio constitui o princípio ativo de qualquer material de branqueamento, no entanto, comercialmente, nem sempre se apresenta nesta forma (Francci et al., 2010).

4.2.1.2. Peróxido de Carbamida

O peróxido de carbamida ($\text{CH}_6 \text{N}_2 \text{O}_3$) consiste num composto cristalino branco orgânico, constituído por peróxido de hidrogénio e ureia. Em contacto com a estrutura dentária, dissocia-se nos elementos que fazem parte da sua composição, sendo o peróxido de hidrogénio o elemento ativo. Por sua vez, o peróxido de hidrogénio é degradado em água e a ureia é degradada em dióxido de carbono e amónia (Bellan et al., 2011; Kwon & Wertz, 2015; Redha et al., 2019).

Quando se aplica uma solução de 10% de peróxido de carbamida na estrutura dentária, esta é decomposta em 3,5% de peróxido de hidrogénio e 6,5% de ureia. Desta forma, é possível justificar a razão pela qual as concentrações das soluções de branqueamento dentário com peróxido de carbamida, serem três vezes superiores às concentrações de branqueamento dentário com peróxido de hidrogénio (Hilton et al., 2013).

A ureia, que é um dos subprodutos da decomposição do peróxido de carbamida, pode contribuir para a retardação do aparecimento da cárie dentária, uma vez que leva a um aumento do pH da cavidade oral (Hilton et al., 2013).

4.2.2. Elementos Inativos

4.2.2.1. Agentes espessantes

Dos agentes espessantes existentes, o que é usado mais frequentemente é o carbopol (carboxipolimetileno), sendo que a sua concentração varia entre 0,5% a 1,5%. Este consiste num polímero de ácido poliacrílico de elevado peso molecular, tendo a capacidade de aumentar a viscosidade dos materiais de branqueamento permitindo, conseqüentemente, uma melhor retenção do gel na moldeira. Apresenta também a

capacidade de aumentar o tempo de liberação de oxigênio até quatro vezes (Alqahtani, 2014).

4.2.2.2.Conservantes

As substâncias conservantes mais comumente utilizadas são o benzoato de sódio, metil e propilparabeno, sendo que têm a capacidade de impedir o crescimento bacteriano nos materiais de branqueamento e acelerar a quebra do peróxido de hidrogênio, através da liberação de metais como o magnésio, cobre e ferro (Alqahtani, 2014).

4.2.2.3.Aromatizantes

Os aromatizantes são utilizados com o intuito de melhorar o sabor e a aceitação por parte do consumidor, relativamente aos materiais branqueadores, podendo-se utilizar os seguintes: hortelã-pimenta; hortelã, anis, sassafrás, sacarina e verde-inverno (Alqahtani, 2014).

4.2.2.4.Surfactantes e Dispersores de pigmento

O surfactante atua como humidificador da superfície dentária, permitindo que o princípio ativo dos materiais de branqueamento se difunda. Já os dispersores de pigmento, permitem que os pigmentos permaneçam no gel de branqueamento em suspensão (Alqahtani, 2014).

4.2.2.5.Transportadores

A glicerina e o propilenoglicol são os transportadores mais utilizados (Alqahtani, 2014).

4.3.Mecanismo de Ação

Os constituintes responsáveis pela cor da estrutura dentária correspondem a compostos orgânicos, os cromóforos, que apresentam coloração, sendo constituídos por ligações duplas conjugadas e estando presentes tanto no esmalte, como na dentina. O mecanismo de branqueamento dentário ocorre através da oxidação dessas mesmas

moléculas em compostos incolores, havendo a destruição de uma ou mais ligações duplas dentro deste sistema conjugado (Carey, 2014; Kwon & Wertz, 2015).

Este mecanismo pode dividir-se em três fases: movimento do agente branqueador na estrutura dentária (difusão), interação do agente branqueador com as moléculas responsáveis pela cor dentária e alteração da superfície dentária, de forma alterar as suas propriedades óticas (Kwon & Wertz, 2015).

4.3.1. Difusão

O branqueamento dentário enquadra-se no mecanismo em que o agente branqueador, o peróxido de hidrogénio (H_2O_2), também possível de obter a partir do peróxido de carbamida ($CH_6N_2O_3$), apresenta a capacidade de penetrar no esmalte e na dentina (devido ao seu baixo peso molecular) e de interagir com os cromóforos orgânicos. Este fenómeno de penetração do agente branqueador, ocorre devido aos tecidos dentários atuarem como membranas semipermeáveis permitindo, deste modo, a passagem de fluídos nos espaços interprismáticos e nos túbulos dentinários (Carey, 2014; Kwon & Wertz, 2015; Perdigão, 2016; Mushashe et al., 2018).

4.3.2. Interação

Posteriormente à fase de difusão, dá-se o processo de interação entre o peróxido de hidrogénio, através dos radicais livres de oxigénio com os cromóforos orgânicos (Kwon & Wertz, 2015).

O peróxido de hidrogénio ao difundir-se na estrutura dentária dissocia-se, originando o anião perhidroxil (HO_2^-) e radicais livres instáveis, nomeadamente: aniões perhidroxil (HOO^-), aniões superóxido ($OO^{\cdot-}$), radicais hidroxilo (OH^{\cdot}) e radicais perhidroxil (HOO^{\cdot}) (Alqahtani, 2014).

Quando os radicais livres encontram cromóforos orgânicos, quebram as ligações duplas que os mesmos apresentam, convertendo deste modo, as suas cadeias em estruturas mais simples (Kwon & Wertz, 2015).

Estas reações levam à produção de estruturas mais simples, de baixo peso molecular e hidrófilas, tornando os produtos resultantes mais fáceis de remover num meio aquoso (Francci et al., 2010; Kwon & Wertz, 2015).

4.3.3. Alteração da Superfície Dentária e das Propriedades Óticas

A quebra das ligações duplas dos cromóforos por parte dos radicais livres, leva à formação de moléculas de menor dimensão e com menor aparência de pigmentações, ocorrendo, conseqüentemente, uma mudança no espectro de absorção dos cromóforos e uma alteração nas suas propriedades óticas (Alqahtani, 2014; Kwon & Wertz, 2015).

As alterações que ocorrem no esmalte são atribuídas a alterações micromorfológicas na sua camada mais superficial, devido à oxidação, desmineralização e desprotonação. Porém, há uma alteração na sua densidade, tornando conseqüentemente a distribuição dos cristais menos compacta, podendo haver um aumento no seu índice de refração (Perdigão, 2016).

4.4. Técnicas de Branqueamento Dentário

Existem inúmeras e diversas técnicas de branqueamento dentário, sendo que se podem distinguir técnicas de branqueamento dentário em dentes vitais e técnicas de branqueamento dentário em dentes não vitais (Alqahtani, 2014; Hilton et al., 2013; Mushashe et al., 2018).

Relativamente ao branqueamento de dentes vitais, podem referenciar-se três técnicas: branqueamento em consultório (branqueamento *In-Office*), branqueamento em ambulatório (branqueamento *At-Home*) e branqueamento através de produtos de venda livre (*Over the Counter*). Nesta última técnica, os materiais de branqueamento são comercializados e aplicados sem instrução e acompanhamento do médico dentista (Francci et al., 2010; Hilton et al., 2013).

Relativamente ao branqueamento de dentes não vitais, os procedimentos podem-se distribuir em duas técnicas: branqueamento interno e branqueamento externo. Pode também optar-se pela combinação de ambas as técnicas. Na maior parte das vezes, os dentes não vitais que requerem branqueamento dentário, são aqueles que possuem tratamento endodôntico e que são suscetíveis à descoloração por produtos sanguíneos originados por trauma, pelo próprio tratamento endodôntico ou por tecido necrótico não removido na câmara pulpar (Hilton et al., 2013).

4.4.1. Branqueamento Dentário em Dentes Vitais

4.4.1.1. Em Consultório (*In-Office*)

Nesta técnica de branqueamento, o agente branqueador é aplicado pelo médico dentista, sendo que este apresenta um controlo total durante todo o procedimento, cabendo-lhe parar a aplicação quando a cor dentária desejada já foi alcançada (Alqahtani, 2014).

Apesar da incidência de branqueamento em consultório ser menor do que em ambulatório, em situações em que os pacientes manifestam alguma contraindicação para a aplicação de moldeiras de branqueamento, como é o caso da retração gengival ou doença gástrica, a técnica de branqueamento em consultório demonstra-se uma técnica útil. Os dentes não devem de ser anestesiados neste procedimento, de forma a permitir o controlo do número de aplicações por consulta e algum desconforto no decorrer do tratamento (Hilton et al., 2013; Rodrigues et al., 2018).

Os dentes expostos ao tratamento devem ser isolados com um dique de borracha, de forma a que haja proteção dos tecidos moles e retração gengival. Pode também optar-se pela colocação de uma resina fluida fotopolimerizável nos tecidos gengivais que circundam os dentes, promovendo desta forma uma barreira protetora, que é de fácil remoção (Heymann et al., 2013; Hilton et al., 2013).

Os tratamentos ocorrem semanalmente entre dois a seis procedimentos, tendo cada um deles a duração de 30 a 45 minutos. Os pacientes podem apresentar sensibilidade dentária transitória, não tendo sido notificado nenhum efeito adverso a longo prazo, em dentes que apresentam uma polpa saudável (Heymann et al., 2013).

Nos branqueamentos realizados em consultório, parte do branqueamento que é observado é temporário, uma vez que resulta da desidratação dentária devido à técnica de isolamento. Desta forma, o efeito do branqueamento deve apenas ser avaliado 1 a 2 semanas após a sua realização, de forma a haver rehidratação dentária (Hilton et al., 2013).

4.4.1.2. Em Ambulatório (*At-Home*)

A técnica de branqueamento em ambulatório, implica o uso de uma moldeira com a forma da arcada e o agente branqueador é aplicado pelo próprio utilizador. A mesma

deverá ser utilizada durante o dia ou noite, segundo um determinado período de tempo definido pelo fabricante (Carey, 2014; Hilton et al., 2013).

Esta técnica apresenta vantagens relativamente à técnica em consultório, visto que o seu custo é menor e não requer que o paciente se desloque ao consultório, sendo administrada pelo mesmo. No entanto, requer que haja uma forte adesão por parte do paciente, uma vez que a mudança na cor dos dentes depende da sua iniciativa na utilização do material branqueador, podendo os resultados não ser os ideais se o agente branqueador não atuar com regularidade. Já o seu uso excessivo por parte do paciente, pode causar sensibilidade dentária, visto que o material branqueador atua por um período de tempo superior ao necessário, para se alcançar o máximo efeito branqueador (Hilton et al., 2013; Alqahtani, 2014).

Embora haja supervisão por parte do médico dentista, maior parte do tratamento ocorre em ambulatório, sendo por isso essencial que o paciente tenha conhecimento dos ajustes apropriados que se pode fazer no protocolo, nomeadamente, a descontinuidade do procedimento, se existirem sinais de sensibilidade dentária durante o período de um ou dois dias (Hilton et al., 2013).

4.4.1.3. Combinação de *In-Office* com *At-Home*

A combinação da técnica de branqueamento em consultório (*In-Office*) com em ambulatório (*At-Home*), sugere uma associação entre os procedimentos em consultório com os procedimentos em ambulatório. Com o intuito de se acelerar o processo de branqueamento, por vezes recorre-se a esta técnica uma vez que, para se obter os resultados pretendidos é necessário mais do que uma sessão de branqueamento em consultório e o tempo entre as sessões de branqueamento pode ser superior a uma semana (Rodrigues et al., 2018).

A literatura permitiu demonstrar que não existem diferenças no resultado final do branqueamento, entre o branqueamento *At-Home* e a combinação de *In-office* e *At-Home* (Hilton et al., 2013; Rodrigues et al., 2018).

4.4.1.4. Produtos de Venda Livre (OTC)

A sociedade tem vindo a exercer uma crescente pressão social por padrões específicos de beleza. Consequentemente, o número de produtos de branqueamento, tais

como soluções para bochechar, pastas dentárias ou pastilhas para mastigar, também têm vindo a aumentar no mercado. A concentração de peróxido de hidrogénio, se presente nestes produtos, é muito baixa, devendo ser inferior a 0,1%. Consequentemente, devido à baixa percentagem de peróxido de hidrogénio, há um comprometimento do potencial branqueador neste tipo de produtos (Francci et al., 2010).

Os produtos de venda livre não apresentam acompanhamento nem orientação por parte do médico dentista, podendo assim trazer várias consequências, tais como, um comprometimento da resistência adesiva de restaurações dentárias, possíveis alterações morfológicas no esmalte e uma maior abrasividade (Francci et al., 2010).

4.4.2. Branqueamento Dentário em Dentes Não Vitais

4.4.2.1. Branqueamento Interno

O branqueamento de dentes não vitais é normalmente necessário em dentes que receberam tratamento endodôntico, sendo o branqueamento interno a técnica mais utilizada. Neste tipo de técnica, o médico dentista acede à câmara pulpar através da abertura de acesso e remove *gutta-percha* 2 mm abaixo da junção cimento-esmalte. Posteriormente, o agente branqueador é introduzido nessa mesma secção, devendo-se repetir o procedimento até o resultado de branqueamento pretendido ser alcançado (Hilton et al., 2013; Alqahtani, 2014; Greenwall-Cohen & Greenwall, 2019).

4.4.2.2. Branqueamento Externo

O branqueamento de dentes não vitais também pode ser realizado através de um branqueamento externo, ou seja, através de uma moldeira de branqueamento executada por um médico dentista, que deve inicialmente cobrir os dentes todos. Desta forma, o paciente deverá aplicar o agente branqueador externamente, na parte da moldeira correspondente ao dente que irá ser branqueado, removendo posteriormente os excessos que possam ter extrapassado para os dentes adjacentes. Os dentes adjacentes ao dente que será submetido ao branqueamento dentário também podem ser removidos da moldeira, de forma a que, ao extravasar material branqueador, este possa ser mais facilmente removido, evitando-se o branqueamento dos restantes dentes (Hilton et al., 2013; Alqahtani, 2014; Greenwall-Cohen & Greenwall, 2019).

4.4.2.3. Branqueamento Interno-Externo

O branqueamento interno-externo requer a combinação da técnica de branqueamento interno com a de branqueamento externo. Nesta técnica, a câmara pulpar é deixada aberta, permitindo que o paciente coloque o agente branqueador no seu interior e, em simultâneo, aplique o mesmo externamente, com o recurso a uma moldeira de branqueamento. Esta técnica permite reduzir o tempo de branqueamento até metade. Uma modificação desta técnica, que acaba por ser mais prática, consiste na aplicação do agente branqueador por parte do médico dentista no interior da câmara pulpar, seguida do selamento da mesma, sendo que o paciente apenas será responsável pelo branqueamento externo realizado em casa através do uso de uma moldeira (Hilton et al., 2013; Greenwall-Cohen & Greenwall, 2019).

4.5. Indicações para o Branqueamento

A principal indicação para a realização de um branqueamento dentário é a insatisfação sentida por parte do paciente, relativamente à cor dos seus dentes. Com o objetivo de melhorar a cor dentária, o branqueamento pode ser uma técnica mais conservadora, ao invés de restaurações em resina composta, facetas de cerâmica ou até mesmo coroas, apresentando resultados bastante satisfatórios. Caso se opte pela colocação de facetas em cerâmica ou resina composta, se os dentes forem branqueados, estas vão tornar-se mais translúcidas e claras, sendo possível obter uma aparência mais natural do dente reabilitado (Hilton et al., 2013).

Outra indicação do branqueamento dentário é a possibilidade de conservar as coroas já existentes, visto que se estas forem mais claras é possível devolver aos dentes naturais uma tonalidade mais semelhante (Hilton et al., 2013).

4.6. Contraindicações para o Branqueamento

O branqueamento dentário é um procedimento seguro e eficaz, possibilitando uma melhoria da coloração dentária e conseqüentemente uma melhor aparência estética. No entanto, nem todos os pigmentos dentários ou colorações existentes requerem a realização deste mesmo tratamento, podendo pigmentações extrínsecas e superficiais ser removidas

através da realização de um polimento ou através de uma borracha e pasta profilática (Hilton et al., 2013).

As contraindicações relativamente ao branqueamento dentário são escassas, no entanto, podemos destacar as seguintes: falta de cooperação por parte do paciente; expectativas irrealistas por parte do paciente; tratamento com restaurações dentárias extensas e bem adaptadas; intolerância ao sabor ou método de aplicação por parte do paciente; crianças com uma polpa dentária de elevado tamanho e dentes que apresentem fraturas ou uma perda severa de esmalte, visto que pode levar a problemas de sensibilidade dentária (Hilton et al., 2013).

