



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ESTUDO IN VITRO DO EFEITO DE DOIS GÉIS DE
BRANQUEAMENTO DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES NAS
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E DUREZA DO
ESMALTE DENTÁRIO**

Trabalho submetido por
Maria Leonor Pedro Pinto da Silva
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2015



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ESTUDO IN VITRO DO EFEITO DE DOIS GÉIS DE
BRANQUEAMENTO DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES NAS
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E DUREZA DO
ESMALTE DENTÁRIO.**

Trabalho submetido por
Maria Leonor Pedro Pinto da Silva
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Professor Doutor Pedro Moura

outubro de 2015

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Pedro Moura pela ajuda que me deu na escolha do tema, por toda a amabilidade e simpatia com que sempre me esclareceu todas as dúvidas e pelo apoio ao longo de todo o projeto.

Ao Professor Doutor Mário Polido por ter disponibilizado o Laboratório de Biomateriais e por toda a ajuda dada a explicar o funcionamento de todos os equipamentos do Laboratório.

Ao Professor Doutor Jorge Caldeira por todo o apoio e por ter cedido o Laboratório e o Microscópio de Força Atômica para a realização deste projeto e pela confiança que depositou em mim.

A todos os meus Professores, especialmente aos do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, que contribuíram para a minha formação académica e por tudo o que me ensinaram.

À minha família, especialmente aos meus pais e à minha irmã que sempre me apoiaram mesmo nos momentos de maior ansiedade, um obrigado especial por toda a paciência, por todas as palavras de carinho e incentivo, por todos os momentos de alegria e principalmente por me tornarem na pessoa que sou hoje.

Ao meu Agrupamento 371 por ter sido essencial no meu crescimento e formação pessoal e por todos os valores inculcados.

À Sara N., por ser a melhor parceira de box que poderia ter tido, à Inês S., à Inês G., ao Paulo C. e à Marta V. por cinco anos incríveis, por estarem sempre presentes, pelos momentos que passamos e por todos os que ainda estão para vir.

Aos meus amigos mais próximos que sempre me acompanharam, motivaram a fazer mais e melhor e pelo apoio incondicional.

Às companheiras do Laboratório, que tornaram o mês de Agosto mais suportável e especialmente à Sofia por toda a paciência com o AFM.

RESUMO

Objetivos: Avaliar a rugosidade e microdureza do esmalte dentário humano após branqueamento com géis de semelhantes concentrações de peróxido de carbamida (PC) e verificar se existe influência do nitrato de potássio e flúor na rugosidade e microdureza do esmalte após o branqueamento.

Materiais e métodos: Foram utilizados 15 molares, que quando seccionados originaram 30 amostras. As amostras foram divididas aleatoriamente por três grupos: dois de estudo (A e B) e um de controlo, com 10 amostras cada. A cada grupo de estudo foi atribuído um gel. Ao Grupo A foi atribuído o gel Opalescence PF com 16% de PC com nitrato de potássio e flúor e ao Grupo B o gel Zaris™ White & Brite com 16% de PC. Durante todo o estudo o grupo de controlo foi mantido em água destilada. Previamente à aplicação dos géis, quatro amostras de cada grupo de estudo foram analisadas com o AFM. Os géis foram aplicados durante 14 dias. Ao Grupo A durante 6 horas e ao Grupo B durante 2 horas, conforme as indicações do fabricante. No final, a dureza de todas as amostras foi testada com a máquina de Vickers e novamente as mesmas 8 amostras analisadas com o AFM de forma a obter a rugosidade final.

Resultados: O teste de dureza de Vickers verificou uma dureza média do Grupo A significativamente menor que dos Grupos B e de controlo. O AFM revelou que as médias de rugosidade iniciais entre os dois grupos não eram significativas, assim como as médias de rugosidade finais. Houve significância na diferença da média inicial e final do Grupo B, ao contrário do Grupo A onde não existiu significância.

Conclusões: Verificou-se uma média de dureza mais baixa no Grupo A. Observou-se uma diferença significativa entre a rugosidade inicial e final no Grupo B.

Palavras-chave: Branqueamento dentário; Peróxido de carbamida; Nitrato de potássio; Flúor; Microdureza; Rugosidade.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the roughness and hardness of enamel when subjected to the action of two tooth bleaching gels with the same PC concentration and to verify if there is any influence of potassium nitrate and fluoride in roughness and enamel hardness after bleaching.

Materials and methods: Fifteen healthy molars were used and sectioned to make 30 samples. The samples were divided randomly into three groups: two study groups (A and B) and a control group, with 10 samples each. Each study group was assigned a gel. To Group A was assigned the Opalescence PF gel with 16% of PC with potassium nitrate and fluoride and to Group B the Zaris™ White & Brite gel with 16% of PC. Throughout the study control group was kept in distilled water. Previously to applying the gels, four samples of each study group were analysed with AFM. During 14 days the gels were applied to each group. In Group A the gel was applied for 6 hours and in Group B for 2 hours a day, according to the manufacturer's instructions. At the end, the hardness of all samples was tested with a Vickers machine and afterwards the same 8 samples were analyzed with AFM in order to obtain the final surface roughness.

Results: The Vickers Hardness test showed a significantly lower hardness value for Group A when compared to Group B and with the control group. The AFM showed that the initial roughness average value between the two groups was not significant as well as the average final roughness value. There was a significant difference in the initial and final average value in Group B, as opposed to Group A where there was no significant difference.

Conclusions: There was a lower average hardness values in Group A. A significant difference between initial and final roughness values in Group B was also observed.

Keywords: Tooth bleaching; Carbamide peroxide; Potassium nitrate; Fluoride; Microhardness; Roughness.

ÍNDICE

I.	INTRODUÇÃO	19
1	O dente.....	19
1.1	Esmalte	19
1.1.1	Estrutura histológica	20
1.1.2	Propriedades físicas	20
1.1.3	Composição química.....	22
1.1.4	Permeabilidade do esmalte	23
2	Cor	24
2.1	Etiologia da pigmentação dentária	24
2.1.1	Pigmentação intrínseca	25
2.1.2	Pigmentação extrínseca.....	26
3	Fundamentos do branqueamento dentário	26
3.1	Mecanismo de ação	27
3.2	Fatores que influenciam o branqueamento.....	29
3.2.1	Tipo de branqueamento dentário	30
3.2.2	Concentração e tempo.....	30
3.2.3	Calor e luz.....	30
3.2.4	pH.....	31
3.2.5	Outros fatores.....	32
3.3	Indicações e contraindicações para branqueamento dentário	32
3.4	Efeitos secundários.....	33
3.4.1	Sensibilidade dentária	33
3.4.2	Irritação gengival e da mucosa oral	35
3.4.3	Irritação dos tecidos gastrointestinais	36
3.4.4	Efeitos no esmalte e na dentina.....	36
4	Técnicas de branqueamento.....	37
4.1	Branqueamento de dentes não-vitais	37
4.1.1	Branqueamento interno	38
4.1.2	Branqueamento externo	39
4.1.3	Técnica combinada	40
4.2	Branqueamento de dentes vitais	40

4.2.1	Branqueamento em consultório	41
4.2.2	Branqueamento em ambulatório	42
4.2.3	Branqueamento combinado	43
4.2.4	Materiais de venda livre	43
5	Microscópio de Força Atômica	43
6	Teste de dureza de Vickers	44
II.	OBJETIVOS.....	45
	Objetivos	45
	Hipóteses.....	45
III.	MATERIAIS E MÉTODOS	47
	Protocolo experimental	47
	Análise estatística	54
IV.	RESULTADOS.....	55
1	Resultados do teste de microdureza de Vickers	55
1.1	Análise estatística.....	57
2	Resultados da medição de rugosidade com o Microscópio de Força Atômica TT-AFM.....	59
2.1	Análise estatística.....	62
2.1.1	Diferenças entre a média inicial de rugosidade dos grupos A e B	62
2.1.2	Diferenças entre a média final de rugosidade dos grupos A e B	63
2.1.3	Comparação entre a média inicial e final de rugosidade do Grupo A ..	64
2.1.4	Comparação entre a média inicial e final de rugosidade do Grupo B ..	65
V.	DISCUSSÃO.....	67
	Perspetivas futuras	73
VI.	CONCLUSÃO	75
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	77
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Oxidação da cadeia dupla do cromogéneo pelo peróxido de hidrogénio (Carey, 2014).....	28
Figura 2 - Esquema do mecanismo de ação do peróxido de hidrogénio (Dahl & Pallesen, 2003).....	29
Figura 3 - Micrótopo de tecidos duros Struers Accutom-50.....	48
Figura 4 – Corte no sentido mesio-distal nos dentes.....	49
Figura 5 - (a) Imagem inicial da peça número 3 do Grupo A; (b) Imagem inicial da peça número 4 do grupo B.....	50
Figura 6 - (a) Microscópio de Força Atómica TT-AFM; (b) Obtenção de imagem com o TT-AFM.....	50
Figura 7 - Gel de branqueamento A: Opalescence PF (Ultradent Products, South Jordan, EUA) com 16% de peróxido de carbamida com nitrato de potássio e flúor.....	51
Figura 8 - Gel de branqueamento B: Zaris™ White & Brite (3M ESPE, Seefeld, Germany) com 16% de peróxido de carbamida.....	51
Figura 9 - Esquema do tempo de aplicação de cada gel ao respetivo grupo.....	51
Figura 10 - (a) Grupo A com o gel aplicado; (b) Grupo B com o gel aplicado.....	52
Figura 11 - a) Máquina de teste Shimadzu HSV-30 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão; (b) Teste de microdureza à amostra.....	52
Figura 12 - (a) Imagem final da peça número 2 do Grupo A; (b) Imagem final da peça número 2 do grupo B.....	53
Figura 13 - Indentações feitas no teste de Vickers.....	53
Figura 14 - Indentações nas amostras, realizadas de forma a obter os valores de microdureza na unidade HV.....	56
Figura 15 - (a) Imagem inicial da peça número 1 do grupo A; (b) Imagem final da peça número 1 do grupo A.....	60
Figura 16 - (a) Imagem inicial da peça número 2 do grupo A; (b) Imagem final da peça número 2 do grupo A.....	60
Figura 17 - (a) Imagem inicial da peça número 3 do grupo A; (b) Imagem final da peça número 3 do grupo A.....	60
Figura 18 - (a) Imagem inicial da peça número 4 do grupo A; (b) Imagem final da peça número 4 do grupo A.....	60