É recomendado que o procedimento de branqueamento dentário seja evitado por parte das grávidas, apesar de não haver evidência científica de que o branqueamento seja prejudicial para o feto (Hilton et al., 2013).

Dentes com hipersensibilidade dentária apresentam um prognóstico reservado relativamente ao branqueamento dentário, visto que o agente branqueador pode provocar alguma sensibilidade, mesmo em situações normais. Também requerem especial atenção dentes que apresentem o bordo incisal translúcido (tende-se a tornar ainda mais translúcido após o branqueamento), *white-spots*, lesões de cárie, recessões gengivais, dentes com exposição radicular e pacientes que apresentem disfunções temporomandibulares (Hilton et al., 2013).

4.7.Fatores que influenciam o Branqueamento

4.7.1. Profilaxia da Superfície Dentária

A profilaxia do esmalte permite uma remoção dos detritos existentes na superfície, tornando possível distinguir a pigmentação intrínseca da pigmentação extrínseca. Esta contribui também para um maior contacto do agente branqueador com a superfície dentária (Hilton et al., 2013).

4.7.2. Concentração do Agente Branqueador

Quanto maior a concentração do agente branqueador, mais rápido será o seu efeito. No entanto, essa relação apenas ocorre até um determinado ponto, uma vez que o efeito do branqueamento não é diretamente proporcional à sua concentração, na medida

em que, se aumentarmos a concentração para o dobro não é proporcionado o dobro do efeito do agente branqueador. Ao atingir o máximo efeito de branqueamento, a concentração adicional apenas irá contribuir para um aumento significativo da sensibilidade dentária (Hilton et al., 2013).

4.7.3. Temperatura

Ao aumentar a temperatura da solução de branqueamento de forma controlada, visto que a estrutura dentária apresenta intolerância a temperaturas elevadas, a taxa de libertação de oxigénio e a taxa da reação química tornam-se mais rápidas (Hilton et al., 2013).

4.7.4. pH

O pH que o agente branqueador apresenta, pode influenciar o seu efeito na estrutura dentária. As lesões de cárie presentes no esmalte iniciam-se perante um pH inferior a 5,5; já as cáries presentes na dentina iniciam-se quando o pH é inferior a 6,8. Certos materiais de branqueamento que apresentam um pH inferior aos acima mencionados, podem causar alterações na superfície dentária e levar ao aparecimento de lesões de cárie. Agentes branqueadores com peróxido de carbamida apresentam um pH de aproximadamente 7, sendo que a sua dissociação em peróxido de hidrogénio e ureia permite uma estabilização do pH da cavidade oral, devido ao efeito da ureia. Desta forma, é possível retardar a atividade cariogénica através do branqueamento dentário (Hilton et al., 2013; Kwon & Wertz, 2015).

4.7.5. Tempo

O efeito branqueador encontra-se diretamente relacionado com o tempo de exposição do agente branqueador à estrutura dentária, ou seja, quando maior for o tempo de exposição do mesmo, maior será o efeito branqueador, até o seu exponencial ser atingido. No entanto, quanto maior o tempo de exposição do agente à estrutura, maior a probabilidade de surgir sensibilidade dentária (Hilton et al., 2013).

A porção mais superficial do esmalte encontra-se mais suscetível ao branqueamento do que a dentina, visto que a semivida dos radicais livres de oxigénio nos

sistemas biológicos é de alguns microssegundos, sendo a sua difusão à volta de 100 µm na estrutura dentária. Desta forma, a difusão é um processo osmótico tempo-dependente, sendo que a quantidade de peróxido de hidrogénio (princípio ativo) que é transportado ao longo do esmalte, acaba também por ser determinada em função do tempo de aplicação do agente branqueador (Francci et al., 2010).

4.7.6. Aditivos

Os agentes de branqueamento podem conter aditivos que possibilitam a alteração das suas características e uma maior aceitação por parte dos pacientes. Podem ser adicionados líquidos aos agentes branqueadores, de forma a que se forme um gel, permitindo assim uma maior segurança na sua utilização e uma manipulação mais fácil. Também podem ser adicionados agentes espessantes e viscosos, bases, veículos de transporte, sabores e aromatizantes, que podem levar tanto a respostas positivas, como causar reações adversas em certos pacientes (Hilton et al., 2013).

No agente branqueador peróxido de carbamida, o carbopol constitui o aditivo mais significativo. A sua adição tem o intuito de aumentar a viscosidade do material branqueador e prolongar a libertação de peróxido de hidrogénio (Hilton et al., 2013).

4.7.7. Fontes de Luz

Muitas vezes com o intuito de se acelerar o efeito do branqueamento dentário, são associadas fontes luminosas como, díodos emissores de luz (LED), *laser*, arco de plasma e luz halógena, sendo que apenas são aplicadas durante o procedimento em consultório. As fontes luminosas permitem um aceleração da reação de oxidação e conseqüentemente, a libertação dos radicais livres de oxigénio durante o processo de branqueamento dentário. Porém, no mercado, muitas vezes são apresentadas fontes luminosas com a finalidade de ativar a ação do agente branqueador ou potenciar o seu efeito, sendo que estes termos são apresentados de forma errada, visto que o agente branqueador atua nas estruturas dentárias mineralizadas branqueando-as, independentemente do uso de uma fonte luminosa (Francci et al., 2010; Hilton et al., 2013; Maran et al., 2019).

4.8.Riscos associados ao Branqueamento Dentário

Os riscos associados ao branqueamento dentário são o aumento da sensibilidade dentária e possível irritação gengival. Estes efeitos adversos possíveis de ocorrer, estão intimamente relacionados com a concentração do agente branqueador, a duração do procedimento de branqueamento e com os constituintes dos produtos de branqueamento (Carey, 2014).

Os produtos de venda livre, que não possuem nenhuma orientação ou acompanhamento do médico dentista, também podem apresentar certos riscos na sua utilização, nomeadamente, alterações morfológicas no esmalte, aumento da suscetibilidade à desmineralização, erosão ou abrasão dentária (Francci et al., 2010; Carey, 2014).

O branqueamento com peróxido de hidrogénio e peróxido de carbamida é considerado seguro e eficaz, se for utilizado de acordo com as indicações e instruções do fabricante. No entanto, existem riscos associados como em todos os procedimentos realizados na prática de medicina dentária, devendo haver uma adaptação das práticas realizadas em cada paciente, tendo em conta as suas condições intraorais. É de extrema relevância que o médico dentista informe o paciente dos riscos associados ao procedimento que irá realizar, pois apesar de ser monitorizado por um médico dentista, grande parte do processo de branqueamento pode ser realizado em ambulatório. Desta forma, o paciente deve ter conhecimento dos riscos que podem ocorrer e deve ser ensinado a identificar possíveis efeitos adversos do branqueamento, tendo a capacidade de determinar se precisa ou não de ajuda profissional (Hilton et al., 2013; Carey, 2014).

A realização de um branqueamento dentário bem planeado e monitorizado por um médico dentista, permite reduzir os seus potenciais riscos e otimizar os benefícios deste procedimento (Carey, 2014).

4.9.Legislação aplicada ao Branqueamento Dentário

De acordo com a Diretiva 2011/84/EU do Conselho da OMD, existem novas diretrizes para a aplicação de materiais que contenham peróxido de hidrogénio, ou até mesmo, outros produtos que se possam dissociar em peróxido de hidrogénio. As novas diretrizes, defendem que os materiais de branqueamento dentário são classificados como produtos cosméticos pela Comissão Europeia, não sendo considerados dispositivos de

uso médico. Desta forma, todos os materiais que contenham na sua composição peróxido de hidrogénio, estão sujeitos a uma regulamentação específica de aplicação (OMD, 2013).

Materiais que contenham na sua composição entre 0,1% a 6% de peróxido de hidrogénio, podem ser comercializados a médicos dentistas ou estomatologistas, sendo que o seu primeiro contacto ou utilização por parte do paciente, apenas pode ocorrer no consultório de medicina dentária ou em ambiente de clínica. A sua aplicação nestas concentrações deve ser realizada por um médico dentista e pode ser continuada em ambulatório, se houver monitorização médica. Estes procedimentos encontram-se contraindicados em pacientes que apresentam uma idade inferior a 18 anos (OMD, 2013).

Os materiais que contêm peróxido de hidrogénio na sua composição, numa percentagem inferior a 0,1%, são considerados produtos de venda livre e encontram-se disponíveis para ser comercializados sob a monitorização do INFARMED (Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde, I.P.). Desta forma, estes produtos devem estar de acordo com as condições de rotulagem respeitante aos produtos cosméticos, sendo necessário conter a função do produto, modo de utilização, indicação das precauções da sua utilização e os ingredientes constituintes (OMD, 2013).

Materiais que contenham na sua composição uma percentagem de peróxido de hidrogénio superior a 6%, não apresentam uma comercialização autorizada. Deste modo, não se encontram disponíveis no mercado e não podem ser utilizados por médicos dentistas ou outros profissionais (OMD, 2013).

Em Portugal e em toda a União Europeia, a concentração máxima de um material de branqueador é de 6% relativamente ao peróxido de hidrogénio e de 16,62% relativamente ao peróxido de carbamida, sendo que 1% de peróxido de hidrogénio corresponde a 2,77% de peróxido de carbamida (OMD, 2013).

5. Adesão Dentária após Branqueamento Dentário

Na adesão à superfície dentária, deve haver um contacto íntimo entre o adesivo e o substrato, sendo que o substrato corresponde ao esmalte ou à dentina. Também é importante que a energia de superfície do substrato seja superior à tensão superficial do adesivo. A adesão dentária pode ser realizada através de quatro mecanismos, sendo eles os seguintes: adesão mecânica, na qual existe a penetração do adesivo nos tubúlos dentinários e a formação de *resin tags*; adesão por adsorção, através da ligação entre o

adesivo e os componentes inorgânicos (hidroxiapatite) ou orgânicos (colagénio tipo I); adesão por difusão, através da ligação mecânica ou química do adesivo a substâncias superficiais precipitadas, presentes na estrutura dentária; e por fim, adesão por combinação destes três mecanismos acima referidos (Heymann et al., 2013).

A adesão dentária é influenciada pela rugosidade superficial do substrato, pela viscosidade do adesivo e pela durabilidade e mudança dimensional durante a sua fixação (Hilton et al., 2013).

Diversos estudos demonstram que os agentes branqueadores, como o peróxido de hidrogénio e peróxido de carbamida, afetam negativamente a resistência adesiva das restaurações à superfície do esmalte. Tal fator deve-se ao facto de durante o branqueamento dentário, os radicais livres de oxigénio residual, resultantes da dissociação do peróxido de hidrogénio, permanecerem na superfície dentária, ocorrendo desta forma uma polimerização incompleta do sistema adesivo (Dabas et al., 2011; Alqahtani, 2014; Vohra & Kasah, 2014; De Carvalho et al., 2016).

Os radicais hidroxilo da rede de cristais de hidroxiapatite, durante o branqueamento dentário são substituídos por iões peróxido, resultando na formação de peróxido de apatite. Após um período de espera de 1 a 3 semanas, os iões peróxido são decompostos e os radicais hidroxilo anteriormente substituídos, reentram na rede de cristais de hidroxiapatite. Desta forma, é fulcral um tempo de espera até se realizar um procedimento restaurador, tendo em conta que a diminuição da resistência adesiva se tem demonstrado como temporária. No entanto, este tempo de espera não é desejável, visto que impede a reabilitação clínica imediata com os procedimentos restauradores (Nair et al., 2019; Rana et al., 2019).

6. Estabilidade da Cor

Um aumento da consciencialização e a busca por tratamentos estéticos por parte dos pacientes, tem vindo a demonstrar que a técnica de branqueamento dentário é um procedimento seguro, frequente na prática clínica e económico (Feiz et al., 2017; Taneja et al., 2018).

O esmalte dentário sujeito a branqueamento, comparativamente ao esmalte não branqueado, pode encontrar-se mais suscetível à coloração, visto que o agente branqueador gera alterações na superfície do mesmo, nomeadamente, um aumento da rugosidade dentária e conseqüentemente uma maior adesão dos corantes à superfície,

acabando por haver uma maior suscetibilidade para a alteração da cor, ou seja, uma menor estabilidade da cor (Monteiro et al., 2017).

Atualmente não existe concordância relativamente ao tempo necessário que o paciente necessita de esperar, até ao consumo de alimentos que contenham corantes alimentares, que afetam o sucesso do branqueamento dentário. Nesses alimentos que contêm corantes, podemos incluir bebidas como refrigerantes, chá, vinho tinto, café, entre outros. No entanto, é importante ter em conta, que o tabaco e o uso de determinados fármacos, também podem ter um impacto negativo no branqueamento (Taneja et al., 2018; Pirolo et al., 2014).

Após o branqueamento dentário, a proibição de ingestão de alimentos com corantes alimentares é impraticável para maior parte dos pacientes e a determinação concreta do tempo necessário, até ao seu consumo, é desconhecida. Deste modo, tem-se vindo a pensar numa forma de evitar o insucesso do branqueamento dentário, com a realização de um tratamento de superfície com antioxidantes e agentes remineralizantes, de forma a reduzir-se a captação de pigmentos e aumentar a estabilidade da cor (Pirolo et al., 2014; Taneja et al., 2018).

Um dos fatores também de grande relevância, que pode afetar a eficácia e a estabilidade da cor do branqueamento dentário é a tonalidade inicial que os dentes apresentam. Dentes com uma tonalidade mais escura, requerem maior tempo de branqueamento, sendo que a estabilidade da cor acabará então por ser afetada pelo tempo de atuação do agente branqueador (Aka & Celik, 2017).

7. Agentes Antioxidantes e Remineralizantes

No que toca à adesão dentária, os antioxidantes como o ascorbato de sódio, o chá verde, o aloe vera, o extrato de semente de uva, o tocoferol, a catalase, o bicarbonato de sódio, o etanol e a acetona, têm vindo a ser estudados como reversores do efeito adverso temporário do branqueamento, de forma a tornar os procedimentos restauradores viáveis, após branqueamento dentário. Os agentes antioxidantes apresentam a capacidade de neutralizar os radicais livres de oxigénio gerados e têm o potencial de reagir em diferentes fases da sua formação. Desta forma, quando utilizados depois do branqueamento e antes da restauração, os antioxidantes têm a capacidade de restabelecer a resistência adesiva comprometida do esmalte dentário (Kadiyala et al., 2015; De Carvalho et al., 2016; Manoharan et al., 2016; Alhasyimi et al., 2018; Bansal et al., 2019; Rana et al., 2019).

No que toca à estabilidade da cor, recentemente, alguns agentes antioxidantes e agentes remineralizantes têm vindo a ser estudados como reversores da ineficácia do branqueamento dentário, através da possível diminuição da captação de pigmentos, causada pelo aumento da rugosidade da superfície dentária devido ao agente branqueador. Também tem sido estudada a adição de agentes remineralizantes ao agente branqueador, com o intuito de haver uma diminuição das alterações ocorrentes na estrutura dentária e, conseqüentemente uma menor rugosidade e captação de pigmentos, após branqueamento (Taneja et al., 2018; Torres et al., 2019).

Os agentes antioxidantes apresentam um curto prazo de validade, podendo ser facilmente modificados pelas condições de armazenamento, nomeadamente, a temperatura e exposição solar (Garcia et al., 2012).

7.1. Tipos de Agentes Antioxidantes

7.1.1. Ascorbato de Sódio

O ascorbato de sódio, que é um derivado do ácido ascórbico e normalmente conhecido por vitamina C, apresenta um pH neutro e tem vindo a ser relatado na literatura como um potente antioxidante, visto que apresenta a capacidade de neutralizar o oxigénio residual, permitindo a polimerização da resina composta sem a presença de radicais livres. Não sendo um antioxidante tóxico, é dubitável que possa vir a desenvolver problemas a nível sistémico, ou até mesmo local (Nair et al., 2019; Rana et al., 2019).

Alguns estudos referem que apresenta um reduzido prazo de validade devido ao facto de oxidar com o passar do tempo, acabando por perder a sua capacidade redutora (Muraguchi et al., 2007; Miranda et al., 2013).

7.1.2. Extrato de Semente de Uva

O interesse pelos antioxidantes de origem vegetal tem vindo a aumentar com o passar do tempo, sendo que o extrato de semente de uva tem sido um deles. Este contém 98% de complexos de proantocianidinas oligoméricas (OPCs) que, através do seu grupo hidroxilo, ligam-se aos radicais livres neutralizando-os; conseqüentemente, há um aumento da resistência de adesão, quando se pretende realizar um processo restaurador,

após branqueamento dentário, diminuindo-se assim os efeitos deletéricos do mesmo (Vidhya et al., 2011; Subramonian et al., 2015; Rana et al., 2019; Taneja et al., 2018).

As proantocianidinas oligoméricas aumentam também a produção de colagénio, diminuem a deterioração da sua matriz e transformam colagénio insolúvel em colagénio solúvel. Também podem aumentar a resistência mecânica e o módulo de elasticidade da dentina desmineralizada, quando a solução de extrato de semente de uva é de 6,5% (Taneja et al., 2018).

O ácido gálico presente no extrato de semente de uva afeta o processo de remineralização dentária, promovendo a deposição mineral através da interação do colagénio, mantendo a matriz de colagénio exposta (Taneja et al., 2018).

7.2. Tipos de Agentes Remineralizantes

7.2.1. Fosfossilicato de Cálcio e Sódio

O fosfossilicato de cálcio e sódio consiste num vidro bioativo que quando exposto a fluidos corporais leva a um aumento de pH e conseqüentemente, a uma deposição de cristais de hidroxicarbonato, um mineral análogo dos cristais de hidroxiapatite. Desta forma, este composto inorgânico constituído por elementos como o silício, cálcio, sódio e fósforo, contribui para o processo de remineralização da estrutura dentária (Taneja et al., 2018; Chaudhary et al., 2017).

7.2.2. Gluconato de Cálcio

A sua adição ao agente branqueador leva a um aumento da saturação do agente e uma menor perda mineral, permitindo assim ultrapassar os efeitos indesejáveis do branqueamento dentário. Também apresenta efeitos benéficos na microdureza do esmalte (Torres et al., 2019).

Especula-se que a sua adição ao agente branqueador interfira na sua difusão no esmalte e dentina, diminuindo desta forma o efeito do branqueamento (Torres et al., 2019).

7.2.3. Fluoreto de Sódio

O uso do fluoreto juntamente com o agente branqueador, contribui para a criação de depósitos de fluoreto de cálcio na superfície do esmalte, aumentando a incorporação desses mesmos íons durante a remineralização dentária (Torres et al., 2019).

Também se especula que a sua adição interfira na difusão do agente branqueador (Torres et al., 2019).

8. Avaliação da Estabilidade da Cor

A determinação da cor dentária pode ser realizada através do método visual, sendo necessário recorrer a escalas de cor standardizadas. De forma a eliminar a subjetividade do método visual, nomeadamente, a sensibilidade do operador, condições de luz do meio envolvente, translucidez e tipo de superfície do objeto, surgiram dispositivos eletrónicos capazes de determinar a cor dentária, podendo-se destacar os seguintes: colorímetros; espectrofotómetros; espectro-radiómetros e a combinação destes. Os mais utilizados são o espectrofotómetro e o colorímetro (Lehmann et al., 2010; Lagouvardos et al., 2009).

O espectrofotómetro avalia a intensidade da luz refletida em todos os comprimentos de onda no espectro da luz visível; já o colorímetro avalia nos comprimentos de onda correspondentes ao espectro vermelho, azul e verde. Desta forma, estes dispositivos permitem uma avaliação da quantidade e composição espectral da luz que é refletida pela superfície do objeto. Os resultados de ambos os dispositivos podem ser expressos através do sistema tridimensional *Commission International de L'Eclairage* (CIE) $L^*a^*b^*$, que é utilizado de forma a ser possível detetar todas as cores que se encontram na gama do espectro visível, através de três coordenadas. A coordenada L^* avalia o valor da cor, ou seja, a sua luminosidade. O seu valor é classificado como 0 perante um preto perfeito e como 100 perante um branco perfeito. A coordenada a^* representa a cromaticidade no verde-vermelho. Perante a presença da cor verde, o valor de a^* é negativo e, se a cor for vermelha, o valor de a^* é positivo. A coordenada b^* representa a cromaticidade no azul-amarelo. Perante a presença da cor azul, o valor de b^* é negativo e, se a cor for amarela, o valor de b^* é positivo (Lagouvardos et al., 2009; Taneja et al., 2018).

Delta E (ΔE^*) refere-se à diferença de cor entre dois objetos, podendo ser usado para determinar a alteração completa da cor de um objeto, através da seguinte fórmula

$\Delta E^*=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2}$. ΔL^* , Δa^* e Δb^* mostram a variação das coordenadas L^* , a^* e b^* (Schmitt et al., 2011; Taneja et al., 2018; Pecho et al., 2016).

Perante valores de ΔE^* superiores a 3,7 podemos verificar que existe uma alteração da cor perceptível. Quando ΔE^* se encontra entre valores de 3,7 e 1, é possível concluir que estamos perante uma alteração da cor clinicamente aceitável. Se ΔE^* inferior a 1, conclui-se que estamos perante uma alteração da cor clinicamente imperceptível (Taneja et al., 2018).

8.1. Espectrofotómetro

Os espectrofotómetros têm a capacidade de medir a quantidade de energia luminosa refletida de um determinado objeto, entre intervalos de 1 a 25 nm, ao longo do espectro do visível. Desta forma, têm vindo a ser muito utilizados em Medicina Dentária como meio de deteção de cor, apresentando uma base de dados incorporada, que associa a cor detetada a cores preestabelecidas pelas escalas de cor comerciais (Joiner & Luo, 2017; Dozic et al., 2010).

De acordo com vários estudos, a deteção da cor através do espectrofotómetro tem mostrado melhores resultados comparativamente à deteção da cor através de escalas comerciais, havendo desta forma uma maior precisão na identificação da cor (Liberato et al., 2018; Joiner & Luo, 2017).

O *SpectroShade™ Micro* (MHT Optic Research, Itália) apresenta sistemas de avaliação de cor mais pormenorizados, como o sistema CIE $L^*a^*b^*$, que é um sistema tridimensional, capaz de determinar a cor exata que um determinado objeto apresenta. Este possui um sistema de câmara digital com tecnologia espectrofotométrica de LED. *In vitro*, a sua fiabilidade encontra-se entre 96,9 % e 96,4%; já a sua precisão varia entre 80,2% e 92,6% (Dozic et al., 2010; Taneja et al., 2018 Kim- Pusateri et al., 2009; Joiner & Luo, 2017).

No entanto, é necessário ter atenção ao uso destes dispositivos visto que, de acordo com alguns estudos, o grau de repetibilidade da correspondência de cor e resultados imprecisos, podem ser influenciados pela luz ambiente, pelo fundo presente atrás dos dentes e pelo embaciamento da lente ótica da câmara (Joiner & Luo, 2017).

Para que haja veracidade nas medições do espectrofotómetro, é necessário que seja realizada uma calibração periódica do mesmo. A calibração é feita através de duas etapas: primeiramente posiciona-se o espectrofotómetro contra o azulejo branco, e posteriormente

contra o azulejo verde. Após a imagem do dente ser capturada, será exibida no ecrã táctil, havendo a possibilidade de ser armazenada num cartão de memória e transferida para o computador (Chu et al., 2010; Johnston, 2009; Kim-Pusateri et al., 2009).

Nos últimos anos, tem-se vindo a estudar uma forma de evitar o insucesso do branqueamento dentário, com a realização de um tratamento de superfície com antioxidantes e agentes remineralizantes, de forma a reduzir a captação de pigmentos e aumentar consequentemente a estabilidade da cor. Assim, torna-se revelante o estudo da variação da cor, recorrendo ao uso de um espectrofotómetro, de forma a se verificar se estes agentes contribuem para a estabilidade da cor (Pirolo et al., 2014; Taneja et al., 2018).

II. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é avaliar *in vitro* a estabilidade da cor de dentes branqueados, após o tratamento de superfície com antioxidantes e agentes remineralizantes.

III. HIPÓTESES DE ESTUDO

Hipótese Nula:

Os antioxidantes e agente remineralizante utilizados não têm influência na estabilidade da cor, em dentes branqueados.

Hipótese Alternativa:

Os antioxidantes e agente remineralizante têm influência na estabilidade da cor, em dentes branqueados.

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta investigação foi submetida à apreciação da Comissão de Ética do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM) (Anexo 1), sendo que se obteve um parecer positivo. O material biológico utilizado nesta investigação é proveniente do Banco de Dentes Humanos da Clínica Universitária Egas Moniz. Cada doação para o Banco de Dentes Humano é efetuada com base num consentimento informado, que autoriza a sua doação e utilização para a realização de estudos executados no Instituto (Anexo 2).

Neste estudo foram utilizados 24 molares hígidos, que foram extraídos por motivos ortodônticos ou periodontais, sendo que logo após extração foram armazenados a 4°C em água destilada (Figura 1).



Figura 1 - Representação de um dente utilizado neste estudo.

De forma a controlar as possíveis variáveis existentes, foram utilizados tanto critérios de inclusão, como de exclusão.

Os critérios de inclusão foram: Dentes molares hígidos, ausência de lesões de cárie dentária e restaurações.

Os critérios de exclusão foram: Presença de lesões de cárie dentária, restaurações, *cracks* ou fissuras no esmalte e historial médico que pudesse influenciar a formação do esmalte.

De seguida, procedeu-se à limpeza dos dentes e à remoção dos restos de tecido orgânico e ligamento remanescente na sua superfície externa, através da técnica de raspagem manual recorrendo-se ao uso de curetas *Gracey*.

Posteriormente, os dentes foram guardados numa solução de cloramina trihidratada a 1%, num período não superior a uma semana, de forma a promover a sua desinfeção.

Após este período de desinfeção, os dentes tornaram a ser colocados e armazenados em água destilada a 4°. Estes procedimentos efetuaram-se segundo a Norma ISO/TS 11 405: 2015 (E).

Os molares hígidos foram fixados a suportes próprios com recurso a cera-cola num micrótopo de tecidos duros Accutom-50 (Struers, Ballerup, Dinamarca), de forma a que cada dente fosse seccionado num corte único à velocidade de 0,125 mm/min em duas metades idênticas, no sentido mesio-distal, proporcionando as faces vestibulares e linguais intactas para o estudo (Figura 2).

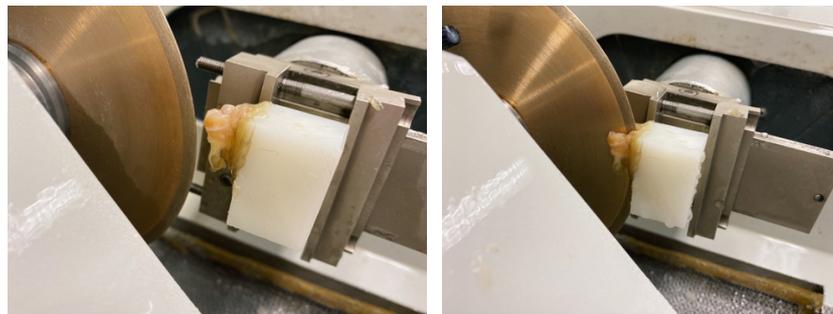


Figura 2 - Corte dos dentes em duas metades idênticas no micrótopo.

Após a realização dos cortes seccionais em duas metades, os canais e a câmara pulpar ficaram expostos, permitindo desta forma, a remoção dos remanescentes biológicos, com o auxílio de uma cureta *Gracey*. O espaço livre foi preenchido com cola de cianoacrilato (Cola Rapid' Glue, Axton, França), de forma a ficar selado (Figura 3).



Figura 3 - Amostra do dente após ser seccionado em duas metades e preenchimento da câmara pulpar com cola de cianoacrilato.

Posteriormente, as amostras foram guardadas em recipientes, separadas por grupos, em água destilada à temperatura fixa de 37°C, até se iniciarem os procedimentos seguintes.

Os 24 dentes, já divididos em duas metades, foram alocados aleatoriamente em três grupos (n=16): um grupo ao qual será aplicado o agente branqueador, seguido da aplicação de ascorbato de sódio por 15 minutos (G1); um grupo ao qual será aplicado o agente branqueador, seguido de extrato de semente de uva por 10 minutos (G2); um grupo ao qual será aplicado o agente branqueador, seguido de fosfossilicato de cálcio e sódio por 5 minutos (G3) (Figura 4).

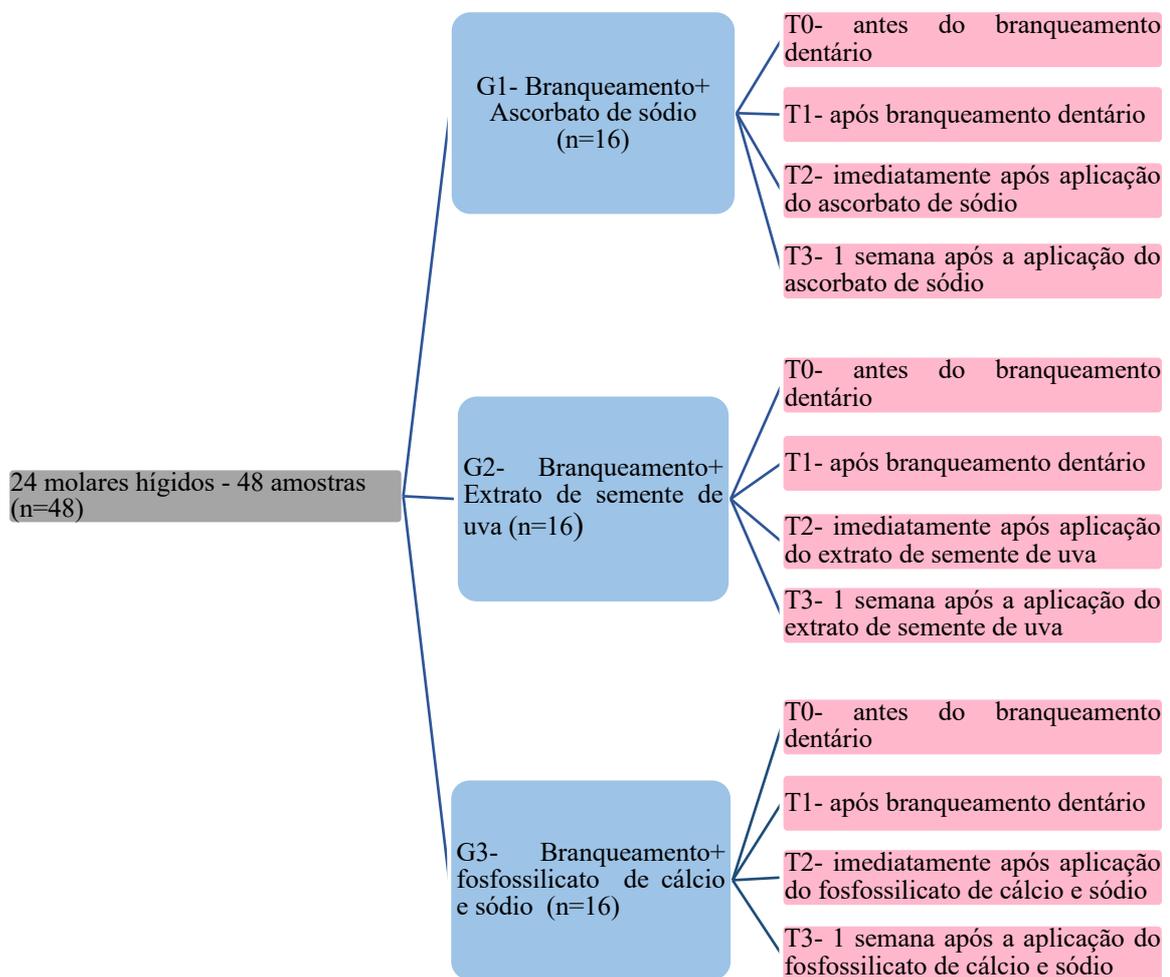


Figura 4 - Esquema do desenho experimental do estudo.

As amostras foram fixas e estabilizadas através da confecção de chaves de *putty* (Normosil Adicion, Madrid, Espanha) (Zhermack S.P.A, Badia Polestine, Itália) para

cada amostra, de forma a delimitar a área sujeita a ação do gel de branqueamento, e mais tarde, a área sujeita à ação de antioxidantes ou agente remineralizante (Figura 5).