Figura 19 - (a) Imagem inicial da peça número 2 do grupo B; (b) Imagem final da peça número 2 do grupo B	61
Figura 20 - (a) Imagem inicial da peça número 1 do grupo B; (b) Imagem final da peça número 1 do grupo B	61
Figura 21 - (a) Imagem inicial da peça número 3 do grupo B; (b) Imagem final da peça número 3 do grupo B	62
Figura 22 - (a) Imagem inicial da peça número 4 do grupo B; (b) Imagem final da peça número 4 do grupo B	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos dois géis de branqueamento utilizados.....	47
Tabela 2 - Divisão das amostras pelos três grupos	49
Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão das medições de microdureza. Os valores apresentados estão na unidade HV	55
Tabela 4 - Valores médios de dureza de cada grupo. Os valores apresentados estão na unidade HV.....	56
Tabela 5 – Comparações múltiplas entre os diferentes grupos da variável dureza	57
Tabela 6 - Valores iniciais para as quatro amostras do grupo A	59
Tabela 7 - Valores finais para as quatro amostras do grupo A.....	59
Tabela 8 - Valores iniciais para as quatro amostras do grupo	61
Tabela 9 - Valores finais para as quatro amostras do grupo B.....	61
Tabela 10 – Valores da média inicial de rugosidade e do desvio padrão para cada grupo	62
Tabela 11 - Teste t-student para 2 amostras independentes	62
Tabela 12 - Valores da média final de rugosidade e do desvio padrão para cada grupo.....	63
Tabela 13 - Teste t-student para 2 amostras independentes	63
Tabela 14 – Comparação entra a média e o desvio padrão inicial e final do Grupo A .	64
Tabela 15 - Teste t-student para 2 amostras dependentes.....	65
Tabela 16 - Comparação entra a média e o desvio padrão inicial e final do Grupo B ..	65
Tabela 17 - Teste t-student para 2 amostras dependentes.....	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Médias de dureza dos grupos de estudo	58
Gráfico 2 - Rugosidades iniciais médias do Grupo A e do Grupo B.....	63
Gráfico 3 - Rugosidades finais médias do Grupo A e do Grupo B	64
Gráfico 4 - Comparação das médias de rugosidade finais e iniciais de cada grupo.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS

PC – Peróxido de Carbamida

AFM – Atomic Force Microscopy

µm – Micrómetro

Gpa – Gigapascal

Mpa - Megapascal

ISO – Internacional Organization for Standartization

LED – Light Emitting Diode

ADA – American Dental Association

ACP – Fosfato de cálcio amorfo

AINEs - Anti-inflamatórios não esteroides

SPSS - Statistical Package for Social Sciences

N – Newton

HV – Vickers Hardness

nm – Nanómetro

I. INTRODUÇÃO

1 O dente

O dente é uma das principais estruturas da cavidade oral e em conjunto com os lábios, a língua, a mucosa oral e as glândulas salivares participam em processos como a mastigação, a fala, a expressão facial e a respiração (Young, Lowe, Stevens & Heath, 2007).

Macroscopicamente o dente é constituído por dois segmentos, a coroa e a raiz. A raiz é a porção dentária coberta pelo cimento e que se encontra inserida no alvéolo, constituído por osso alveolar. A ligar o cimento da raiz ao osso alveolar por meio de fibras de colagénio encontra-se o ligamento periodontal, composto por tecido conjuntivo fibroso. Já a coroa é a porção que se encontra exposta acima da mucosa oral. À zona de união entre a coroa e a raiz dá-se o nome de colo do dente. A porção mais interna do dente é a polpa. Esta é constituída por tecido conjuntivo laxo sendo bastante vascularizada e com inúmeras terminações nervosas sensitivas. A rodear a polpa encontra-se a dentina, que apesar de ser um tecido mineralizado tem no entanto uma matriz orgânica. A coroa do dente é na sua totalidade revestida por esmalte, um tecido altamente mineralizado (Mescher, 2013; Young *et al.*, 2007).

1.1 Esmalte

O esmalte é o tecido do corpo humano de maior dureza, constituído maioritariamente por tecido inorgânico, cerca de 96%, essencialmente hidroxiapatite. Apresenta também na sua constituição cerca de 1% a 2% de matriz orgânica e cerca de 2% de água. A parte superficial do esmalte é talvez a que tem maior interesse clínico, pois é esta que entra em contacto com o meio oral. À superfície o esmalte é menos poroso e menos solúvel, mais duro e mais radiopaco. (Berkovitz, Holland & Moxham, 2009).

A estrutura única da organização dos cristais de hidroxiapatite, em prismas e rodeados por uma matriz orgânica, torna o esmalte mais resistente e até fornece um certo grau de flexibilidade, tornando-o mais capaz de resistir a fraturas (An, Wang, Arola & Zhang, 2015; Avery, 2002).

1.1.1 Estrutura histológica

A unidade básica estrutural do esmalte são os prismas de esmalte, formados essencialmente por cristais de hidroxiapatite. No entanto, se durante a formação dentária o indivíduo for exposto a certos componentes, estes podem ser também incorporados no esmalte em formação. Os prismas são colunas mais ou menos cilíndricas que se estendem desde a estreita camada do esmalte aprismático, depositado no início da amelogénese (Avery, 2002; Katchburian & Arana, 2004).

Os prismas de esmalte têm uma forma e organização únicas, e cada cristal cresce maioritariamente em espessura. Durante a formação do esmalte as proteínas que formam a matriz orgânica são segregadas pelos ameloblastos no sentido cervical e a mineralização ocorre imediatamente. Assim, o esmalte do dente engrossa e os cristais crescem em largura e espessura até que os cristais adjacentes entrem em contato. Os cristais de hidroxiapatite densamente empacotados dispõem-se seguindo, aproximadamente, o longo eixo do prisma. Do centro para a periferia do prisma, a orientação dos cristais muda, mostrando uma inclinação progressiva. As zonas periféricas dos prismas, chamadas regiões interprismáticas, completam a estrutura cristalina do esmalte (Katchburian & Arana, 2004; Hu *et al.*, 2008). O tamanho, a forma e a organização do fosfato de cálcio amorfo que se deposita no início da formação de cada cristal e que depois se transforma em cristais de hidroxiapatite sugere que a forma e a organização dos minerais já está determinada *a priori* pois esta organização é semelhante à encontrada nos cristais formados anteriormente (Beniash, Metzler, Lam & Gilbert, 2009; Moradian-Oldak, 2013).

1.1.2 Propriedades físicas

Os prismas de esmalte têm um diâmetro de cerca de 5 μm e cada prisma é separado por uma muito fina camada de matriz orgânica à base de proteínas (Park, Wang, Zhang, Romberg & Arola, 2008).

No entanto, apesar do esmalto maduro ser composto quase unicamente por hidroxiapatite, o facto de entre os primas se encontrar água e uma matriz orgânica fornece-lhe grande durabilidade e aumenta a resistência à fratura para suportar as forças oclusais e as forças da mastigação. Estudos destacam também a importância da matriz

proteica na absorção de energia transmitida ao dente durante a mastigação (Park *et al.*, 2008; Schmitz *et al.*, 2014).

O esmalte possui uma superfície polida e a sua cor varia de amarelo claro a branco acinzentado. A dureza e densidade do esmalte muda ao longo de toda a superfície, sendo mais denso e resistente nas cúspides e cristas (Chun, Choi & Lee, 2014).