Figura 5 - Estabilização dos dentes através da confecção de chaves de putty.

As amostras foram guardadas em recipientes na estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°, em saliva artificial e separadas por grupos, sendo que a saliva foi renovada diariamente, até ao estudo estar concluído (Figura 6).



Figura 6 - Estufa na qual as amostras foram guardadas.

Uma vez finalizada a preparação, as amostras foram retiradas do local de armazenamento e foram secas com compressas esterilizadas. De seguida, foi medida a estabilidade da cor das amostras dos grupos G1, G2 e G3, antes da realização do branqueamento dentário (T0), através do *SpectroShade™ Micro* (MHT Optic Research, Itália) (Figura 7).

Para uma correta medição da estabilidade da cor, criou-se uma base em silicone, de forma a colocar as amostras sempre no mesmo sítio, sendo as condições de medição (luz, inclinação e meio envolvente) iguais para todas as amostras. A base de silicone

realizada e as amostras foram colocadas numa caixa de cor preta, para evitar possíveis alterações de luz incidentes.

Após o aparelho ser ligado foi realizada a sua calibração, de acordo com as instruções do fabricante (Figura 8).



Figura 7 - SpectroShade™ Micro.



Figura 8 - Determinação da cor da amostra.

Após avaliação da estabilidade da cor, as amostras voltaram a ser guardadas na estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°, em saliva artificial e separadas por grupos (Figura 9).



Figura 9 - Amostras em saliva artificial, prontas para ser colocadas em estufa.

Posteriormente, as amostras foram retiradas do local de armazenamento e foram secas com compressas esterilizadas.

Mantendo as amostras separadas por grupos de estudo, foi aplicado o gel de branqueamento Opalescence PF Regular 16% (Ultradent Products, South Jordan, EUA) (Anexo 3) nos grupos G1, G2 e G3, consoante as instruções do fabricante (Figura 10). De seguida, as amostras foram armazenadas em gobelés sobre compressas esterilizadas, humedecidas previamente com água desionizada, e colocadas na estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°, durante o período de quatro horas (tempo de atuação do gel de branqueamento) (Figura 10).

Passadas quatro horas, as amostras foram retiradas da estufa, o gel de branqueamento foi removido com o auxílio de uma gaze esterilizada e, posteriormente, os dentes foram lavados com água desionizada.

O procedimento de aplicação do gel de branqueamento foi repetido durante sete dias, sendo que entre aplicações diárias do gel de branqueamento, as amostras ficaram armazenadas em recipientes selados que continham saliva artificial, renovada diariamente em estufa a 37°C durante 24 horas.

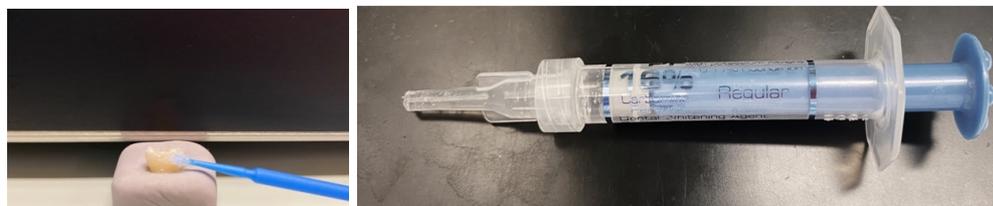


Figura 10 - Aplicação do gel de branqueamento Opalescence PF Regular 16% (Ultradent Products, South Jordan, EUA).

Passados os setes dias de aplicação do agente branqueador, procedeu-se novamente à medição da estabilidade da cor (T1) através do *SpectroShade™ Micro*.

Após a medição da estabilidade da cor, as amostras voltaram a ser armazenadas na estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°C, em saliva artificial e separadas por grupos.

Posteriormente, procedeu-se à aplicação do gel de ascorbato de sódio a 10% (Anexo 3) nos dentes pertencentes ao grupo G1, durante um período de 15 minutos; solução de extrato de semente de uva a 5% (Solgar Inc., EUA) (Anexo 3) nos dentes pertencentes ao grupo G2, durante um período de 10 minutos; e fosfossilicato de cálcio e sódio a 5% (Anexo 3) nos dentes pertencentes ao grupo G3, durante um período de 5 minutos (Taneja et al., 2018; Abraham et al., 2013; Murad et al., 2016) (Figura 11 e Figura 12).



Figura 11 - Gel de ascorbato de sódio a 10%, extrato de semente de uva a 5% e fosfossilicato de cálcio e sódio presente na pasta dentífrica Sensodyne®, Repair & Protect.

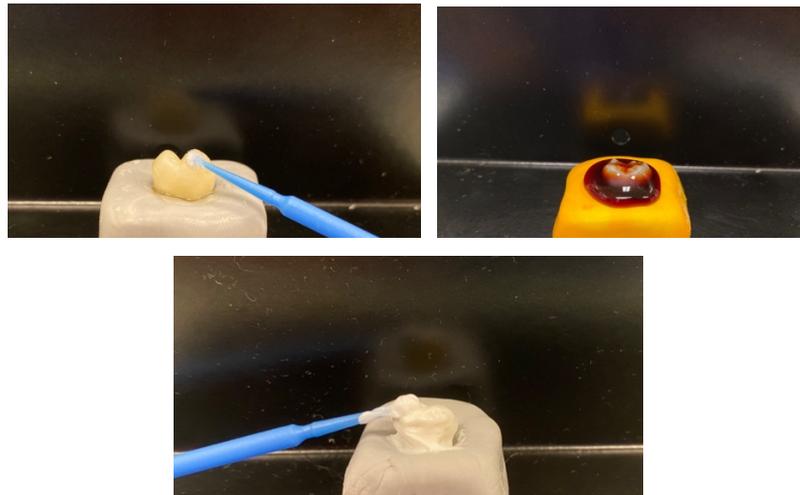


Figura 12 - Aplicação do gel de ascorbato de sódio a 10% (G1), da solução do extrato de semente de uva a 5% (G2) e do fosfossilicato de cálcio e sódio (G3).

Decorrido o tempo de atuação dos antioxidantes e agente remineralizante, os mesmos foram removidos dos dentes dos respetivos grupos, com o auxílio de uma gaze esterilizada; seguidamente, foram lavados com água desionizada, de forma a remover algum produto que não tenha sido removido com a gaze.

De seguida, mediu-se a estabilidade da cor dos grupos G1, G2 e G3, imediatamente após a aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante, através do *SpectroShade™ Micro* (T2).

As amostras foram guardadas durante 7 dias em recipientes na estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°, em saliva artificial e separadas por grupos, sendo que a saliva era renovada diariamente.

Passada uma semana, as amostras foram retiradas do local de armazenamento e procedeu-se à última medição da estabilidade da cor (T3) nos grupos G1, G2 e G3 através do *SpectroShade™ Micro*.

Análise Estatística

Os dados obtidos nesta investigação foram reproduzidos para o programa *IBM SPSS Statistics*, na versão 26.0 para *Windows*, com recurso a metodologia de análise estatística descritiva inferencial.

Fixou-se em todas as análises inferenciais, um valor de referência cujo nível de significância corresponde a 5% ($p \leq 0,05$), de forma a aceitar ou rejeitar a hipótese nula proposta.

Desta forma, para se proceder à análise dos valores médios de ΔE , e verificar se houve uma diminuição da estabilidade da cor ou não, foi aplicado o teste ANOVAMR juntamente com o método *Pairwise* e o método *Tukey HSD*.

V. RESULTADOS

1. Caracterização da amostra

Para a realização deste estudo foi necessária uma amostra de 24 dentes hígidos provenientes do BDH da Clínica Universitária Egas Moniz. Após serem aplicados os critérios de exclusão e de inclusão, os dentes selecionados foram seccionados em duas metades idênticas, obtendo-se no final um número total de 48 amostras (n=48), sendo que posteriormente foram distribuídas aleatoriamente em três grupos (n=16).

2. Análise Estatística dos Resultados Obtidos

A cor exata de uma amostra resulta de uma combinação linear dos valores L^* , a^* e b^* , relativamente ao sistema CIE $L^*a^*b^*$.

Pressupondo que ΔE^* corresponde à variação de cor entre dois objetos, sendo calculado através da seguinte fórmula $\Delta E^*=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]$, procedeu-se à análise dos dados colorimétricos, de forma a verificar se existem variâncias de cor.

É de notar que para o cálculo do ΔE^* (Anexo 7), utilizaram-se os valores L^* , a^* e b^* (Anexo 4,5 e 6) recolhidos através do *SpectroShade™ Micro* (MHT Optic Research, Itália) e valores L^* , a^* e b^* iguais a 0, de forma a se ter sempre a mesma referência, em todos os tempos. Posteriormente, de forma a verificar se houve ou não variação da cor nos diferentes tempos (T0- antes do branqueamento dentário; T1- após o branqueamento dentário; T2- imediatamente após a aplicação do ascorbato (G1), extrato de semente de uva (G2) e fosfossilicato de cálcio e sódio (G3); T3- uma semana após a aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante) subtraiu-se os delta E obtidos em T1 com T0, em T2 com T1, em T3 com T2 e em T3 com T1 (dif. ΔE).

A dif. $\Delta E^*(T1-T0)$ corresponde à variação de cor antes e depois do branqueamento dentário. Já a dif. $\Delta E^*(T2-T1)$ corresponde à variação de cor após o branqueamento dentário e imediatamente após aplicação do ascorbato de sódio (G1), extrato de semente de uva (G2) e fosfossilicato de cálcio e sódio (G3). A dif. $\Delta E^*(T3-T2)$ corresponde à variação de cor imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante e uma semana após a aplicação dos mesmos. E por fim, a dif. $\Delta E^*(T3-T1)$ corresponde à variação de cor após o branqueamento dentário e uma semana após a aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante.

Os dados obtidos resultantes da análise estatística foram compilados em tabelas e gráficos, com o intuito de facilitar a interpretação dos mesmos.

3. Análise da Variação da Cor

Os valores médios da variação da cor de cada grupo, em diferentes intervalos de tempo, encontram-se descritos na Tabela 1 para o intervalo de tempo antes e após branqueamento, na Tabela 2 para o intervalo de tempo após branqueamento e imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante, na Tabela 3 para o intervalo de tempo imediatamente após aplicação dos antioxidantes e uma semana após essa mesma aplicação e por fim, na Tabela 4 para o intervalo de tempo após o branqueamento e uma semana após a aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante.

É possível constatar através destas tabelas, que a utilização de agentes branqueadores, antioxidantes e agentes remineralizantes levam a uma variação de cor, sendo os valores médios positivos ou negativos, mediante se houve ou não escurecimento dentário (valores médios negativos indicam que houve escurecimento dentário).

Tabela 1 - Dados relativos à variação da cor antes do branqueamento dentário (T0) e após branqueamento dentário (T1). Representação da média da média, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.

	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Intervalo de confiança de 95%	
							Limite superior	Limite inferior
dif. ΔE^* (T1-T0)	G1	16	3,22	0,55	-4,09	5,04	4,39	2,04
	G2	16	3,83	0,52	0,34	7,27	4,95	2,71
	G3	16	3,72	0,58	0,51	8,94	4,96	2,48
	TOTAL	48						

dif. ΔE^* : diferença de delta E

Tabela 2 - Dados relativos à variação da cor após branqueamento dentário (T1) e imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante (T2). Representação da média da média, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.

	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Intervalo de confiança de 95%	
							Limite superior	Limite inferior
dif.ΔE* (T2-T1)	G1	16	1,00	0,64	-1,03	10,04	2,39	-0,37
	G2	16	-0,50	0,25	-2,03	0,86	0,02	-1,03
	G3	16	0,61	0,30	-1,63	3,48	1,26	-0,03
	TOTAL	48						

dif.ΔE*: diferença de delta E

Tabela 3 - Dados relativos à variação da cor imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante (T2) e uma semana após a aplicação dos mesmos (T3). Representação da média da média, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.

	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Intervalo de confiança de 95%	
							Limite superior	Limite inferior
dif.ΔE* (T3-T2)	G1	16	-0,37	0,30	-2,89	2,24	0,27	-1,02
	G2	16	-1,72	0,32	-4,64	0,20	-1,02	-2,41
	G3	16	-1,51	0,36	-4,38	0,72	-0,73	-2,28
	TOTAL	48						

dif.ΔE*: diferença de delta E

Tabela 4 - Dados relativos à variação da cor após branqueamento dentário (T1) e uma semana após a aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante. Representação da média da média, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.

	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Intervalo de confiança de 95%	
							Limite superior	Limite inferior
dif. ΔE^* (T3-T1)	G1	16	0,63	0,65	-1,48	9,90	2,02	-0,75
	G2	16	-2,22	0,31	-4,02	0,13	-1,55	-2,89
	G3	16	-0,89	0,31	-3,02	1,12	-0,21	-1,57
	TOTAL	48						

dif. ΔE^* : diferença de delta E

A comparação das médias dos valores de variação da cor em cada grupo, em diferentes tempos, foi realizada através do método *Pairwise*, encontrando-se representada na Tabela 5 (G1), na Tabela 6 (G2) e na Tabela 7 (G3), juntamente com o *p-value* correspondente, que permite indicar se houve ou não diferenças estatisticamente significativas entre os tempos. Optou-se neste caso pelo uso de valores absolutos de ΔE^* , para uma melhor visualização e interpretação do fator tempo.

Tabela 5 - Significância do tempo em função do G1 obtidas através de comparações do método Pairwise.

(I) Tempo	(J) Tempo	Diferença média (I- J)	Erro Erro	Sig.c	Intervalo de confiança de 95%	
					Limite inferior	Limite superior
ΔE^* (T0)	ΔE^* (T1)	-3,22*	0,55	<0,001	-4,39	-2,05
	ΔE^* (T2)	-4,23*	0,32	<0,001	-4,93	-3,53
	ΔE^* (T3)	-3,85*	0,26	<0,001	-4,41	-3,30
ΔE^* (T1)	ΔE^* (T0)	3,22*	0,55	<0,001	2,05	4,39
	ΔE^* (T2)	-1,00	0,64	0,14	-2,38	0,37
	ΔE^* (T3)	-0,63	0,65	0,34	-2,02	0,75
ΔE^* (T2)	ΔE^* (T0)	4,23*	0,32	<0,001	3,53	4,93
	ΔE^* (T1)	1,00	0,64	0,14	-0,37	2,38
	ΔE^* (T3)	0,37	0,30	0,23	-0,27	1,02
ΔE^* (T3)	ΔE^* (T0)	3,85*	0,26	<0,001	3,30	4,41
	ΔE^* (T1)	0,63	0,65	0,34	-0,75	2,02
	ΔE^* (T2)	-0,37	0,30	0,23	-1,02	0,27

Baseado em médias marginais estimadas.

*. A diferença média é significativa no nível 0,05.

a- Grupo = Ascorbato de Sódio

c. Ajustamento para diversas comparações: Diferença Menos Significativa (equivalente a nenhum ajustamento).

Tabela 6 - Significância do tempo em função do G2 obtidas através de comparações do método Pairwise.

(I) Tempo	(J) Tempo	Diferença média (I- J)	Erro Erro	Sig.c	Intervalo de confiança de 95%	
					Limite inferior	Limite superior
ΔE^* (T0)	ΔE^* (T1)	-3,83*	0,52	<0,001	-4,95	-2,71
	ΔE^* (T2)	-3,32*	0,56	<0,001	-4,54	-2,11
	ΔE^* (T3)	-1,60*	0,56	0,01	-2,80	-0,41
ΔE^* (T1)	ΔE^* (T0)	3,83*	0,52	<0,001	2,71	4,95
	ΔE^* (T2)	0,50	0,25	0,06	-0,02	1,03
	ΔE^* (T3)	2,22*	0,31	<0,001	1,55	2,89
ΔE^* (T2)	ΔE^* (T0)	3,32*	0,56	<0,001	2,11	4,54
	ΔE^* (T1)	-0,50	0,25	0,06	-1,03	0,02
	ΔE^* (T3)	1,72*	0,32	<0,001	1,02	2,41
ΔE^* (T3)	ΔE^* (T0)	1,60*	0,56	0,01	0,41	2,80
	ΔE^* (T1)	-2,22*	0,31	<0,001	-2,89	-1,55
	ΔE^* (T2)	-1,72*	0,32	<0,001	-2,41	-1,02

Baseado em médias marginais estimadas.

*. A diferença média é significativa no nível 0,05.

a- Grupo = Extrato de Semente de Uva

c. Ajustamento para diversas comparações: Diferença Menos Significativa (equivalente a nenhum ajustamento).

Tabela 7 - Significância do tempo em função do G3 obtidas através de comparações do método Pairwise.

(I) Tempo	(J) Tempo	Diferença média (I- J)	Erro Erro	Sig.c	Intervalo de confiança de 95%	
					Limite inferior	Limite superior
ΔE^* (T0)	ΔE^* (T1)	3,72*	0,58	<0,001	-4,96	-2,48
	ΔE^* (T2)	-4,33*	0,64	<0,001	-5,71	-2,96
	ΔE^* (T3)	-2,82*	0,70	0,001	-4,33	-1,32
ΔE^* (T1)	ΔE^* (T0)	3,72*	0,58	<0,001	2,48	4,96
	ΔE^* (T2)	-0,61	0,30	0,06	-1,26	0,03
	ΔE^* (T3)	0,89*	0,31	0,01	0,22	1,57
ΔE^* (T2)	ΔE^* (T0)	4,33*	0,64	<0,001	2,96	5,71
	ΔE^* (T1)	0,61	0,30	0,06	-0,03	1,26
	ΔE^* (T3)	1,51*	0,36	0,001	0,73	2,28
ΔE^* (T3)	ΔE^* (T0)	2,82*	0,70	0,001	1,32	4,33
	ΔE^* (T1)	-0,89*	0,31	0,01	-1,57	-0,22
	ΔE^* (T2)	-1,510*	0,36	0,001	-2,28	-0,73

Baseado em médias marginais estimadas.

*. A diferença média é significativa no nível 0,05.

a- Grupo = Fosfossilicato de Cálcio e Sódio

c. Ajustamento para diversas comparações: Diferença Menos Significativa (equivalente a nenhum ajustamento).

Quando comparadas as médias da variação da cor no G1, em diferentes tempos, é possível referir que existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- T0 (antes do branqueamento dentário) e os restantes tempos: T1 (após branqueamento dentário), T2 (imediatamente após aplicação do ascorbato de sódio) e T3 (uma semana após a aplicação do ascorbato de sódio), $p < 0,001$.

Já quando comparadas as médias da variação da cor no G2, em diferentes tempos, é possível referir que existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- T0 (antes do branqueamento dentário) e os restantes tempos: T1 (após branqueamento dentário), T2 (imediatamente após aplicação do extrato de semente de uva) e T3 (uma semana após a aplicação do extrato de semente de uva), $p < 0,001$ (T0T1 e T0T2) e $p = 0,01$ (T0T3).
- T1 (após branqueamento dentário) e T3 (uma semana após a aplicação do extrato de semente de uva), $p < 0,001$.
- T2 (imediatamente após aplicação do extrato de semente de uva) e T3 (uma semana após a aplicação do extrato de semente de uva), $p < 0,001$.

Por fim, quando comparadas as médias da variação da cor no G3, em diferentes tempos, é possível referir que existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- T0 (antes do branqueamento dentário) e os restantes tempos: T1 (após branqueamento dentário), T2 (imediatamente após aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio) e T3 (uma semana após a aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio), $p < 0,001$ (T0T1 e T0T2) e $p = 0,001$ (T0T3).
- T1 (após branqueamento dentário) e T3 (uma semana após a aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio), $p = 0,01$.
- T2 (imediatamente após aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio) e T3 (uma semana após a aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio), $p = 0,001$.

No G1, quando comparadas as médias de variação, em diferentes tempos, é possível afirmar que não existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- T1 (após branqueamento dentário) e T2 (imediatamente após a aplicação do ascorbato de sódio), $p = 0,14$.
- T1 (após branqueamento dentário) e T3 (uma semana após a aplicação do ascorbato de sódio), $p = 0,34$.

- T2 (imediatamente após a aplicação do ascorbato de sódio) e T3 (uma semana após a aplicação do ascorbato de sódio), $p=0,23$.

Já no G2, quando comparadas as médias de variação, em diferentes tempos, é possível afirmar que não existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- T1 (após branqueamento dentário) e T2 (imediatamente após a aplicação do extrato de semente de uva), $p=0,06$.

Por fim, no G3, quando comparadas as médias de variação, em diferentes tempos, é possível afirmar que não existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- T1 (após branqueamento dentário) e T2 (imediatamente após a aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio), $p=0,06$.

A comparação das médias dos valores de variação da cor no intervalo de tempo após branqueamento e imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante, nos diferentes grupos, foi realizada através do método *Tukey HSD*, encontrando-se representada na Tabela 8 ($\text{dif.}\Delta E^*(T2-T1)$). Já a comparação dos valores de variação de cor no intervalo de tempo imediatamente após a aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante e uma semana após a aplicação dos mesmos, encontra-se na Tabela 9 ($\text{dif.}\Delta E^*(T3-T2)$), tendo sido realizada através do mesmo método. Juntamente a ambas as tabelas, encontra-se o *p-value* correspondente que permite indicar se houve ou não diferenças estatisticamente significativas, entre os grupos no mesmo intervalo de tempo.

Os valores de intervalos de confiança a 95% para as médias da variação de cor para cada cada grupo, nos intervalos de tempo T3-T2 e T2-T1 encontram-se ilustradas na Figura 13.

Tabela 8 - Significância entre grupos obtidas por comparações múltiplas através do método Tukey HSD entre os tempos T2 e T1

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.b	Intervalo de confiança de 95%	
					Limite inferior	Limite superior
G1	G2	0,91*	0,38	0,05	-0,02	1,85
	G3	-0,20	0,38	0,85	-1,14	0,73
G2	G1	-0,91*	0,38	0,05	-1,85	0,02
	G3	-1,11*	0,38	0,01	-2,04	-0,19
G3	G1	0,20	0,38	0,855	-0,73	1,14
	G2	1,11*	0,38	0,01	0,19	2,04

Com base em medidas observadas.

*. A diferença média é significativa no nível 0,05.

Tabela 9 - Significância entre grupos obtidas por comparações múltiplas através do método Tukey HSD entre os tempos T3 e T2.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.b	Intervalo de confiança de 95%	
					Limite inferior	Limite superior
G1	G2	1,32*	0,48	0,02	0,15	2,50
	G3	1,12	0,48	0,06	-0,05	2,29
G2	G1	-1,32*	0,48	0,02	-2,50	-0,15
	G3	-0,20	0,47	0,90	-1,36	0,94
G3	G1	-1,12	0,48	0,06	-2,29	0,05
	G2	0,20	0,47	0,90	-0,94	1,36

Com base em medidas observadas.

*. A diferença média é significativa no nível 0,05.

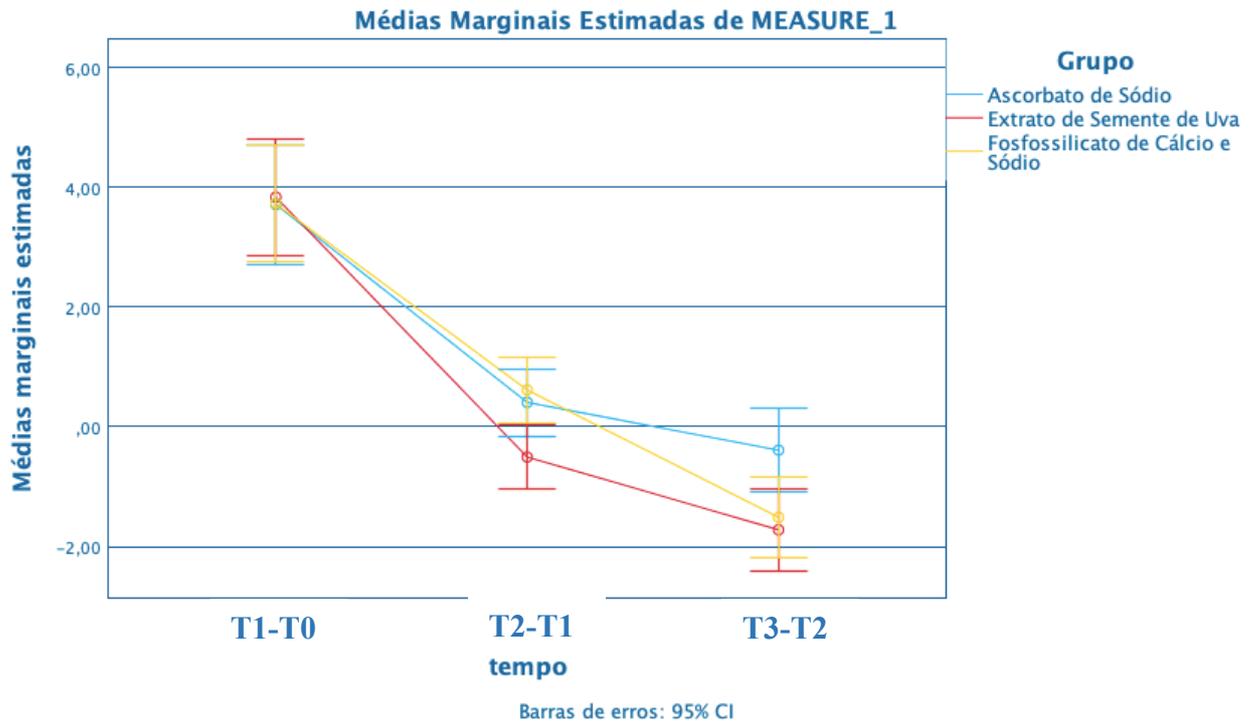


Figura 13: Gráfico ilustrativo do comportamento dos diferentes grupos ao longo do tempo.

Quando comparadas as médias da variação da cor no intervalo de tempo após branqueamento (T1) e imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante (T2), é possível referir que existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- O grupo submetido à aplicação do extrato de semente de uva (G2) e o grupo submetido à aplicação de fosfossilicato de cálcio e sódio (G3), $p=0,01$.
- O grupo submetido à aplicação do ascorbato de sódio (G1) e o grupo submetido à aplicação do extrato de semente de uva (G2), $p=0,05$.

Já quando comparadas as médias da variação da cor no intervalo de tempo imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante (T2) e uma semana após a aplicação dos mesmos (T3), é possível referir que existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- O grupo submetido à aplicação do ascorbato de sódio (G1) e o grupo submetido à aplicação do extrato de semente de uva (G2), $p=0,02$.

É possível também aferir se existem ou não diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, nos diferentes intervalos de tempo, através da sobreposição dos intervalos de confiança (95%), sendo que quando existe uma sobreposição, não existem diferenças estatisticamente significativas.

Deste modo, é possível afirmar que no intervalo de tempo após branqueamento (T1) e imediatamente após aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante (T2), não existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- O grupo submetido à aplicação do ascorbato de sódio (G1) e o grupo submetido à aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio (G3), $p=0,85$.

Já no intervalo de tempo imediatamente após a aplicação dos antioxidantes e agente remineralizante (T2) e uma semana após a aplicação dos mesmos (T3), não existem diferenças estatisticamente significativas entre:

- O grupo submetido à aplicação do extrato de semente de uva (G2) e o grupo submetido à aplicação de fosfossilicato de cálcio e sódio (G3), $p=0,90$.
- O grupo submetido à aplicação do ascorbato de sódio (G1) e o grupo submetido à aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio (G3), $p=0,06$.

VI. DISCUSSÃO

Um aumento da consciencialização dos pacientes e a sua procura por tratamentos estéticos, tem vindo a demonstrar que a técnica de branqueamento dentário é um procedimento conservador, fiável na maior parte dos dentes que apresentam alteração de cor, seguro, frequente na prática clínica e económico (Lago & Garone-Netto, 2013; Feiz et al., 2017; Taneja et al., 2018).

A realização de um branqueamento dentário pode ser recomendada antes de um procedimento restaurador adesivo visto que, ao ser realizado o branqueamento antes das restaurações a sua cor será diferente, antes da adesão de *brackets* ortodônticos ou até mesmo previamente à adesão de facetas em cerâmica ou resina (Fernandes et al., 2015; Kılınc et al., 2015; Rana et al., 2019).

Diversos estudos realizados têm vindo a demonstrar que os agentes branqueadores, tais como o peróxido de hidrogénio e o peróxido de carbamida, afetam negativamente a resistência adesiva das restaurações realizadas na superfície do esmalte visto que, durante o branqueamento dentário, os radicais livres de oxigénio residual resultantes da dissociação do peróxido de hidrogénio, permanecem na superfície dentária, ocorrendo desta forma uma polimerização incompleta do sistema adesivo. Também durante o branqueamento dentário, os radicais hidroxilo da rede de cristais de hidroxiapatite são substituídos por iões peróxido, resultando na formação de peróxido de apatite. Deste modo, é recomendado um período de espera de uma a três semanas, de forma a que os iões peróxido sejam decompostos e os radicais hidroxilo anteriormente substituídos reentrem na rede de cristais de hidroxiapatite, eliminando qualquer alteração estrutural ocorrente (Dabas et al., 2011; Alqahtani, 2014; Vohra & Kasah, 2014; De Carvalho et al., 2016; Nair et al., 2019; Rana et al., 2019).

Diversos estudos também demonstram que o esmalte dentário sujeito a branqueamento se encontra mais suscetível à coloração do que o esmalte não branqueado. Tal acontece devido ao facto de o agente branqueador gerar alterações superficiais, nomeadamente, um aumento da rugosidade dentária. Consequentemente, essa mesma alteração leva a uma maior adesão de corantes à superfície, havendo por isso uma menor

estabilidade da cor. Deste modo, é fulcral que, após a realização do branqueamento dentário, sejam evitados alimentos com corantes. No entanto, não existe concordância relativamente ao tempo necessário que o paciente necessita de esperar até ao consumo desses mesmos alimentos, de forma a que o sucesso do branqueamento não seja afetado (Monteiro et al., 2017; Pirolo et al., 2014 Taneja et al., 2018).

O tratamento da superfície dentária com antioxidantes, como o ascorbato de sódio e extrato de semente de uva, tem demonstrado resultados positivos no potencial de reverter a resistência adesiva comprometida, após o branqueamento dentário. Relativamente à estabilidade da cor, o tratamento da superfície dentária com antioxidantes e agentes remineralizantes, tem vindo a demonstrar a capacidade de reverter a ineficácia do branqueamento dentário, através da possível diminuição da captação de pigmentos, ao promoverem uma menor rugosidade na superfície do dente (De Carvalho et al., 2016; Nari-Ratih & Widyastuti, 2019; Rana et al., 2019; Taneja et al., 2018; Torres et al., 2019).

O principal objetivo deste estudo foi avaliar se a estabilidade da cor seria ou não influenciada com a utilização de antioxidantes e agentes remineralizantes, como o ascorbato de sódio, extrato de semente de uva e fosfossilicato de cálcio e sódio. De maneira a avaliar a estabilidade da cor, foi utilizado um espectrofotómetro *SpectroShade™ Micro* (MH Optic Research, Itália) - que apresenta o sistema de avaliação tridimensional de cor CIE L*a*b*, capaz de determinar a cor exata de um determinado objeto. Optou-se por este método uma vez que a determinação da cor dentária recorrendo a escalas de cor standardizadas é um método subjetivo, visto que se encontra dependente da sensibilidade do operador, das condições de luz do meio envolvente, da translucidez e do tipo de superfície do objeto (Dozic et al., 2010; Lehmann et al., 2010; Lagouvardos et al., 2009).

O agente branqueador utilizado neste estudo foi o Opalescence PF Regular 16% (Ultradent Products, South Jordan, EUA), cuja concentração de peróxido de carbamida é de 16%, encontrando-se de acordo com a legislação vigorada na União Europeia para os materiais de branqueamento dentário. O peróxido de carbamida decompõe-se em ureia e peróxido de hidrogénio. Tal decomposição resulta num aumento do pH da cavidade oral e consequentemente numa diminuição da atividade cariogénica do dente. Na sua

formulação, para além do peróxido de carbamida contém agentes dessensibilizantes, nomeadamente, o nitrato de potássio e o fluoreto de sódio, capazes de reduzir a sensibilidade dentária após o branqueamento. O nitrato de potássio reduz a excitabilidade das fibras nervosas presentes na polpa; já os fluoretos são capazes de ocluir os túbulos dentinários, restringindo também as respostas nervosas (Kwon & Wertz, 2015; Crescente & Pinto, 2016).