Nos prismas, os cristais de hidroxiapatite não se encontram apenas ordenados seguindo a direção do longo eixo do prisma. Na base estão alinhados com este eixo, no entanto, seguindo para o topo do prisma começam a estar dispostos com um ângulo de 60° em relação ao longo eixo. Nota-se então um aumento gradual no ângulo de inclinação dos cristais, deste a base do prisma até ao seu topo. A disposição dos prismas e a proporção entre os elementos minerais e orgânicos fornece a este tecido uma combinação única de propriedades mecânicas (An *et al.*, 2015; Habelitz, Marshall, Jr & Balooch, 2001; Moradian-Oldak, 2013).

As propriedades mecânicas do dente estão fortemente interligadas com a orientação dos cristais e incluem a elasticidade, a dureza, e a resistência à fratura (Zhang, Du, Zhou & Yu, 2014). De forma a determinar a elasticidade, a resistência e a dureza das peças dentárias tem sido efetuados testes, tais como testes de resistência à tração e à flexão (Habelitz *et al.*, 2001; Moradian-Oldak, 2013).

Assim o módulo de elasticidade, também conhecido como módulo de Young, é um valor utilizado para medir a rigidez de um material. Para dentes humanos, o módulo de Young indica a capacidade do esmalte e dentina em resistir à deformação elástica. Apesar de ser constituído essencialmente por tecido mineralizado, o esmalte apresenta um elevado módulo de elasticidade pois este módulo é determinado não só pelo volume dos seus constituintes, mas também pelo arranjo espacial dos cristais. De acordo com estudos efetuados, o módulo de elasticidade do esmalte varia de 70 a 120 GPa (An *et al.*, 2015; Habelitz *et al.*, 2001; L. H. He & Swain, 2008; Zhang *et al.*, 2014).

Já a dureza é definida como a habilidade que o material tem em resistir à deformação plástica, à deformação elástica e à fratura. O módulo de dureza do esmalte está descrito na literatura como tendo valores entre 3 a 6 GPa (Park *et al.*, 2008; Rivera, Arola & Ossa, 2013; Zhang *et al.*, 2014).

Tanto o valor do módulo de Young como do módulo de dureza dependem da localização da avaliação e da idade do paciente. Segundo a localização de avaliação a

dureza e módulo de Young foram maiores quando medidos em oclusal ao invés do que aconteceu em secções longitudinais. Para um dente individual, foi determinada a média de dureza de 3.7 e 3.1 GPa e módulo de 98 e 86 GPa em superfícies oclusais e laterais, respetivamente. Igualmente, a dureza e módulo de elasticidade obtiveram valores mais baixos entre os prismas do esmalte. Este facto deve-se a nestas regiões existirem concentrações mais elevadas de matriz orgânica (Habelitz *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2008; Rivera *et al.*, 2013).

Por último, a resistência à fratura é definida como a quantidade de energia que um material consegue sofrer antes de haver fratura. Segundo a literatura os valores para a resistência à fratura do esmalte situam-se entre 0.4MPa e 1.5MPa (Hayashi-Sakai, Sakai, Sakamoto & Endo, 2012; Rivera *et al.*, 2013).

1.1.3 Composição química

O esmalte dentário é uma estrutura altamente organizada e essencialmente composta por tecido inorgânico. O esmalte maduro contém cerca de 95-96% de tecido inorgânico, cujo componente mineral maioritário é a hidroxiapatite, um fosfato de cálcio cristalino cuja formula química é $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Se se considerar o volume de tecido inorgânico existente observa-se entre 85% a 89% de tecido mineral. (Avery, 2002; Beniash *et al.*, 2009; Berkovitz *et al.*, 2009). No entanto, apesar da estrutura molecular básica dos cristais de hidroxiapatite, estes encontram-se sujeitos a variações, podendo alguns iões serem alterados por outros (Berkovitz *et al.*, 2009). A organização e o tamanho destes mesmos cristais têm a capacidade de influenciar tanto a dureza como as propriedades óticas do esmalte (Ghadimi *et al.*, 2013). Deste modo e apesar do fosfato de cálcio cristalino ser o principal componente inorgânico, o esmalte apresenta na sua composição outros elementos, entre os quais podemos referir: crómio (Cr), molibdénio (Mo), cobalto (Co) e antimónio (Sb), estes presentes em concentrações muito baixas. Já zinco (Zn), sódio (Na), enxofre (S), cálcio (Ca) e potássio (K), foram encontrados em concentrações mais altas. Foi também encontrado flúor (F), alumínio (Al), ferro (Fe), selénio (Se), magnésio (Mg) e estes elementos estão referenciados como tendo influência na diminuição do risco de cárie. No entanto o esmalto dentário também apresenta componentes que o tornam mais suscetível a dissolução por ácidos e consequentemente à carie dentária, como zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb). A presença

de maior concentração de carbonatos junto à dentina torna esta região mais suscetível à dissolução quando comparada com a superfície do esmalte onde a concentração de carbonatos é menor (Avery, 2002; Berkovitz *et al.*, 2009; Ghadimi *et al.*, 2013; Nanci, 2013).

A matriz orgânica do esmalte dentário constitui 1-2% do esmalte maduro, sendo constituída essencialmente por proteínas e lípidos. Esta matriz orgânica encontra-se distribuída entre os cristais de hidroxiapatite e juntamente com a água é sugerido na literatura que o seu papel pode ser manter unidos os cristais (Avery, 2002). Na matriz orgânica do esmalte dentário adulto é possível encontrar amelogeninas, sendo estas as que existem em maior quantidade constituído cerca de 90% das proteínas do esmalte. Encontram-se também ameloblastinas e enamelinas e em menores quantidades proteinases, proteoglicanas e lípidos (Ghadimi *et al.*, 2013; Moradian-Oldak, 2013).

A percentagem de água presente no esmalte é de cerca de 2% e pode encontrar-se sob duas formas, entre os componentes orgânicos ou rodeando os cristais formando uma capa de hidratação dos cristais de hidroxiapatite. A presença de água está relacionada com a porosidade do esmalte e portanto os vários iões, como o flúor, conseguem-se difundir através da água possibilitando a sua distribuição pela estrutura dentária (Berkovitz *et al.*, 2009).

1.1.4 Permeabilidade do esmalte

Apesar de ser o tecido do corpo humano mais mineralizado, o esmalte apresenta no entanto ter uma porosidade de 3 a 5% por volume. Devido a possuir uma matriz orgânica entre os cristais existe uma rede de microporos abertos para a superfície externa. Estes microporos permitem uma conexão dinâmica entre a cavidade oral, a polpa e os túbulos dentinários. Vários fluidos, iões, e substâncias de baixo peso molecular, quer prejudiciais quer fisiológicas ou terapêuticas conseguem difundir-se pelo esmalte semipermeável. Assim, o esmalte tem a capacidade de incorporar iões de cálcio, fosfato e flúor através de um intercâmbio com os iões provenientes do meio exterior, sendo substituídos pelo mesmo tipo de iões ou por iões diferentes (Berkovitz *et al.*, 2009; Hilton, Ferracane & Broome, 2013).

Um intercâmbio contínuo com soluções ricas em minerais pode provocar uma progressiva obturação dos canais. Deste modo, o esmalte jovem comporta-se de forma

semipermeável, permitindo a passagem lenta da água e das substâncias de pequeno tamanho molecular através de poros entre os cristais. Com o tempo os poros diminuem pois os cristais adquirem mais iões e aumentam de tamanho. Por isso, com o avançar da idade os dentes têm uma maior concentração de iões cálcio e fosfato e menor quantidade de água e material orgânico. A exposição prolongada a minerais e a flúor presente no ambiente oral pode promover a substituição da matriz por fluorapatites, causando um aumento na densidade de tecido e uma diminuição na permeabilidade (Nanci, 2013; Park *et al.*, 2008).

Assim, a dinâmica entre a desmineralização, remineralização, a absorção de fluor e até o branqueamento de dentes vitais não estão limitados à superfície do esmalte ocorrendo a três dimensões. Existem evidências de que com a idade a permeabilidade do esmalte diminuiu o que pode até interferir com alguns procedimentos dentários, tais como o branqueamento dentário ou o ataque ácido (Hilton *et al.*, 2013).

2 Cor

A cor compreende uma sensação produzida no olho pela luz visível e com diferentes comprimentos de onda, que é depois interpretada pelo cérebro. Necessita de três intervenientes: a fonte de luz, o objeto e o observador. A cor é um fenómeno a três dimensões, normalmente descrito de acordo com o espaço de cores de Munsell, composto por três parâmetros, a matiz, o valor e o croma (Ahn & Lee, 2008; Anusavice, Shen & Rawls, 2013; Hilton *et al.*, 2013).

O matiz é a cor base de um objeto, por exemplo o verde, o vermelho, o azul e o amarelo. O valor ou luminosidade permite a diferenciação entre cores escuras e claras, assim, cores mais claras apresentam maior valor e cores mais escuras menor valor. O croma representa o grau de saturação de uma cor, ou seja diferencia entre uma cor pálida e uma cor forte, assim quanto maior o croma mais intensa será a cor (Anusavice *et al.*, 2013; Heymann, Swift Jr & Ritter, 2013; Hilton *et al.*, 2013).