O agente branqueador foi aplicado tendo em conta as indicações do fabricante, num período mínimo de quatro horas e num período máximo de seis horas diárias. Neste estudo optou-se pelo tempo mínimo de aplicação, podendo não se ter obtido o máximo de branqueamento possível, uma vez que o mesmo depende do tempo de aplicação (Hilton et al., 2013).

Recentemente, os antioxidantes e agentes remineralizantes têm vindo a ser estudados como reversores da ineficácia do branqueamento dentário, tendo vindo a pensar-se na sua utilização de modo a haver uma menor suscetibilidade para a alteração da cor (Taneja et al., 2018; Monteiro et al., 2017).

Neste estudo foram utilizados dois antioxidantes- ascorbato de sódio e extrato de semente de uva- e um agente remineralizante- fosfossilicato de cálcio e sódio. O ascorbato de sódio foi aplicado na forma de gel, cuja aplicação é mais fácil para o operador. Já o extrato de semente de uva foi aplicado em forma de solução, tal como a literatura descreve. O fosfossilicato de cálcio e sódio foi aplicado sobre a forma de pasta dentífrica, como é referido em outros estudos (Taneja et al., 2018; Rana et al., 2019; Nair et al., 2019).

Quanto à concentração dos antioxidantes, foi utilizado ascorbato de sódio a 10%, extrato de semente de uva a 5% e fosfossilicato de cálcio e sódio a 5%. Já relativamente ao tempo de aplicação, o ascorbato de sódio foi aplicado durante o período de 15 minutos, o extrato de semente de uva durante 10 minutos e o fosfossilicato de cálcio e sódio durante 5 minutos (Taneja et al., 2018; Abraham et al., 2013; Murad et al., 2016). A razão pela qual se optou por estas concentrações dos antioxidantes e agente remineralizante e por este tempo de aplicação, deve-se ao facto de existirem já estudos publicados com estes valores, passíveis de serem elementos de comparação e resultados. Não existem estudos

realizados que comprovem que uma maior concentração e um maior tempo de aplicação, leve a um maior contributo para a estabilidade da cor. No entanto, segundo Thapa et al. (2013) um aumento da concentração do ascorbato de sódio, entre os 10% a 25%, não leva a diferenças estatisticamente significativas na resistência adesiva. O mesmo é demonstrado por Kimyai e Valizadeh (2006) e por Dabas et al. (2011) entre as concentrações de 10% a 20%. Já relativamente ao extrato de semente de uva, Vidhya et al. (2011) e Abraham et al. (2013) referem que a sua concentração a 5% é eficaz e suficiente na reversão da resistência adesiva. No que refere ao tempo de aplicação, alguns autores como Dabas et al. (2011) referem que, quanto maior o tempo de aplicação do ascorbato de sódio maior a resistência adesiva. No entanto, um estudo realizado por Murad et al. (2016) comprovou que a aplicação de antioxidantes durante o período de 15 minutos é suficiente para neutralizar os efeitos dos agentes branqueadores e aumentar a resistência adesiva do esmalte dentário, sujeito ao branqueamento. Sharafeddin et al. (2015) defende que uma aplicação de 10 minutos pode não gerar um aumento da resistência adesiva do esmalte estatisticamente significativa.

Na investigação realizada, no grupo sujeito à aplicação do ascorbato de sódio (G1), não se verificaram diferenças estatisticamente significativas nos seguintes tempos: após branqueamento (T1) e imediatamente após aplicação do ascorbato de sódio (T2); imediatamente após aplicação do ascorbato de sódio (T2) e uma semana após a aplicação do mesmo (T3); após branqueamento (T1) e uma semana após a aplicação do ascorbato de sódio (T3). Estes resultados permitem aferir que o ascorbato de sódio demonstrou resultados eficazes na manutenção da estabilidade da cor após branqueamento.

O ascorbato de sódio tem sido muito utilizado devido ao seu potencial de neutralizar o oxigénio residual, permitindo a polimerização da resina composta sem a presença de radicais livres. Devido à sua eficácia na reversão da diminuição da resistência adesiva comprometida após o branqueamento dentário, escolheu-se este antioxidante para estudar a manutenção da estabilidade da cor, sendo a novidade estudada nesta investigação. O seu pH neutro e o facto de não apresentar coloração são possíveis fatores que poderão contribuir para a capacidade deste antioxidante manter a cor estável (Nair et al., 2019; Rana et al., 2019).

Já no grupo sujeito à aplicação do extrato de semente de uva (G2), não se verificaram diferenças estatisticamente significativas após branqueamento (T1) e

imediatamente após aplicação do extrato de semente de uva (T2), tendo-se demonstrado diferenças estatisticamente significativas nos seguintes tempos: imediatamente após a aplicação do extrato de semente de uva (T2) e uma semana após a sua aplicação (T3); após branqueamento (T1) e uma semana após aplicação do extrato de semente de uva (T3). Deste modo, é possível afirmar que o extrato de semente de uva não contribui para a manutenção da estabilidade da cor, uma vez que após uma semana da sua aplicação houve uma variação de cor significativa.

A concentração do extrato de semente de uva utilizada neste estudo foi de 5%, uma vez que se demonstra eficaz e suficiente na reversão da resistência adesiva, sendo diferente da concentração utilizada no estudo de Taneja et al. (2018) (10%), o que poderá explicar, em parte, os resultados obtidos. O ácido gálico presente no extrato de semente de uva afeta o processo de remineralização dentária, promovendo a deposição mineral através da interação do colagénio, mantendo a matriz de colagénio exposta. Sendo o extrato de semente de uva um agente com capacidade remineralizante, a sua coloração escura poderá ter levado à variação de cor após branqueamento dentário.

O extrato de semente de uva é reconhecido pela sua capacidade de aumentar a resistência adesiva após branqueamento dentário, devido aos complexos de proantocianidinas oligoméricas (OPCs) que, através do seu grupo hidroxilo, ligam-se aos radicais livres, neutralizando-os. No entanto, apesar de ter efeitos benéficos na resistência adesiva e ter um potencial remineralizante no esmalte, a sua aplicação poderá levar consequentemente a uma variação de cor, devido à coloração escura que apresenta (Vidhya et al., 2011; Abraham et al., 2013; Subramonian et al., 2015; Rana et al., 2019; Taneja et al., 2018).

Por fim, no grupo sujeito à aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio (G3) verificaram-se diferenças estatisticamente significativas nos mesmos tempos que o grupo submetido ao extrato de semente de uva. Desta forma, é possível aferir que o fosfossilicato de cálcio e sódio também não contribui para a manutenção da estabilidade da cor, uma semana após a sua aplicação.

No que refere ao fosfossilicato de cálcio e sódio, a pasta utilizada neste estudo foi diferente do estudo realizado por Taneja et al. (2018), em que foi utilizada a pasta Vantej[®] (Dr. Reddys, India). Tal diferença poderá ter contribuído para os resultados obtidos.

Mehta et al. (2014) e Narayana et al. (2014) referem nos seus estudos que o fosfossilicato de cálcio e sódio apresenta um potencial remineralizante no esmalte, contribuindo assim para uma menor incorporação de pigmentos no mesmo, após o branqueamento dentário. Na investigação em questão verificou-se que, após uma semana de aplicação do fosfossilicato de cálcio e sódio, havia uma variação de cor estatisticamente significativa. Tal poderá ser explicado devido a uma possível degradação dos componentes da pasta utilizada no nosso estudo. No estudo realizado por Mehta et al. (2014), o fosfossilicato de cálcio e sódio foi diluído em água destilada, de forma a contribuir posteriormente para a remineralização dentária. Nesta investigação, a pasta dentífrica com fosfossilicato de cálcio e sódio foi utilizada sem ser diluída. Tal diferença poderá também justificar os resultados obtidos.

O fosfossilicato de cálcio e sódio e o extrato de semente de uva foram reconhecidos pela capacidade de manutenção da estabilidade da cor, uma semana após a sua aplicação, noutros estudos realizados. Apesar disso, os resultados obtidos nesta investigação revelaram-se diferentes.

Relativamente ao método de medição da variação da cor, os nossos resultados apresentaram-se diferentes dos demais estudos e podem ser explicados pelo facto do espectrofotómetro de refletância, utilizado para medir a variação da cor, ter sido diferente ao de outros estudos e pelo facto de as medições no *SpectroShade™ Micro* (MH Optic Research, Itália) poderem apresentar resultados imprecisos e um grau de repetibilidade da correspondência da cor, devido à luz ambiente, fundo presente atrás dos dentes e embaciamento da lente ótica da câmara (Taneja et al., 2018; Joiner & Luo, 2017).

O agente branqueador utilizado nesta investigação (Opalescence PF Regular 16% (Ultradent Products, South Jordan, EUA)), também pode explicar os resultados obtidos, visto que o agente branqueador utilizado no estudo realizado por Taneja et al. (2018) foi diferente (Pola Office 35%, SDI, Vitoria, Australia). O facto de se ter realizado o branqueamento dentário durante o período de quatro horas em sete dias, poderá também ter tido influência, uma vez que se revelam alterações morfológicas maiores quando o branqueamento dentário é mais prolongado, ficando desta forma a superfície dentária mais suscetível a alterações de cor (Ermis et al., 2018).

Comparando os três grupos referentes aos antioxidantes e agente remineralizante utilizados nesta investigação, no intervalo de tempo após branqueamento (T1) e imediatamente após aplicação do antioxidante/agente remineralizante (T2), o fosfossilicato de cálcio e sódio (G3) obteve valores de variação de cor inferiores, seguindo-se o ascorbato de sódio (G1) e por fim o extrato de semente de uva (G2), não havendo nenhuma variação de cor estatisticamente significativa e tendo-se verificado resultados estatisticamente significativos entre o fosfossilicato de cálcio e sódio e o extrato de semente de uva e entre o ascorbato de sódio e o extrato de semente de uva. Deste modo, é possível aferir que o fosfossilicato de cálcio e sódio e o ascorbato de sódio são mais eficazes na manutenção da estabilidade da cor, do que o extrato de semente de uva.

Já no intervalo de tempo imediatamente após aplicação do antioxidante / agente remineralizante (T2) e uma semana após a aplicação dos mesmos (T3), o ascorbato de sódio (G1) obteve valores de variação de cor inferiores, seguindo-se o fosfossilicato de cálcio e sódio (G3) e por fim o extrato de semente de uva (G2). No entanto, apenas se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre o ascorbato de sódio e o extrato de semente de uva.

Alguns estudos referentes ao ascorbato de sódio e ao uso do antioxidante extrato de semente de uva, no que toca à resistência adesiva, referem que não existem grandes diferenças entre estes dois antioxidantes, podendo o antioxidante natural ser utilizado como uma alternativa ao ascorbato de sódio (Berger et al., 2013; Feiz et al., 2017; Alhasyimi et al., 2018; Rana et al., 2019).

No entanto, na manutenção da estabilidade da cor, o seu comportamento é distinto, levando o extrato de semente de uva a uma variação de cor estatisticamente significativa, não contribuindo para a estabilidade da cor. Desta forma, apesar de terem um comportamento semelhante na resistência adesiva, não revelam um comportamento semelhante na manutenção da estabilidade da cor. Tal poderá essencialmente dever-se ao facto de o ascorbato de sódio não ter coloração, ao contrário do extrato de semente de uva que apresenta uma coloração escura, sendo então preferível a utilização do antioxidante ascorbato de sódio.

De acordo com Taneja et al. (2018), Mehta et al. (2014) e Narayana et al. (2014), o fosfossilicato de cálcio e sódio apresenta um potencial remineralizante superior ao extrato de semente de uva, contribuindo assim para uma maior estabilidade da cor, após o branqueamento dentário.

Uma semana após a aplicação do extrato de semente de uva e do fosfossilicato de cálcio e sódio, apesar de se ter verificado que ambos levam a uma variação de cor estatisticamente significativa, essa variação foi menor no fosfossilicato de cálcio e sódio, sendo que não existem diferenças estatisticamente significativas entre ambos. Estes resultados não se encontram de acordo com os resultados obtidos por Taneja et al. (2018), que refere que ambos são eficazes na manutenção da estabilidade da cor, sendo o fosfossilicato de cálcio e sódio mais eficaz que o extrato de semente uva, havendo diferenças estatisticamente significativas entre si. Apesar do fosfossilicato de cálcio e sódio revelar um potencial remineralizante, contribuindo assim para uma maior estabilidade da cor, o facto da pasta utilizada e a percentagem do extrato de semente de uva serem diferentes, bem como a possível degradação dos constituintes da pasta dentífrica, poderão explicar os resultados apresentados.

Comparando o ascorbato de sódio e o fosfossilicato de cálcio e sódio no intervalo de tempo T3-T2, existe uma menor variação da cor no ascorbato de sódio, contribuindo para a manutenção da estabilidade da cor, ao contrário do fosfossilicato de cálcio e sódio que não contribui. No entanto, não existem diferenças estatisticamente significativas entre ambos.

Deste modo é possível determinar que o ascorbato de sódio contribui para a manutenção da estabilidade da cor, após o branqueamento dentário, enquanto que o extrato de semente de uva e o fosfossilicato de cálcio e sódio não, sendo que não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si.

Tendo em conta os resultados obtidos, a hipótese nula deve ser rejeitada, uma vez que o ascorbato de sódio contribui para a manutenção da estabilidade da cor, após o branqueamento dentário.

É importante mencionar que todos os resultados e análises obtidos na investigação realizada foram conseguidos através de estudos *in vitro*, podendo desta forma apresentar limitações e vantagens, não correspondendo sempre às condições presentes no ambiente clínico.

VII. CONCLUSÃO

Tendo em conta os resultados obtidos nesta investigação, é possível concluir o seguinte:

1. A aplicação de ascorbato de sódio, extrato de semente de uva e fosfossilicato de cálcio e sódio, imediatamente após branqueamento dentário, não leva a alterações de cor significativas. No entanto, o ascorbato de sódio e o fosfossilicato de cálcio e sódio demonstram-se mais eficientes na manutenção da estabilidade da cor, do que o extrato de semente de uva, sendo o comportamento de ambos semelhante.

2. Uma semana após a sua aplicação, a aplicação de ascorbato de sódio não gerou alterações de cor significativas, sendo que contribui para a manutenção da estabilidade da cor após o branqueamento dentário, ao contrário do fosfossilicato de cálcio e sódio e do extrato de semente de uva, que apresentam um comportamento semelhante na ineficácia da manutenção da estabilidade da cor.

Desta forma, é possível concluir que o tratamento de superfície após branqueamento, com o antioxidante ascorbato de sódio, contribuiu para a manutenção da estabilidade da cor uma semana após a sua aplicação, ao contrário do antioxidante extrato de semente de uva e do agente remineralizante fosfossilicato de cálcio e sódio.

Deste modo, a capacidade do ascorbato de sódio reverter a resistência adesiva comprometida e a capacidade de contribuir para a manutenção da estabilidade da cor, após branqueamento, pode ser vantajoso tanto para o médico dentista, como para o paciente, uma vez que reduz o tempo de espera entre o branqueamento e o procedimento restaurador e, conseqüentemente, o tempo necessário para completar o tratamento, sem ser afetada a cor alcançada, após o branqueamento dentário.

Apesar do extrato de semente de semente de uva ser reconhecido pela capacidade em aumentar a resistência adesiva e por ser um potencial remineralizante, o seu uso pode levar a uma alteração de cor, após branqueamento dentário. Uma vez que o seu

comportamento é semelhante ao ascorbato de sódio no aumento da resistência adesiva, é preferível utilizar o ascorbato de sódio, pelo facto de não levar a uma variação de cor, após o branqueamento.

Relativamente à utilização do fosfossilicato de cálcio e sódio, apesar de ser conhecido como um potencial remineralizante, não se demonstrou eficaz na manutenção da estabilidade da cor após branqueamento dentário, nesta investigação.

Relevância Clínica

A utilização de sistemas de branqueamento dentário tem vindo a aumentar, uma vez que os pacientes procuram cada vez mais sorrisos brancos e estéticos.

O branqueamento dentário pode ser usado em diversos casos, nomeadamente, em situações de descoloração dentária em dentes não vitais, e previamente à adesão de *brackets* ortodônticos ou à execução de procedimentos restauradores adesivos, como por exemplo, na adesão de facetas, para se obter um resultado mais estético.

A literatura tem vindo a demonstrar que, após a realização do branqueamento dentário, a cor tende-se a manter menos estável, visto que o agente branqueador leva a alterações na superfície do esmalte, havendo conseqüentemente uma maior impregnação de corantes. Desta forma, é importante que o paciente entenda que o branqueamento não é um tratamento duradouro, sendo necessário para manter a cor desejada, branqueamentos intermitentes ao longo do tempo.

Visto que, a proibição de ingestão de alimentos com corantes é impraticável e o tempo necessário até ao seu consumo é desconhecido, de forma a não ser afetada a eficácia do branqueamento, tem-se vindo a pensar numa forma de colmatar esse mesmo insucesso, com um tratamento de superfície com antioxidantes e agentes remineralizantes.

Deste modo, a utilização de antioxidantes e agentes remineralizantes após branqueamento dentário, tem sido referida como eficaz na manutenção da estabilidade da cor, devido à remineralização dentária gerada pelos mesmos, havendo conseqüentemente uma menor impregnação de corantes.

À semelhança de outros estudos foi usado fosfosilicato de cálcio e sódio e extrato de semente de uva, só que numa percentagem menor, sendo o tempo de aplicação igual. O ascorbato de sódio foi introduzido nesta investigação, uma vez que se tem manifestado muito eficiente na manutenção da resistência adesiva após branqueamento, não tendo ainda sido estudado relativamente à estabilidade da cor. Foi possível determinar com este estudo, que a aplicação do ascorbato de sódio é eficaz na manutenção da estabilidade da cor. Já relativamente ao extrato de semente de uva e fosfosilicato de cálcio e sódio, não se revelaram resultados eficazes na manutenção da estabilidade da cor, após branqueamento dentário.

Nos últimos anos têm vindo a ser estudadas inúmeras possibilidades de utilização de diferentes antioxidantes e agentes remineralizantes, a sua concentração e tempo de

aplicação, sendo que se tem vindo a caminhar para um futuro com uma crescente validação do seu uso e das técnicas a aplicar clinicamente.

Perspetivas Futuras

Ultimamente, em Medicina Dentária, têm sido realizados diversos estudos que investigam a relação entre o branqueamento dentário e o tratamento de superfície com antioxidantes e agentes remineralizantes.

Variáveis como o tipo de antioxidante e agente remineralizante usado, a sua concentração, tempo de aplicação, prazo de validade e disponibilização, têm vindo a ser estudados, sendo que de momento existem mais estudos relativamente à sua eficácia na resistência adesiva, do que relativamente à manutenção da estabilidade da cor. Ambas as linhas de investigação são recentes, uma vez que ainda são poucos os estudos existentes que conjugam grande parte das variáveis acima apresentadas, sendo o estudo relativamente à estabilidade da cor ainda mais recente.

Deste modo, é essencial que sejam realizadas futuras investigações que relacionem diferentes concentrações e tempos de aplicação destes antioxidantes e agente remineralizante, de forma a avaliar as suas diferenças nestas variáveis e produzir uma validação clínica de técnicas possíveis a realizar.

Futuramente, esta linha de investigação deveria:

- Avaliar o efeito de outros antioxidantes e agentes remineralizantes na estabilidade da cor, em dentes branqueados;
- Avaliar o efeito de outros antioxidantes e agentes remineralizantes na estabilidade da cor, em dentes branqueados após a utilização de corantes;
- Comparar a estabilidade da cor dos antioxidantes e agentes remineralizantes, variando o tempo de aplicação e a concentração dos mesmos;
- Comparar a estabilidade da cor, perante diferentes sistemas de branqueamento;
- Comparar a estabilidade da cor, perante diferentes tempos de aplicação do agente branqueador.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Abidu-Figueiredo, M., Braz, V. S., & Braga, V. A. (2002). Aspectos morfológicos das bandas de hunter-schreger no esmalte dentário do cão pela análise espectral de fourier. *Revista Universidade Rural: Série Ciências Da Vida*, 22(1), 61–64.

Abraham, S., Ghonmode, W. N., Saujanya, K. P., Jaju, N., Tambe, V. H., & Yawalikar, P. P. (2013). Effect of grape seed extracts on bond strength of bleached enamel using fifth and seventh generation bonding agents. *Journal of international oral health: JIOH*, 5(6), 101.

Ahn, J. S., & Lee, Y. K. (2008). Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 100(1), 18–28. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60129-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60129-8)

Aka, B., & Celik, E. U. (2017). Evaluation of the efficacy and color stability of two different at-home bleaching systems on teeth of different shades: a randomized controlled clinical trial. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(5), 325-338. <https://doi.org/10.1111/jerd.12296>

Alhasyimi, A. A., Pudyani, P. S., & Hafizi, I. (2018). Effect of mangosteen peel extract as an antioxidant agent on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded to bleached teeth. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 23(5), 58–64. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.23.5.058-064.oar>

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>

Arrieta, Z. L., Fogalli, G. B., & Line, S. R. P. (2018). Digital enhancement of dental enamel microstructure images from intact teeth. *Microscopy Research and Technique*, 81(9), 1036–1041. <https://doi.org/10.1002/jemt.23070>

Avery, J. K., & Chiego, D. J. (2006). *Essentials of Oral Histology and Embriology: A Clinical Approach* (3a edição). Mosby Elsevier.

- Bansal, M., Kaur, P., Cyriac, A. R., Kadian, N., Jaiswal, P., & Rathee, K. (2019). Impact of Different Antioxidants on the Bond Strength of Resinbased Composite on Bleached Enamel- An *In Vitro* Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(1), 64-70.
- Bellan, J., Soares, R. C. V., Ribeiro, A. P. D., Soares, D. G. S., Sacono, N. T., Hebling, J., & Costa, C. A. S. (2011). Efeito de um Gel de Peróxido de Carbamida a 10% Sobre a Resistência de União de Restaurações Adesivas à Dentina. *Revista Odontológica do Brasil Central*, 20(53), 108-113.
- Berger, S. B., De Souza Carreira, R. P., Guiraldo, R. D., Lopes, M. B., Pavan, S., Giannini, M., & Bedran-Russo, A. K. (2013). Can green tea be used to reverse compromised bond strength after bleaching? *European Journal of Oral Sciences*, 121(4), 377–381. <https://doi.org/10.1111/eos.12062>
- Berkovitz, B. K. B., Holland, G. R., e Moxham, B. J. (2009). *Oral Anatomy, Histology and Embriology* (4a edição). Mosby Elsevier.
- Carey, C. M. (2014). Tooth whitening: What we now know. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 14(SUPPL.), 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2014.02.006>
- Carrillo, C.S. (2006). Dentina y adhesivos dentinarios. Conceptos actuales. *Revista ADM*, 63(2), 45-51.
- Carvalho, R.M., Tjäderhane, L., Manso, A.P., Carrilho, M.R. e Carvalho, C.A.R. (2012). Dentin as a bonding substrate. *Endodontic Topics*, 21, 62-88.
- Chaudhary, I., Tripathi, A. M., Yadav, G., & Saha, S. (2017). Effect of Casein Phosphopeptide-amorphous Calcium Phosphate and Calcium Sodium Phosphosilicate on Artificial Carious Lesions: An in vitro Study. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 10(3), 261. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1447>
- Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry*, 38(SUPPL.2), 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.001>

Chun, K. J., Choi, H. H., e Lee, J. Y. (2014). Comparison of mechanical property and role between enamel and dentin in the human teeth. *Journal of Dental Biomechanics*. [https://doi.org/ 10.1177/1758736014520809](https://doi.org/10.1177/1758736014520809)

Crescente, C. L., & Pinto, C. F. (2016). Análise da sensibilidade após o uso prévio de dessensibilizantes em clareamento dental. *Revista Brasileira de Odontologia*, 73(1), 34–38.

Dabas, D., Patil, A.C., & Uppin, V.M. (2011). Evaluation of the effect of concentration and duration of application of sodium ascorbate hydrogel on the bond strength of composite resin to bleached enamel. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(4), 356– 360. [https://doi.org/ 10.4103/0972-0707.87197](https://doi.org/10.4103/0972-0707.87197)

De Carvalho, H. C., Guiraldo, R. D., Poli-Frederico, R. C., Maciel, S. M., Moura, S. K., Lopes, M. B., & Berger, S. B. (2016). Correlation between antioxidant activity and bonding strength on bleached enamel. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica*, 2(1), 102–107. [https://doi.org/ 10.1080/23337931.2016.1222283](https://doi.org/10.1080/23337931.2016.1222283)

Dozic, A., Voit, N. F. A., Zwartser, R., Khashayar, G., & Aartman, I. (2010). Color coverage of a newly developed system for color determination and reproduction in dentistry. *Journal of Dentistry*, 38, 50–56. [https://doi.org/ 10.1016/j.jdent.2010.07.004](https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.004)

Ermis, R. B., Celik, E. U., Yildiz, G., & Yazkan, B. (2018). Effect of tooth discolouration severity on the efficacy and colour stability of two different trayless at-home bleaching systems. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 12(2), 120.

Feiz, A., Mosleh, H., & Nazeri, R. (2017). Evaluating the effect of antioxidant agents on shear bond strength of tooth-colored restorative materials after bleaching: A systematic review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 71, 156–164. [https://doi.org/ 10.1016/j.jmbbm.2017.03.010](https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.03.010)

Fejerskov, O., e Kidd, E. (2005). *Cárie Dentária - A Doença e seu Tratamento Clínico*. Livraria Santos.

Fernandes, H. O., Santos, L. B., & Firoozmand, L. M. (2015). Shear bond strength of an orthodontic self-etching adhesive after intracoronary bleaching. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 18(2), 117–124. [https://doi.org/ 10.1111/ocr.12067](https://doi.org/10.1111/ocr.12067)

- Fondriest, J. (2003). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 23(5), 467– 479. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.03.015>
- Fondriest, J. (2012). The Optical Characteristics of Natural Teeth. *Inside Dentistry*, 8(11), 1-5.
- Francci, C., Marson, F. C., Briso, A. L. F., & Gomes, M. N. (2010). Clareamento dental – Técnicas e conceitos atuais. *Revista Da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas*, (1), 78–89.
- Garcia, E. J., Oldoni, T. L., Alencar, S. M., Reis, A., Loguercio, A. D., & Grande, R. H. (2012). Antioxidant activity by DPPH assay of potential solutions to be applied on bleached teeth. *Brazilian Dental Journal*, 23(1), 22-27. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402012000100004>
- Greenwall-Cohen, J., & Greenwall, L. H. (2019). The single discoloured tooth: vital and non-vital bleaching techniques. *British Dental Journal*, 226(11), 839–849. <https://doi.org/10.1038/s41415-019-0373-9>
- He, L. H., & Swain, M. V. (2008). Understanding the mechanical behaviour of human enamel from its structural and compositional characteristics. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 1(1), 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2007.05.001>
- Heymann, H. O., Swift, Jr., E. J., & Ritter, A. V. (2013). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 6a edição, (pp. 2-6, 114-132, 307-314). Elsevier Mosby. ISBN: 978-0-3230-8333-1.
- Hilton, T., Ferracane, J. L., Broome, J. C., & Jr, J. dos S. (2013). *Summitt's Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. 4a edição, (pp. 25-35, 182-184, 427-477, 817-857, 860-862). Quintessence Publishing Co. Inc. ISBN: 978-0-86715528-0.
- Hirata, R., Ampessan, R. L., & Liu, J. (2001). Reconstrução de dentes anteriores com resinas compostas - uma sequência de escolha e aplicação de resinas. *Jornal Brasileiro de Clínica e Estética Em Odontologia*, 5(25), 15-25.
- Johnston, W. M. (2009). Color measurement in dentistry. *Journal of dentistry*, 37(SUPPL. 1), 2–6. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.03.011>

Joiner, A. (2004). Tooth colour: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32(SUPPL.), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>

Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67(June), S3-S10. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.09.006>

Junior, M. T., Rodrigues, C. A., Bernardes, V. L., Berlanga de Araujo, T. S., Antonio Nicoli, G., & dos Reis Derceli, J. (2018). Dental Bleaching and New Possibilities: Literature Review. *Health Science Journal*, 12(6), 1–6. <https://doi.org/10.21767/1791-809x.1000600>

Kadiyala, A., Saladi, H. K., Bollu, I. P., Burla, D., Ballullaya, S. V., Devalla, S., ... Jayaprakash, T. (2015). Effect of different antioxidants on shear bond strength of composite resins to bleached human enamel. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(11), ZC40-ZC43. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/16140.6790>

Karaarslan, E. S., Özmen, Z. C., Aytac, F., Bicakci, A.A. Buldur, M., Aydogan, L., ... Özkocak, B.B.C. (2018). Evaluation of biochemical changes in dental tissues after different office bleaching methods. *Human and Experimental Toxicology*, 38(4), 389-397. <https://doi.org/10.1177/0960327118817103>

Kılınç, H. İ., Aslan, T., Kılıç, K., Er, Ö., & Kurt, G. (2015). Effect of Delayed Bonding and Antioxidant Application on the Bond Strength to Enamel after Internal Bleaching. *Journal of Prosthodontics*, 25(5), 386–391. <https://doi.org/10.1111/jopr.12303>

Kim-Pusateri, S., Brewer, J. D., Davis, E. L., & Wee, A. G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(3), 193–199. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60028-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60028-7)

Kimyai, S., & Valizadeh, H. (2006). The effect of hydrogel and solution of sodium ascorbate on bond strength in bleached enamel. *Operative dentistry*, 31(4), 496-499.

Kinney, J.H., Nalla, R.K., Pople, J.A. Breunig, T.M. e Ritchie, R.O. (2005). Age- related transparent root dentin: mineral concentration, crystallite size, and mechanical properties. *Biomater.*, 26, 3363-3376.

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>
- Lago, A. D. N., & Garone-Netto, N. (2013). Microtensile bond strength of enamel after bleaching. *Indian Journal of Dental Research*, 24(1), 104–109. <http://www.ijdr.in/article.asp?issn=0970-9290;year=2013;volume=24;issue=1;spage=104;epage=109;aualast=Lago>
- Lagouvardos, P. E., Fougia, A. G., Diamantopoulou, S. A., & Gregory, L. (2009). Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(1), 40–45. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60289-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60289-9)
- Li, R., Ma, X., Liang, S., Sa, Y., Jiang, T., & Wang, Y. (2012). Optical properties of enamel and translucent composites by diffuse reflectance measurements. *Journal of Dentistry*, 40(SUPPL.1), e40–e47. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.04.016>
- Li, X., An, B., & Zhang, D. (2015). Determination of elastic and plastic mechanical properties of dentin based on experimental and numerical studies. *Applied Mathematics and Mechanics*, 36(10), 1347–1358. <https://doi.org/10.1007/s10483-015-1987-9>.
- Liberato, W. F., Barreto, I. C., Costa, P. P., de Almeida, C. C., Pimentel, W., & Tioosi, R. (2019). A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 121(2), 271-275.
- Lee, Y. K., Lu, H., & Powers, J. M. (2005). Measurement of opalescence of resin composites. *Dental Materials*, 21(11), 1068–1074. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.03.015>
- Lee, Y. K., & Powers, J. M. (2007). Color changes of resin composites in the reflectance and transmittance modes. *Dental Materials*, 23(3), 259–264. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.01.019>
- Lehmann, K. M., Igiel, C., Schmidtman, I., & Scheller, H. (2010). Four color- measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry*, 38(SUPPL. 2), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.006>

Love, R.M. (2004). Invasion of dentinal tubules by root canal bacteria. *Endodontic Topics*, 9, 52-65.

Manoharan, M., Shashibhushan, K. K., Poornima, P., Naik, S.N., Patil, D., & Shruthi, A. S. (2016). Effect of newer antioxidants on the bond strength of composite on bleached enamel. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 34, 391-6.

Mantzourani, M., & Sharma, D. (2013). Dentine sensitivity: Past, present and future. *Journal of Dentistry*, 41(4), S3–S17. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(13\)70002-2](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(13)70002-2)

Maran, B. M., Ziegelmann, P. K., Burey, A., de Paris Matos, T., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2019). Different light-activation systems associated with dental bleaching: a systematic review and a network meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 23(4), 1499–1512. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02835-x>

Marshall, G.W., Marshall, S.J., Kinney, J.H. e Balooch, M. (1997). The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *Journal of Dentistry*, 25(6), 441-458.

Mehta, A. B., Kumari, V., Jose, R., & Izadikhah, V. (2014). Remineralization potential of bioactive glass and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on initial carious lesion: An in-vitro pH-cycling study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 17(1), 3.