2.1 Etiologia da pigmentação dentária

A cor de dente é determinada pela passagem da luz através do esmalte e dentina. Existem muitos fatores que afetam a cor do dente, incluindo a espessura ou morfologia

do esmalte, a translucidez, a pigmentação externa e interna, a recessão gengival e a exposição de dentina. Os dentes apresentam uma gradação de cor, sendo mais escuros no terço cervical e mais claros no terço incisal/oclusal. Indivíduos mais jovens, com esmalte mais espesso geralmente apresentam dentes mais claros, tal como acontece com indivíduos de raça negra que devido ao contraste com a cor da pele os dentes aparentam ser mais brancos. Com o avanço da idade também se observa o escurecimento dos dentes principalmente devido ao uso, com a redução do esmalte vestibular, tanto em cervical devido a abrasão como em incisal pela atrição (Heymann *et al.*, 2013; M. Sulieman, 2004).

Existem várias causas pelas quais os dentes podem apresentar uma coloração indesejada. As pigmentações presentes nos tecidos dentários podem ser classificadas em dois grupos principais: pigmentações intrínsecas, estando normalmente associadas à formação do dente, ou seja, alterações que ocorrem durante a amelogénese e/ou dentinogénese ou extrínsecas, relacionadas com a formação e deposição de pigmentos na superfície dentária que podem penetrar no dente. Assim, tendo em conta que as causas da pigmentação dentária são diferentes de caso para caso, é fundamental que o médico dentista, através de uma história clínica detalhada, conheça a origem da pigmentação existente de forma a escolher o tratamento mais adequado a cada paciente sabendo que a eficácia de cada tratamento depende do tipo de pigmentação existente (Carey, 2014; Hilton *et al.*, 2013; M. Sulieman, 2004).

2.1.1 Pigmentação intrínseca

A pigmentação interna do dente é chamada de pigmentação intrínseca e tem como causas a genética, o envelhecimento, a toma de medicamentos, principalmente os antibióticos como as tetraciclinas durante a formação dentária. A ingestão excessiva de flúor também durante a formação dentária, doenças na infância e até traumas dentários podem conferir uma coloração alterada ao dente. Como já referido anteriormente, com o avanço da idade o esmalte dentário tende a ficar mais fino e mais frágil fazendo com que a dentina subjacente se torne mais visível e portanto os dentes tendem a escurecer e a obter uma coloração mais amarelada. Já a pigmentação causada por tetraciclinas pode ir de amarelo-alaranjado até azul-escuro, dependendo da severidade, sendo que as pigmentações mais escuras são mais difíceis de tratar. Quando se trata de ingestão

excessiva de fluor, denomina-se fluorose e pode ocorrer num dente isolado ou em vários dentes. É possível observar uma pigmentação mais clara e baça que o habitual e em casos mais severos pode ocorrer coloração amarelada ou castanha. Também a ocorrência de traumas dentários já após a erupção dos dentes e o tratamento endodôntico podem provocar o aparecimento de coloração intrínseca (Carey, 2014; Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

Dependendo da gravidade da coloração os tratamentos propostos podem ser mais ou menos invasivos. O tratamento pode ir desde coroas cerâmicas, facetas ou até abordagens mais conservadoras como branqueamento, micro abrasão e restaurações de resina composta (Heymann *et al.*, 2013; Sundfeld, Sundfeld-Neto & Briso, 2014).

2.1.2 Pigmentação extrínseca

A pigmentação extrínseca é a pigmentação localizada na superfície do dente, e consiste em compostos pigmentados de tons escuros chamados cromogéneos que aderem ao esmalte. Se os cromogéneos penetrarem no esmalte, preenchem os poros e ligam-se à matriz orgânica. Quando a pigmentação extrínseca permanece durante muito tempo no dente sem ser removida pode tornar-se pigmentação intrínseca (Berkovitz *et al.*, 2009; Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013).

Esta pigmentação dentária pode ser devido a má higiene oral, ao consumo de comidas e bebidas como o café, chá, vinho e especiarias e também por hábitos tabágicos. Pode também dever-se ao uso de certos agentes catiónicos, como a clorohexidina que após alguns dias de uso provoca coloração acastanhada nos tecidos orais. A pigmentação extrínseca é a que apresenta menos dificuldade a ser removida, podendo ser removida com um procedimento de rotina, como uma destartarização, com leve microabrasão e com branqueamento dentário (Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

3 Fundamentos do branqueamento dentário

A estética dentária desempenha um papel fundamental nas interações sociais humanas. Assim, entre os factos significativos que geralmente afetam a estética são a cor, a forma e a posição, especialmente dos dentes anteriores. Além disso, verificou-se

também que um sorriso esteticamente agradável depende não só da cor, tamanho, forma e posição dos dentes, como também da posição do lábio superior e quantidade de exposição gengival. Assim, dentes mais brancos têm sido relacionados com mais altos níveis de satisfação (Hilton *et al.*, 2013; Tin-Oo, Saddki & Hassan, 2011).

O branqueamento dentário é um procedimento terapêutico que permite aclarar a cor de um dente recorrendo à aplicação de um agente químico que remove a pigmentação intrínseca ou adquirida. O tratamento é um procedimento não-invasivo e conservador que não altera a forma natural dos dentes. Os resultados em grande parte dependem do tipo de pigmentação existente e as suas causas. (ISO TS: 28399:2011; Berga-Caballero, Forner-Navarro & Amengual-Lorenzo, 2006). Este procedimento foi pela primeira vez descrito em 1848 para dentes não-vitais e em 1868 para dentes vitais. Em 1989 Haywood e Heymann escreveram o primeiro artigo sobre branqueamento em ambulatório com peróxido de carbamida (Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013).

O branqueamento de dentes vitais pode ser feito através da aplicação dos géis de branqueamento no consultório, sendo neste caso chamado de branqueamento *in-office*, ou em casa, chamado de branqueamento em ambulatório onde o gel é aplicado numa moldeira feita a medida do paciente. É também possível branquear dentes não vitais, tratados endodonticamente, com a aplicação dos agentes branqueadores no interior do dente. Existem também no mercado inúmeros produtos de branqueamento de venda livre. Atualmente, o agente ativo mais utilizado é o peróxido de hidrogénio, que pode ser aplicado diretamente ou pode resultar de uma reação química do peróxido de carbamida, do perborato de sódio e do peróxido de zinco (Bird & Robinson, 2012; Hilton *et al.*, 2013; Zuryati, Qian & Dasmawati, 2013).

3.1 Mecanismo de ação

O mecanismo de branqueamento dentário é baseado na decomposição do agente branqueador em radicais livres, que reagem com os cromogéneos, transformando-os em compostos menores e menos pigmentados. É um processo oxidativo que altera a absorção ou a reflexão da luz na estrutura dentária, o que torna o dente mais branco (Berger *et al.*, 2014; Joiner, 2006; Li & Greenwall, 2013). O sucesso do processo de branqueamento dentário está diretamente relacionado com a habilidade que o agente ativo tem para se difundir pela estrutura dentária, assim, o mecanismo que leva ao branqueamento pode ser

dividido em três fases distintas: a difusão do agente branqueador pelo dente, a reação do branqueador com os cromogéneos e por último a alteração da reflexão da luz (Kwon & Wertz, 2015).

Atualmente os géis de branqueamento tem na sua maioria como princípio ativo o peróxido de hidrogénio (H_2O_2) que pode ser empregue na sua fórmula pura ou como produto final do processo de degradação de outros agentes de branqueamento, como o peróxido de carbamida ou perborato de sódio (Carey, 2014; Dahl & Pallesen, 2003; Li & Greenwall, 2013).

O peróxido de carbamida ($CH_6N_2O_3$), mais empregue no procedimento de branqueamento em ambulatório, é um composto estável mas quando em contacto com a água dissocia-se. Por exemplo, para uma concentração de 10% de peróxido de carbamida existe aproximadamente 6.5% de ureia e 3.5% de peróxido de hidrogénio. Posteriormente, o peróxido de hidrogénio vai funcionar com agente de branqueamento formando radicais livres que reagem com os cromogéneos enquanto a ureia também se dissocia em dióxido de carbono e amónia que eleva o pH oral, o que promove o processo de branqueamento (Carey, 2014; Hilton *et al.*, 2013; Kwon & Wertz, 2015; Li & Greenwall, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

O peróxido de hidrogénio atua, portanto, como um forte agente oxidante que quando se dissocia formando radicais livres, moléculas de oxigénio reativas e iões peróxido de hidrogénio. Os radicais livres reagem com as cadeias longas e pigmentadas do cromogéneo e conseguem quebrar as ligações da cadeia dupla, tornar as cadeias mais curtas, diminuir a sua coloração e tornar as moléculas mais difusas (Figura 1) (Dahl & Pallesen, 2003; Li & Greenwall, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

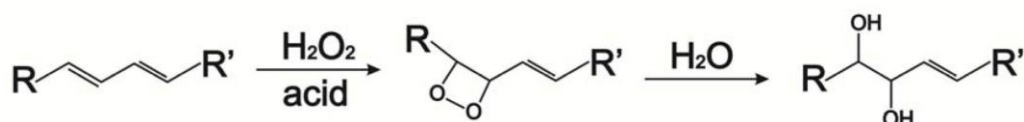


Figura 1 - Oxidação da cadeia dupla do cromogéneo pelo peróxido de hidrogénio (Carey, 2014)

O processo que leva ao branqueamento dentário envolve uma serie de reações químicas por parte do peróxido de hidrogénio presente nos géis que conduzem a formação de radicais livres de hidroxilo (HO), perhidroxil (HO₂) e ao anião superóxido (O₂⁻) (A). Estas últimas moléculas de oxigénio são instáveis e portanto são convertidas em moléculas menos complexas (B) e em aniões de peróxido de hidrogénio (HOO⁻) (C) (Figura 2) (Dahl & Pallesen, 2003; M. a M. Sulieman, 2008).

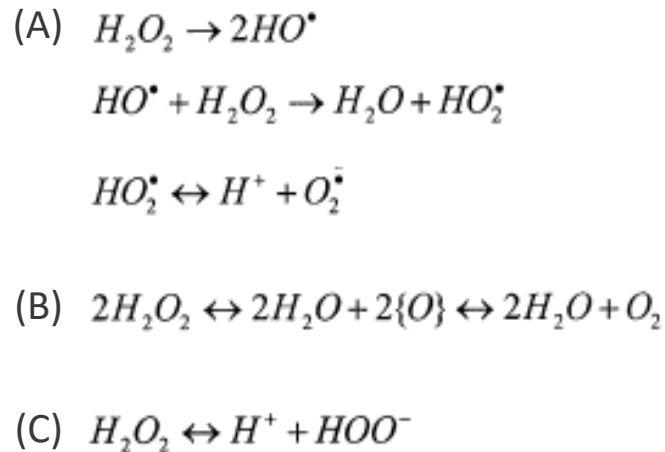


Figura 2 - Esquema do mecanismo de ação do peróxido de hidrogénio (Dahl & Pallesen, 2003)

A difusão do peróxido de hidrogénio parece ser determinada não só pelo seu baixo peso molecular como pela afinidade com a matriz orgânica do dente. No entanto, apesar da porção orgânica do esmalte ser apenas cerca de 2%, o peróxido de hidrogénio consegue difundir-se por todo o esmalte de forma homogénea (Hilton *et al.*, 2013; Ubaldini *et al.*, 2013).

3.2 Fatores que influenciam o branqueamento

A eficácia do branqueamento dentário depende principalmente da concentração do gel de branqueamento utilizado, da capacidade de difusão do agente de branqueamento, duração do tratamento, tempo de aplicação e técnica utilizada. Estes factos não só contribuem para a eficácia de branqueamento, mas também afetam a estabilidade da cor após o branqueamento (Dahl & Pallesen, 2003; Li & Greenwall, 2013).

3.2.1 Tipo de branqueamento dentário

Consoante o tipo de pigmentação existente é necessário adaptar o tipo de branqueamento a realizar. Atualmente a maioria dos tratamentos de branqueamento de dentes vitais envolve o uso de peróxido de hidrogénio ou peróxido de carbamida em diversas concentrações (D'Arce *et al.*, 2013). Relativamente ao branqueamento de dentes não-vitais os materiais mais utilizados são o peróxido de hidrogénio, peróxido de carbamida e também o perborato de sódio. No entanto, o perborato de sódio e peróxido de carbamida são os materiais de branqueamento mais adequados para branqueamento de dentes não vitais devido à sua capacidade de difusão ser menor que a do peróxido de hidrogénio (Rokaya, Beshr, Hashem Mahram, Samir Pedir & Baroudi, 2015; Valera *et al.*, 2009).

3.2.2 Concentração e tempo

Os dois fatores principais que determinam o sucesso do branqueamento são a concentração do gel de branqueamento e a duração do tratamento (Joiner, 2006). É de notar que quanto mais alta for a concentração do gel, menor o número de aplicações necessárias para atingir um branqueamento homogéneo. Verifica-se também que um aumento na concentração de gel permite uma redução no tempo de aplicação uma vez que existe uma maior quantidade de agente ativo disponível. Assim sendo, a eficácia de géis com menores concentrações de agente branqueador aproxima-se da eficácia dos que apresentam maiores concentrações quando o tempo do tratamento é alargado (D'Arce *et al.*, 2013; Joiner, 2006).

3.2.3 Calor e luz

A velocidade de uma reação pode ser aumentada pelo aumento da temperatura, onde um acréscimo de 10°C chega a duplicar a velocidade. Assim, aplicando este facto ao peróxido de hidrogénio a forma mais comum de dissociar este composto é utilizar uma técnica de ativação física como uma fonte de luz ou calor. Uma fonte de luz tem a capacidade de aquecer o agente de branqueamento aumentando a velocidade da decomposição ou seja acelera a libertação de radicais livres. No entanto este facto não

afeta diretamente a eficácia do branqueamento, não existindo maior alteração da cor (L. He, Shao, Tan, Xu & Li, 2012; Hilton *et al.*, 2013; Joiner, 2006).

Um dos efeitos adversos mais comuns associados ao branqueamento de dentes vitais é a sensibilidade dentária. O branqueamento com utilização de fontes de luz tende a aumentar a ocorrência ou a gravidade deste efeito indesejável. Esta sensibilidade pode ser explicada não só pelo facto de fontes de luz propiciarem o aumento da temperatura pulpar como também pela maior facilidade de difusão dos radicais do peróxido de hidrogénio pelo esmalte e dentina até à polpa com a aplicação de foto-ativação. Este efeito indesejável pode levar de 5 a 15 minutos a manifestar-se. Verifica-se também que quando se prolonga a aplicação de luz, observa-se igualmente um maior grau de sensibilidade (L. He *et al.*, 2012; Kossatz, Dalanhol, Cunha, Loguercio & Reis, 2011).

Inicialmente, as técnicas de branqueamento com foto-ativação utilizavam tanto a luz como o calor, de forma a aumentar a decomposição do peróxido. Atualmente sabe-se que o aumento da temperatura provoca maior sensibilidade. Assim, existem agora no mercado inúmeras fontes de luz para acelerar o processo de branqueamento, que geram menos calor e com diferentes gamas de comprimentos de onda, incluindo lâmpadas de halogéneo, tungsténio e quartzo, luzes ultravioleta, lasers, luzes de arco plasma e luzes LED. É essencial referir que a ativação do princípio ativo com luz não deve aumentar a temperatura intra-pulpar em mais de 5.5 ° C, de forma a evitar causar danos (L. He *et al.*, 2012; Kossatz *et al.*, 2011; M. a M. Sulieman, 2008).

Contudo, é importante referir que a utilização de fontes de luz não é totalmente aceite na literatura científica. Alguns autores indicam que a aplicação de luz no branqueamento não oferece benefícios relativamente à cor atingida, nem à durabilidade da cor alcançada. Adicionalmente, é também indicado que o branqueamento com foto-ativação aumenta o risco de sensibilidade dentária, portanto, este sistema deve ser usado com precaução (Carey, 2014; L. He *et al.*, 2012; Kossatz *et al.*, 2011; Moor *et al.*, 2015).

3.2.4 pH

Também o pH dos géis de branqueamento tem influência na eficácia do tratamento. É conhecido que a desmineralização do esmalte ocorre quando o pH está abaixo de 5.2. Assim géis com um pH demasiado baixo, ou seja um pH mais ácido, causam alterações na superfície do esmalte. Contudo, quando é utilizado um gel de

peróxido de carbamida a maioria aprovada pela American Dental Association (ADA) têm um pH aproximadamente de 7. Quando se dá a sua degradação, origina amónia, responsável por manter neutro o pH da cavidade oral e que para além de promover o efeito do branqueamento também é responsável por retardar os danos das caries ativas (D'Arce *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013; Kwon & Wertz, 2015; Li & Greenwall, 2013; Sa *et al.*, 2013).

3.2.5 Outros fatores

O tipo de coloração intrínseca e a cor inicial do dente desempenham um papel importante no resultado de tratamento. Por exemplo em colorações muito severas por tetraciclina o branqueamento comum poderá não ser suficiente. Já em adolescentes com colorações dentárias amareladas também é possível obter bons resultados, tal como quando existem manchas acastanhadas ou devido a tabaco sendo que nestes casos talvez se tenha de prolongar o tratamento. Quando existem manchas de fluorose estas tendem a tornar-se menos visíveis devido ao branqueamento do resto do dente (Joiner, 2006; M. a M. Sulieman, 2008).