Miranda, T., Moura, S., Amorim, V., Terada, R., & Pascotto, R. (2013). Influence of exposure time to saliva and antioxidant treatment on bond strength to enamel after tooth bleaching - an in-situ study. *Journal of Applied Oral Science*, 21(6), 567–574. <https://doi.org/10.1590/1679-775720130035>

Mjör, I.A. (2009). Dentin permeability: the basis for understanding pulp reactions and adhesive technology. *Braz. Dent. J.*, 20(1), 3-16.

Monteiro, D., Moreira, A., Cornacchia, T., & Magalhães, C. (2017). Evaluation of the effect of different enamel surface treatments and waiting times on the staining prevention after bleaching. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9(5), e677. <https://doi.org/10.4317/jced.53712>

Montoya, C., Arango-Santander, S., Peláez-Vargas, A., Arola, D., e Ossa, E. A. (2015). Effect of aging on the microstructure, hardness and chemical composition of dentin. *Archives of Oral Biology*, 60(12), 1811–1820. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2015.10.002>

- Murad, C. G., Andrade, S. N. D., Disconzi, L. R., Munchow, E. A., Piva, E., Pascotto, R. C., & Moura, S. K. (2016). Influence of 10% sodium ascorbate gel application time on composite bond strength to bleached enamel. *Acta biomaterialia odontologica Scandinavica*, 2(1), 49-54.
- Muraguchi, K., Shigenobu, S., Suzuki, S., & Tanaka, T. (2007). Improvement of Bonding to Bleached Bovine Tooth Surfaces by Ascorbic Acid Treatment. *Dental Materials Journal*, 26(6), 875–881. <https://doi.org/10.4012/dmj.26.875>
- Mushashe, A. M., Coelho, B. S., Garcia, P. P., Rechia, B. C. N., Cunha, L. F., Correr, G. M., & Gonzaga, C. C. (2018). Effect of different bleaching protocols on whitening efficiency and enamel superficial microhardness. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 10(8), e772-e775. doi:10.4317/jced.54967
- Nair, R., Bandhe, S., Ganorkar, O. K., Saha, S., Sial, S., & Nair, A. (2019). A comparative evaluation of the three different antioxidant treatments on the bond strength of composite resin to bleached enamel: An *in vitro* study. *Journal of Conservative Dentistry*, 22(1), 82-86. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_193_18
- Nanci, A. (2017). *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure, and Function*. 8a edição, (pp. 122-164). Elsevier Mosby.
- 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(22), 126-132. <https://doi.org/10.4317/jced.55359>
- Narayana, S. S., Deepa, V. K., Ahamed, S., Sathish, E. S., Meyappan, R., & Kumar, K. S. (2014). Remineralization efficiency of bioactive glass on artificially induced carious lesion an in-vitro study. *Journal of indian society of pedodontics and preventive dentistry*, 32(1), 19.
- Oliveira, N.A., Diniz, L.S.M., Svizero, N.R., D'Alpino, P.H.P. e Pegoraro, C. (2010). Dental Adhesives: new concepts and clinical applications, *Revista Dentística online*, 9(19), 6-14.
- Ordem dos Médicos Dentistas. (2013). Novas regras da União Europeia aplicáveis ao branqueamento dentário. Ordem dos Médicos Dentistas. Retirado em: 15/03/2019 de www.omd.pt/branqueamento/legislação.

Park, J. H., Lee, Y. K., & Lim, B. S. (2003). Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 96(6), 402–411. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2006.10.007>

Pecho, O. E., Ghinea, R., Alessandretti, R., Pérez, M. M., & Della Bona, A. (2016). Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dental materials*, 32(1), 82-92.

Perdigão, J., Swift, E.J. e Walter, R. (2013). Fundamental concepts of enamel and dentin adhesion. In H. O. Heymann, E. Swift, Jr. e A. Ritter, *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*, 6th Ed., (pp.114-140). Elsevier Mosby.

Perdigão, J. (2016) *Tooth Whitening: An Evidence-Based Perspective*. 1a edição, (pp. 3- 72, 101-163). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-38849-6>

Pirollo, R., Mondelli, R. F. L., Correr, G. M., Gonzaga, C. C., & Furuse, A. Y. (2014). Effect of coffee and a cola-based soft drink on the color stability of bleached bovine incisors considering the time elapsed after bleaching. *Journal of Applied Oral Science*, 22(6), 534-540. <https://doi.org/10.1590/1678-775720130578>

Rana, R., Kaushik, M., Sharma, R., Reddy, P., & Mehra, N. (2019). Comparative evaluation of effects of natural antioxidants on the shear bond strength of composite resin to bleached enamel. *Indian Journal of Dental Research*, 30(1), 112-6. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_397_17

Redha, O., Strange, A., Maeva, A., Sambrook, R., Mordan, N., McDonald, A., & Bozec, L. (2019). Impact of Carbamide Peroxide Whitening Agent on Dentinal Collagen. *Journal of Dental Research*, 98(4), 443–449. <https://doi.org/10.1177/0022034518822826>

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>

Ryou, H., Romberg, E., Pashley, D. H., Tay, F. R., & Arola, D. (2015). Importance of age on the dynamic mechanical behavior of intertubular and peritubular dentin. *Journal of the*

Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 42, 229–242. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2014.11.021>

Silva, M. F., e Ginjeira, A. (2011). Hipersensibilidade dentinária: Etiologia e prevenção. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária E Cirurgia Maxilofacial*, 52(4), 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2011.09.002>

Schmitt, V. L., Puppim-Rontani, R. M., Naufel, F. S., Nahsan, F. P. S., Sinhoreti, M. A. C., & Baseggio, W. (2011). Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *ISRN Dentistry*, 2011, 1–6. <https://doi.org/10.5402/2011/617672>

Shahmoradi, M., Bertassoni, L. E., Elfallah, H. M., & Swain, M. (2014). Fundamental Structure and Properties of Enamel, Dentin and Cementum. *Biomaterials Science and Engineering*, 17, 511-547 (Vol.2). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-53980-0>

Sharafeddin, F., & Farshad, F. (2015). The Effect of Aloe Vera, Pomegranate Peel, Grape Seed Extract, Green Tea, and Sodium Ascorbate as Antioxidants on the Shear Bond Strength of Composite Resin to Home-bleached Enamel. *Journal of Dentistry (Shīrāz, Iran)*, 16(4), 296–301.

Subramonian, R., Mathai, V., Christaine Angelo, J. B., & Ravi, J. (2015). Effect of three different antioxidants on the shear bond strength of composite resin to bleached enamel: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 18(2), 144-8. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.153076>.

Swift, E.J. (2002). Dentin/enamel adhesives: review of literature. *Pediatric Dentistry*, 24(5), 456-461.

Taneja, S., Kumar, M., Agarwal, P. M., & Bhalla, A. S. (2018). Effect of potential remineralizing agent and antioxidants on color stability of bleached tooth exposed to different staining solutions. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 21(4), 378. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_354_17

Thapa, A., Vivekananda, P.A., & Thomas, M.S. (2013). Evaluation and comparison of bond strength to 10% carbamide peroxide bleached enamel following the application of 10% and

25% sodium ascorbate and alfa tocopherol solution: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 16, 111–5. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.108184>

Tjäderhane, L., Carrilho, M. R., Breschi, L., Tay, F. R., e Pashley, D. H. (2009). Dentin basic structure and composition-an overview. *Endodontic Topics*, 20(1), 3–29. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2012.00269.x>

Torres, C. R., Zanatta, R. F., Silva, T. J., & Borges, A. B. (2019). Effect of calcium and fluoride addition to hydrogen peroxide bleaching gel on tooth diffusion, color, and microhardness. *Operative dentistry*, 44(4), 424-432. <https://doi.org/10.2341/18-113-L>

Vidhya, S., Srinivasulu, S., Sujatha, M., & Mahalaxmi, S. (2011). Effect of Grape Seed Extract on the Bond Strength of Bleached Enamel. *Operative Dentistry*, 36(4), 433– 438. <https://doi.org/10.2341/10-228-L>

Vohra, F. A., & Kasah, K. (2014). Influence of bleaching and antioxidant agent on microtensile bond strength of resin-based composite to enamel. *Saudi Journal for Dental Research*, 5(1), 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.ksujds.2013.06.001>

Xie, Z., Abbott, P. V., Munroe, P., Zhao, X., Habibi, D., O'Brien, S., ... Xu, J. (2014). Size dependent elastic modulus and mechanical resilience of dental enamel. *Journal of Biomechanics*, 47(5), 1060–1066. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.12.030>

Yu, B., & Lee, Y. K. (2008). Influence of color parameters of resin composites on their translucency. *Dental Materials*, 24(9), 1236–1242. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.01.016>

Zhang, Y. R., Du, W., Zhou, X. D., & Yu, H. Y. (2014). Review of research on the mechanical properties of the human tooth. *International Journal of Oral Science*, 6(2), 61–69. <https://doi.org/10.1038/ijos.2014.21>

ANEXOS

Anexo 1- Parecer da Comissão da Ética do IUEM.

Comissão de Ética EGAS MONIZ



Proc. Interno nº 810

Ex.ma Senhora
Carlota Alexandra Ferreira Simões

Monte de Caparica, 19 de dezembro de 2019.

Ex.ma Senhora,

Em resposta ao Pedido de Parecer que submeteu à apreciação da Comissão de Ética da Egas Moniz, com o tema denominado “**Efeito dos antioxidantes e agentes remineralizantes na estabilidade da cor em dentes branqueados**”, foi aprovado por unanimidade.

Com os melhores cumprimentos,

A Presidente da Comissão de Ética da Egas Moniz

Prof^a. Doutora Maria  Fernanda de Mesquita

Anexo 2- Autorização da Direção Clínica da Clínica Universitária Egas Moniz para a cedência de dentes provenientes do Banco de Dentes Humanos.



Declaração da Direção Clínica para cedência de dentes do BDH para realização do trabalho de projeto final do Mestrado Integrado de Medicina Dentária

Código | IMP.CDEM.04_01

IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDANTE: Carlota Alexandra Ferreira Simões

TÍTULO DO TRABALHO: "Efeito dos antioxidantes e agentes remineralizantes na estabilidade da cor em dentes branqueados."

Excelentíssima Professora Doutora Fernanda de Mesquita – Presidente da Comissão de Ética,

O(a) aluno(a) Carlota Alexandra Ferreira Simões pode utilizar dentes Molares hígidos (24 dentes) do Banco de Dentes Humanos (BDH) da Clínica Dentária Egas Moniz (CDEM).

Aguardo a aprovação da Comissão Científica e da Comissão de Ética, para cedência dos dentes.

Atenciosamente, com os melhores cumprimentos

Monte da Caparica, 11 Dezembro de 2019

Direção Clínica

Anexo 3- Tabela referente aos produtos, fabricante, composição química, lote e validade 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)	BGP3	10/2021
Ascorbato de Sódio a 10%	Laboratório de Preparações do IUEM	Ascorbato de sódio (10%), carbopol 934 (2,5%), trietanolamina, pH 7 (Kimyai & Valizadeh, 2006)	-	-
Extrato de Semente de Uva a 5%	Solgar Inc, EUA	Extrato de semente de uva e água destilada	223113- 05	10/2021
Sensodyne[®], Repair & Protect	GlaxoSmith Kline, Lda., United Kingdom	Fosfossilicato de cálcio e sódio (5%), fluor de sódio (0,3152%), glicerina, PEG-8, sílica hidratada, cocamidopropil, betaína, sódio, metil cocoil taurato, aroma, dióxido de titânio e carbono.	01265KHB	02/2021

Anexo 4- Tabela referente à representação da média do parâmetro L*, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.

							Intervalo de confiança de 95%	
	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Limite superior	Limite inferior
L* (T0)	G1	16	72,28	0,35	68,90	75,10	73,03	71,54
	G2	16	74,21	1,01	66,20	80,50	76,37	72,04
	G3	16	72,30	0,76	66,40	79,20	73,94	70,65
	TOTAL	48						
L* (T1)	G1	16	76,60	0,63	68,90	79,40	77,96	75,24
	G2	16	78,83	0,57	74,80	82,70	80,05	77,61
	G3	16	77,35	0,51	74,70	81,10	78,45	76,26
	TOTAL	48						
L* (T2)	G1	16	77,59	0,31	75,20	79,60	78,26	76,92
	G2	16	78,54	0,56	74,80	82,50	79,73	77,34
	G3	16	78,35	0,41	76,10	81,90	79,23	77,47
	TOTAL	48						
L* (T3)	G1	16	77,23	0,36	74,70	79,90	78,00	76,45
	G2	16	76,88	0,55	73,00	81,50	78,06	75,70
	G3	16	76,75	0,62	72,80	80,70	78,07	75,42
	TOTAL	48						

Anexo 5- Tabela referente à representação da média do parâmetro a*, desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.

							Intervalo de confiança de 95%		
	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Limite superior	Limite inferior	
a* (T0)	G1	16	1,26	0,30	-1,00	3,00	1,91	0,61	
	G2	16	2,81	0,61	-1,00	7,00	4,13	1,50	
	G3	16	4,88	0,45	1,90	7,60	5,84	3,92	
	TOTAL	48							
a* (T1)	G1	16	-0,03	0,23	-2,20	1,30	0,45	-0,53	
	G2	16	2,18	0,40	-0,10	5,40	3,05	1,32	
	G3	16	2,87	0,22	0,80	4,50	2,39	3,35	
	TOTAL	48							
a* (T2)	G1	16	0,00	0,16	-0,80	1,50	0,35	-0,35	
	G2	16	1,97	0,37	-0,20	5,10	2,77	1,17	
	G3	16	2,73	0,23	1,40	5,10	3,24	2,22	
	TOTAL	48							
a* (T3)	G1	16	-0,02	0,17	-1,60	0,90	0,35	-0,40	
	G2	16	1,52	0,32	-0,50	4,40	2,20	0,84	
	G3	16	2,39	0,21	0,30	4,00	2,84	1,94	
	TOTAL	48							

Anexo 6- Tabela referente à representação da média do parâmetro b^* , desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior.

							Intervalo de confiança de 95%	
	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Limite superior	Limite inferior
b* (T0)	G1	16	16,58	0,73	9,70	21,00	18,14	15,02
	G2	16	18,52	1,28	10,70	26,40	21,25	15,79
	G3	16	21,36	1,08	16,10	28,10	23,67	19,04
	TOTAL	48	18,82	1,03				
b* (T1)	G1	16	11,18	0,55	5,50	14,70	12,36	10,01
	G2	16	16,35	0,71	12,00	21,80	17,87	14,82
	G3	16	17,45	0,68	13,50	24,00	18,90	15,99
	TOTAL	48	14,99	0,65				
b* (T2)	G1	16	11,48	0,52	7,20	15,60	12,60	10,35
	G2	16	15,25	0,75	10,30	22,90	16,86	13,64
	G3	16	15,66	0,78	10,20	24,30	17,34	13,99
	TOTAL	48	14,13	0,68				
b* (T3)	G1	16	11,37	0,49	7,00	14,90	12,43	10,31
	G2	16	14,81	0,77	10,30	23,10	16,46	13,16
	G3	16	16,07	0,68	13,00	23,60	17,53	14,61
	TOTAL	48	14,08	0,65				

Anexo 7- Tabela referente à representação da média de ΔE^* , desvio-padrão, mínimo, máximo, limite superior e limite inferior nos grupos G1, G2 e G3.

							Intervalo de confiança de 95%	
	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Limite superior	Limite inferior
$\Delta E^*(T0)$	G1	16	74,23	0,42	70,23	77,57	75,13	73,33
	G2	16	76,78	0,77	71,61	81,58	78,42	75,13
	G3	16	75,67	0,80	70,59	81,83	77,40	73,95
	TOTAL	48						
$\Delta E^*(T1)$	G1	16	77,45	0,61	70,40	80,21	78,76	76,14
	G2	16	80,61	0,48	78,03	84,12	81,65	79,57
	G3	16	79,40	0,51	76,35	83,56	80,49	78,30
	TOTAL	48						
$\Delta E^*(T2)$	G1	16	78,46	0,35	75,69	80,87	79,22	77,70
	G2	16	80,11	0,47	76,95	83,43	81,12	79,09
	G3	16	80,01	0,43	77,54	83,84	80,95	79,07
	TOTAL	48						
$\Delta E^*(T3)$	G1	16	78,09	0,37	75,54	80,92	78,89	77,28
	G2	16	78,39	0,47	75,83	82,42	79,41	77,36
	G3	16	78,50	0,58	74,30	82,06	79,75	77,25
	TOTAL	48						