3.3 Indicações e contra-indicações para branqueamento dentário

Praticamente todos os pacientes podem optar por um tratamento de branqueamento dentário, no entanto nem em todos os casos o sucesso do resultado está garantido. É necessário referir que a indicação principal para efetuar um branqueamento é o pedido do paciente por insatisfação com a sua coloração dentária (Hilton *et al.*, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

As indicações para realizar um branqueamento são então: pigmentação extrínseca, por exemplo devido ao tabaco e ao consumo de café ou de chá; envelhecimento dentário; presença de manchas de fluorose; pigmentação por tetraciclina; traumas dentários e coloração indesejada após tratamento endodôntico, e por fim, antes da realização de restaurações estéticas (Heymann *et al.*, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

Apesar do procedimento de branqueamento ser seguro e eficaz no que toca a melhorar a aparência, é necessário ter em consideração algumas contra-indicações. Por exemplo, pacientes com expectativas demasiado altas que poderão nunca estar satisfeitos

com o resultado. Também a presença de caries dentárias e de lesões periapicais bem como a presença de restaurações estéticas extensas ou sensibilidade elevada pré existente são consideradas contra indicações. Quando se fala em branqueamento em consultório não é aconselhado realiza-lo em crianças ainda com as camaras pulpares demasiado amplas, em dentes com fraturas, em pacientes com exposição de dentina e ressecção gengival, como por exemplo doentes periodontais. Já o branqueamento em ambulatório não é normalmente realizado em grávidas, apesar de não existirem evidências de os agentes serem prejudiciais para o feto, em pacientes idosos com superfícies radiculares demasiado expostas e mais pigmentadas, em pacientes com baixa higiene oral e em pacientes com história clinica de disfunções temporomandibulares (Hilton *et al.*, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

3.4 Efeitos secundários

A vasta difusão dos métodos de branqueamento levou a que tivesse de existir controlo, pois é sabido que não há nenhum tratamento sem riscos. Quando esses métodos são usados corretamente, as consequências são ligeiras ou inexistentes. Em contraste, os exageros de utilização trazem maiores e mais riscos. Este facto deve ser levado em consideração antes de tomar uma decisão clínica. Assim, os efeitos secundários locais mais associados a procedimentos de branqueamento dentário incluem hipersensibilidade dentária, irritação gengival bem como efeitos indesejados no esmalte e dentina. Então, o risco de maiores efeitos adversos deve ser tido em conta consoante o tipo de gel de branqueamento, a técnica usada e o paciente em questão (Goldberg, Grootveld & Lynch, 2010; Li & Greenwall, 2013).

3.4.1 Sensibilidade dentária

A sensibilidade dentária é um dos efeitos adversos mais descritos do branqueamento dentário quando aplicado a dentes vitais. Ocorre normalmente durante a fase inicial de tratamento e habitualmente persiste durante dois ou três dias. Costuma ser uma sensação de dor suave a moderada e transitória (Bernardon *et al.*, 2010; Li & Greenwall, 2013).

A resposta da polpa ao branqueamento dentário pode variar de pessoa para pessoa e até mesmo de dente para dente, sendo que estudos indicam que a espessura do esmalte e da dentina tem influência na capacidade de difusão do agente de branqueamento. Por exemplo, no caso de incisivos inferiores a incidência de sensibilidade dentária é maior quando comparada com pré-molares. O mecanismo que leva a sensibilidade dentária não é no entanto totalmente claro. Vários estudos demonstram que a sensação de sensibilidade parece resultar do facto do peso molecular dos radicais de peróxido ser baixo sendo que assim a difusão destas moléculas está facilitada. Os radicais passam através do esmalte e da dentina até junto do complexo pulpar, onde atuam diretamente num recetor nervoso desencadeando a sensibilidade dentária. É também de notar que a difusão do peróxido até a polpa leva cerca de 5 a 15 minutos a ocorrer. Em todo o caso, a sensibilidade sentida é transitória podendo também prolongar-se alguns dias após o tratamento mas normalmente não causa qualquer tipo de agressão permanente à polpa dentária, ou seja, não provoca efeitos adversos a longo prazo. (Costa, Riehl, Kina, Sacono & Hebling, 2010; Goldberg *et al.*, 2010; Hilton *et al.*, 2013; Pintado-Palomino, Peitl Filho, Zanotto & Tirapelli, 2015). Apesar de se verificar que a difusão de radicais de H₂O₂ através do esmalte e da dentina é maior com o aumento da concentração de peróxido de hidrogénio no gel branqueador, segundo vários autores a incidência de sensibilidade dentária não depende apenas da concentração mas também do tempo de aplicação e da presença, tipo e concentração de agentes de remineralização no gel (R. Basting, Amaral, França & Flório, 2012; Bernardon *et al.*, 2010; Li & Greenwall, 2013).

Numa tentativa de reduzir a sensibilidade dentária, restabelecer a microdureza da superfície do esmalte e de promover a remineralização, já existem no mercado géis de branqueamento aos quais é adicionado às suas fórmulas produtos à base de flúor e nitrato de potássio, que tem o efeito de minimizar a transmissão nervosa. É também adicionado fluoreto de sódio (NaF), fosfato de cálcio amorfo (ACP) e mais recentemente arginina e carbonato de cálcio capazes de reduzir o fluxo dentro dos túbulos dentinários. A toma de anti-inflamatórios não esteroides (AINEs) para a sensibilidade pós-tratamento também tem vindo a ser sugerida (Berger *et al.*, 2014; Thiesen, Rodrigues Filho, Prates & Sartori, 2013; Tschoppe, Neumann, Mueller & Kielbassa, 2009). Estes agentes vão atuar de duas formas: pela difusão dos sais de potássio que conseguem atingir as fibras nervosas presentes no interior da câmara pulpar reduzindo a sua excitação, e selando os túbulos

dentinários provocando a redução da permeabilidade da dentina (Pintado-Palomino *et al.*, 2015; Thiesen *et al.*, 2013).

Está descrito na literatura que a sensibilidade pode também ser prevenida ou diminuída com a aplicação de agentes dessensibilizantes contendo 3% de nitrato de potássio e 0.11% de fluor cerca de 30 minutos antes do tratamento branqueador (Goldberg *et al.*, 2010; Hilton *et al.*, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

É possível recorrer-se também a um tratamento passivo que implica diminuir a duração ou a frequência do tratamento ou até interromper o tratamento por uns dias (Hilton *et al.*, 2013).

3.4.2 Irritação gengival e da mucosa oral

A irritação gengival é outro efeito adverso muito comum no branqueamento dentário tanto em consultório como em ambulatório. É geralmente um desconforto leve a moderado que ocorre durante dois ou três dias após o tratamento. Para a maioria dos pacientes a irritação gengival é tolerável e não é impedimento para não completar o tratamento. Esta irritação deve-se normalmente ao peróxido de hidrogénio, no entanto, ao usar técnicas de branqueamento em ambulatório, o uso de moldeiras mal adaptadas é geralmente a principal causa de irritação. Quanto maior for a concentração de peróxido de carbamida ou de peróxido de hidrogénio maior deve ser a atenção com a adaptação da moldeira, para que não exista demasiado extravasamento de produto para a mucosa oral, por exemplo em casos em que o paciente coloque demasiado gel. Nestes casos, a solução passa por ajustar melhor a moldeira e instruir o paciente a colocar menos gel de branqueamento (Goldberg *et al.*, 2010; Hilton *et al.*, 2013; Li & Greenwall, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

A irritação gengival aparenta estar relacionada com a concentração de peróxido do gel. Quanto maior for a concentração de peróxido de hidrogénio mais facilmente há irritação dos tecidos. Uma característica desta irritação é o tecido ficar com uma coloração esbranquiçada. Se a exposição ao agente for de curta duração e em pouca quantidade, a lesão é reversível e sem consequências a longo prazo. A irritação gengival associada ao branqueamento em consultório é habitualmente causada por uma fuga ou por falha da proteção gengival. A barreira deve cobrir todas as mucosas orais e não deve ser possível

observar nenhuma parte da gengiva. Só depois deve ser aplicado o gel. (Hilton *et al.*, 2013; Li & Greenwall, 2013).

Se existir extravasamento e for detetada alguma irritação a superfície deve ser lavada com água corrente. Em casos mais severos poderá ser necessária aplicação de uma anestesia tópica, indicar para limitação dos movimentos mandibulares e promover uma melhor higiene oral. Também pode colocar-se vitamina E sobre a superfície da ulceração de forma a ajudar a cicatrização (Li & Greenwall, 2013).

3.4.3 Irritação dos tecidos gastrointestinais

A ingestão de gel de branqueamento é outro facto que pode trazer efeitos adversos. Os efeitos da deglutição de peróxido estão dependentes da quantidade e da concentração de produto ingerida, podendo provocar dores abdominais ou irritação na orofaringe. No entanto as consequências desta ingestão não causam problemas significantes e não trazem consequências severas pois se deglutido praticamente nenhum produto é absorvido sistemicamente. Existe mais preocupação relativamente ao branqueamento em ambulatório do que em consultório, uma vez que em consultório o tratamento é controlado. No entanto, as concentrações dos produtos de branqueamento para tratamento em ambulatório são muito menores. Assim, após várias investigações e muitos anos de utilização a conclusão é que o uso de géis com percentagens baixas de peróxido é seguro (Goldberg *et al.*, 2010; Hilton *et al.*, 2013; M. a M. Sulieman, 2008).

3.4.4 Efeitos no esmalte e na dentina

Deve ser considerado que a desmineralização do esmalte é um efeito adverso que resulta de concentração de agente de branqueamento usado e também do seu tempo de aplicação para obter a cor desejada. Inúmeros estudos reportaram efeitos adversos importantes também ao nível do esmalte e da dentina tais como aumento da rugosidade de superfície, decréscimo da microdureza, redução da resistência do esmalte e dentina e um decréscimo significativo na concentração de cálcio (Ca), fosfato e carbono do esmalte. Por outro lado, outros autores verificaram que não existem, ou são praticamente nulas, as alterações que ocorrem na superfície do esmalte após a aplicação de agente branqueador. Estas diferenças de resultados para o esmalte e dentina podem dever-se ao facto de

existirem diferentes protocolos de branqueamento, ao uso de diversos géis com diferentes concentrações e composições, diferentes formas de armazenamentos das amostras, distintos tempos de aplicação dos géis e até a serem utilizados diferentes métodos de avaliação. Adicionalmente, alguns autores não verificam alterações no esmalte enquanto outros referem que os agentes de branqueamento criam alguma porosidade (Berger *et al.*, 2014; Goldberg *et al.*, 2010; Sa *et al.*, 2013).

Estudos recentes mostram que soluções com um pH mais baixo provocam uma perda considerável de cálcio e uma diminuição ligeira da microdureza da superfície do esmalte. No entanto, esta diminuição não é significativa pois após a conclusão do tratamento a superfície é rapidamente remineralizada. Como referido anteriormente, tem sido adicionados compostos fluoretados aos diferentes géis de forma promover uma mais rápida remineralização e consequentemente reduzir a sensibilidade (Hilton *et al.*, 2013; Tschoppe *et al.*, 2009).

4 Técnicas de branqueamento

Geralmente, as técnicas de branqueamento são classificadas de acordo com a vitalidade dos dentes, ou seja, se a aplicação dos agentes é feita em dentes vitais ou dentes não vitais. O branqueamento de dentes não vitais destina-se a dentes com tratamento endodôntico e pode ser realizado de forma interna, externa ou com uma combinação de ambos (Hilton *et al.*, 2013). Já o branqueamento de dentes vitais é também chamado de branqueamento externo que pode ser realizado em consultório, em ambulatório, ou combinando estas duas técnicas. Existem também no mercado produtos de venda livre para branqueamento de dentes vitais, no entanto, estes são utilizados sem assistência e sem instruções por parte do médico dentista (Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013; Lorenzo & Navarro, 2008).

4.1 Branqueamento de dentes não-vitais

É necessário um exame rigoroso prévio ao branqueamento de dentes não vitais pois esta técnica implica que exista um periodonto saudável e um tratamento endodôntico correto para que os agentes de branqueamento não alcancem os tecidos periodontais (Dahl & Pallesen, 2003).

As alterações de cor em dentes não vitais podem dever-se a hemorragia proveniente de um trauma, a tecido pulpar necrosado deixado na camara, a pigmentação resultante das restaurações realizadas e até como consequência da própria terapêutica endodôntica (Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013; Valera *et al.*, 2009).

Para além de peróxido de hidrogénio e de peróxido de carbamida, também o perborato de sódio é utilizado como agente de branqueamento de dentes não vitais. O perborato de sódio, apesar de ter um efeito mais lento é mais seguro e menos agressivo para a estrutura dentária remanescente (Heymann *et al.*, 2013; Valera *et al.*, 2009).

4.1.1 Branqueamento interno

O branqueamento interno é uma alternativa conservadora para o tratamento de dentes não vitais com alterações de cor severas (Dahl & Pallesen, 2003). Nesta técnica os agentes de branqueamento são colocados no interior da camara pulpar. Previamente à colocação dos agentes, a camara pulpar é limpa, a Gutta-percha removida 2mm abaixo da junção amelo-cimentaria e colocado um ionómero de vidro modificado por resina de forma a selar a entrada do canal. Só depois é aplicado o produto de branqueamento (Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013; Lorenzo & Navarro, 2008). É de extrema importância que o selamento apical seja correto pois um dos efeitos adversos mais relatados do branqueamento interno é a reabsorção cervical externa, que pode ocorrer devido a altas concentrações de produto de branqueamento, à pré-existência de algum trauma e também à aplicação excessiva de calor (Heymann *et al.*, 2013; Zimmerli, Jeger & Lussi, 2010).

A aplicação de gel de branqueamento no interior da camara pulpar pode então ser feita através de duas técnicas: da técnica termocatalítica e da técnica *walking bleach*. (Hilton *et al.*, 2013).

A técnica termocatalítica foi durante inúmeros anos considerada a melhor técnica para branquear dentes não vitais devido à interação entre o peróxido de hidrogénio e o calor. Consiste em aplicar peróxido de hidrogénio no interior da camara pulpar e acelerar o processo de oxidação com o uso de calor com fontes externas de luz ou com instrumentos aquecidos durante os cerca de 30 minutos de atuação do gel. No entanto esta técnica não é a mais recomendada pois pode danificar os tecidos periodontais e favorecer

a reabsorção cervical externa (Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013; Plotino, Buono, Grande, Pameijer & Somma, 2008; Zimmerli *et al.*, 2010).

A técnica *walking bleach* utiliza como agentes de branqueamento o peróxido de hidrogénio, o peróxido de carbamida ou o perborato de sódio. Consiste na aplicação destes produtos no interior da camara pulpar que é posteriormente selada com um cimento provisório. O paciente é aconselhado a voltar semanalmente para a solução ser trocada, até a obtenção da cor desejada que deve ocorrer após uma a quatro aplicações. Habitualmente é utilizado o perborato de sódio por ser extremamente seguro e pode ser utilizado misturado com água destilada até formar uma pasta que é depois inserida na camara pulpar. Pode também misturar-se o perborato de sódio com peróxido de hidrogénio ou peróxido de carbamida (Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013; Plotino *et al.*, 2008; Zimmerli *et al.*, 2010).

4.1.2 Branqueamento externo

Este método é mais utilizado para branquear dentes vitais, no entanto, pode também ser empregue em dentes não vitais apesar de neste caso não ser possível prever os resultados com tanta certeza. Consiste em utilizar uma moldeira de branqueamento em ambulatório mas fabricada exclusivamente para o tratamento de dentes não vitais pigmentados. Utilizam-se como agentes de branqueamento peróxido de hidrogénio e peróxido de carbamida em baixas concentrações (Lorenzo & Navarro, 2008; Zimmerli *et al.*, 2010).

Para fabricar uma moldeira para branquear apenas o dentes escurecido começa por se confeccionar uma moldeira normal e depois remover as partes correspondentes dos dentes ao lado do dente a tratar. O paciente aplica o gel no lugar do dente pigmentado e após colocar a moldeira remove os excessos dos dentes adjacentes (Hilton *et al.*, 2013).

Realiza-se em casos em que o tratamento restaurador e o tratamento endodôntico estão corretos, em que não é necessário remover material de obturação e quando existe recidiva de pigmentação. Também se pode utilizar este procedimento se após 3 ou 4 aplicações da técnica de *walking bleach* não se observam resultados satisfatórios (Lorenzo & Navarro, 2008; Plotino *et al.*, 2008).

4.1.3 Técnica combinada

Tal como o nome indica, esta técnica é uma combinação do branqueamento interno de dentes não vitais com a técnica de branqueamento em ambulatório para dentes vitais. Assim, a ideia é aplicar agente de branqueamento interna e externamente. O acesso cavitário permanece aberto durante todo o processo, o que permite que o paciente coloque um gel de 10% de peróxido de carbamida no interior da camara pulpar. Uma vantagem desta técnica é que não são necessárias concentrações muito altas de gel para obter o efeito pretendido. O acesso à camara pulpar é feito da mesma forma que para a técnica de *walking bleach* e é essencial que a entrada do canal esteja igualmente selada com um ionómero de vidro modificado por resina. Com uma seringa, o paciente coloca o gel na camara pulpar e no local da moldeira que corresponde ao dente a branquear. É recomendado que o paciente se dirija ao consultório de 2 ou de 3 em 3 dias para monitorizar as alterações de cor. Esta técnica é bastante eficaz e permite reduzir em cerca de 50% o tempo de tratamento, para além disso é também indicada para quando o paciente pretende realizar um tratamento de branqueamento de dentes vitais e não vitais simultaneamente. A desvantagem é a falta de controlo na higienização, que por colonização bacteriana pode comprometer o tratamento endodôntico. É também necessário que seja um paciente colaborante e que tenha destreza manual para colocar o gel na cavidade. (Hilton *et al.*, 2013; M. a M. Sulieman, 2008; Zimmerli *et al.*, 2010).

4.2 Branqueamento de dentes vitais

O branqueamento de dentes vitais é aquele que é realizado em dentes que preservam o seu complexo pulpar e pode ser também designado apenas por branqueamento externo (Lorenzo & Navarro, 2008).

Dentro do branqueamento de dentes vitais é possível distinguir diferentes técnicas, divididas em branqueamento em consultório e branqueamento em ambulatório, tendo cada uma destas variações. Existem também materiais de venda livre que podem ser eficazes. As indicações para o branqueamento destes dentes incluem pigmentações intrínsecas devido ao envelhecimento, traumas e pigmentação por medicamentos. Funciona também como alternativa quando a técnica de *walking bleach* falha ou previamente a quando se pretende realizar tratamentos estéticos de restaurações. É importante informar o paciente que os resultados não são previsíveis nem permanentes.

Assim sendo, o branqueamento de dentes vitais provou ser seguro e eficaz quando realizado sob a orientação de um Médico Dentista, e cabe a este profissional escolher a técnica mais adequada a cada paciente (Bird & Robinson, 2012; Heymann *et al.*, 2013; Hilton *et al.*, 2013).

É essencial referir que segundo a Diretiva 2011/84/UE do Conselho, está proibida a venda livre e direta ao doente/ consumidor de produtos de branqueamento dentário que contenham entre 0.1% e 6% de peróxido de hidrogénio e estes produtos apenas podem ser vendidos a médicos dentistas ou médicos estomatologistas.

4.2.1 Branqueamento em consultório

O branqueamento realizado em consultório, descrito como branqueamento *in-office*, é uma alternativa ao branqueamento em ambulatório quando existem pigmentações severas, alterações de cor num único dente, falta de adesão do paciente e quando é desejado um resultado mais rápido. Tem também como vantagens ser controlado por um profissional, reduzir a exposição da mucosa oral ao agente de branqueamento e reduzir a ingestão de material. O branqueamento *in-office* é normalmente utilizado em pacientes que não tem tempo para realizar branqueamento em ambulatório, que são incapazes de utilizar as moldeiras devido a reflexo de vômito por exemplo ou até que não gostam do sabor dos géis de branqueamento em ambulatório. Outra vantagem são os resultados visíveis logo após a consulta, o que motiva o paciente a continuar o tratamento (Carey, 2014; Kossatz *et al.*, 2011; R. Mondelli, Azevedo, Francisconi, Almeida & Ishikiriama, 2012; M. a M. Sulieman, 2008).

O branqueamento em consultório habitualmente utiliza concentrações mais elevadas de agentes de branqueamento que são aplicados por períodos de tempo mais reduzidos. Devido às elevadas concentrações utilizadas, os tecidos moles devem ser devidamente protegidos. Com esta técnica os resultados do branqueamento são observados depois de 30 a 60 minutos de tratamento. No entanto, uma única sessão de branqueamento não é suficiente para obter a cor desejada é considerar o tratamento eficaz. Normalmente são necessárias cerca de três consultas até atingir a estabilidade da cor. Isto tem a desvantagem de prolongar a duração do tratamento uma vez que estas consultas são habitualmente marcadas de semana a semana (Bizhang *et al.*, 2009; L. He *et al.*, 2012; Hilton *et al.*, 2013; Joiner, 2006).

4.2.2 Branqueamento em ambulatório

A técnica de branqueamento em ambulatório pressupõe, tal como o branqueamento em consultório, a existência de uma história clínica completa, uma examinação intraoral rigorosa, realização de exames complementares de diagnóstico e o fabrico de uma moldeira. Apesar de ser executado em casa pelo doente, é supervisionado pelo Médico Dentista em consultas de rotina. As principais vantagens da técnica de branqueamento em ambulatório são a facilidade de aplicação, a baixa concentração de peróxido, o baixo custo e a diminuição do tempo em consultório, e a mais baixa incidência de sensibilidade dentária e irritação gengival. Para além disso, alguns agentes de branqueamento em ambulatório incluem produtos à base de flúor ou outros agentes dessensibilizantes como nitrato de potássio de forma a reduzir a sensibilidade. No entanto também existem algumas desvantagens, especialmente a falta de controlo por parte do Médico Dentista. Adicionalmente alguns pacientes não se adaptam a moldeira, e consultas semanais são essenciais de forma a controlar os resultados (R. Basting *et al.*, 2012; Hilton *et al.*, 2013; Li & Greenwall, 2013; R. Mondelli *et al.*, 2012).

O branqueamento em ambulatório é baseado no uso de moldeiras com baixas concentrações de peróxido de carbamida (entre 10% a 22%) ou de peróxido de hidrogénio (3% a 8%) durante 2 a 3 semanas. Normalmente, o peróxido de carbamida é utilizado para tratamentos que decorram durante a noite pois deve ser aplicado durante duas a quatro horas. É de notar que o peróxido de carbamida perde grande parte do seu efeito a partir das cinco horas e que a ingestão deste composto em pouca quantidade e em baixas concentrações não é prejudicial. Já o peróxido de hidrogénio tem um período ativo mais curto, de trinta minutos a uma hora, portanto a sua utilização não deverá exceder este tempo estando indicada para tratamentos durante o dia (Bernardon *et al.*, 2010; Hilton *et al.*, 2013; Lima, Rotta, Penso, Meireles & Demarco, 2012).

É recomendado que seja realizado o branqueamento de uma arcada de cada vez, começando pelo maxilar. Ao branquear uma arcada de cada vez, é possível ir comparando a cor entre as duas arcadas e diminuir a probabilidade de existirem problemas oclusais. Como já referido, no caso de as moldeiras individuais não serem utilizadas corretamente ou de serem mal confeccionadas, pode ocorrer a irritação gengival (Heymann *et al.*, 2013; Li & Greenwall, 2013).

4.2.3 Branqueamento combinado

Outra opção de tratamento é combinar as duas técnicas de branqueamento de dentes vitais. Esta combinação acelera o processo de branqueamento e permite obter uma maior estabilidade da cor. Diminui também a incidência de efeitos adversos como a sensibilidade dentária e a irritação gengival pois como descrito na literatura quando o tempo de aplicação dos agentes de branqueamento é diminuído reduz-se a probabilidade de existirem estes efeitos adversos (Bernardon *et al.*, 2010; Martos & Kinalski, 2014).

4.2.4 Materiais de venda livre

Existem no mercado vários produtos de branqueamento de venda livre disponíveis em diversas formas como géis, colutórios, dentífricos, tiras de branqueamento, pastilhas e vernizes. É possível encontra-los facilmente em supermercados, nas farmácias e até na internet e possuem baixas concentrações de peróxido de carbamida e de peróxido de hidrogénio, no entanto atualmente é proibida a venda livre de produtos que contenham concentrações superiores a 0.1% de peróxido de hidrogénio ou equivalente. O problema principal da venda livre de produtos de branqueamento é não existir um exame oral prévio à sua utilização nem um correto diagnóstico das causas da coloração dentária (Hilton *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2012).

Apesar de serem de fácil acesso, estes produtos de branqueamento de venda livre podem exibir efeitos adversos e os resultados não são tão visíveis como os obtidos com tratamentos supervisionados por um Médico Dentista. Adicionalmente, não existem estudos suficientes que provem a total eficácia destes produtos (Lima *et al.*, 2012).

5 Microscópio de Força Atómica

Existem vários instrumentos para avaliar as propriedades de superfície de diversos materiais. As imagens obtidas são formadas através da sondagem de uma ponta pela superfície e compilando a informação de forma a obter uma imagem. Um destes instrumentos é o Microscópio de Força Atómica (AFM). O AFM apresenta várias vantagens quando comparado com outros métodos de microscopia uma vez que sonda a superfície da amostra fazendo medições em três dimensões (x, y, z), sendo possível obter

assim uma imagem a três dimensões. Quando as amostras são limpas, a resolução no plano x – y vai de 0.1 a 1.0 nm e em z é de 0.01nm (resolução atômica) (Blanchard, 1996).

O microscópio de força atômica tem vindo a ser utilizado para estudar a morfologia de superfície do esmalte. A sua principal vantagem é a capacidade de fornecer resultados quantitativos à escala manométrica e imagens a três dimensões sem preparação das amostras. Para além da caracterização quantitativa, o AFM fornece também dados qualitativos através da obtenção de imagens da superfície da amostra (Giacomelli *et al.*, 2010; Hashimoto, Hashimoto, Nishiura & Matsumoto, 2013; Zuryati *et al.*, 2013).

O valor de rugosidade é normalmente dado pelo parâmetro Ra, que dá o valor de rugosidade média (Freitas, Botta, Teixeira, Salvadori & Garone-Netto, 2011).

6 Teste de dureza de Vickers

Os testes de microdureza são comumente utilizados para estudar as propriedades físicas dos materiais e a também das estruturas dentárias. São métodos rápidos, fáceis de realizar e necessitam apenas de uma pequena área da superfície da amostra para o teste. Entre as propriedades relacionadas com a dureza de um material, estão a resistência à compressão, limite de proporcionalidade e ductilidade. A maioria dos testes de dureza é baseada na capacidade da superfície do material de resistir à penetração por uma ponta de diamante ou esfera de aço sob uma carga específica (Anusavice *et al.*, 2013; Chuenarrom, Benjakul & Daosodsai, 2009).

No teste de microdureza de Vickers há a penetração da superfície do material por uma pirâmide com base quadrada com uma certa carga e por um período de tempo pré-estabelecido. Quando o tempo termina a carga é retirada deixando uma impressão na amostra. Os vértices da indentação são medidos e definem as diagonais da marca. Essas diagonais são então medidas com um microscópio. O número de dureza de Vickers é dado pelo valor da carga carga dividida pela área da forma de penetração. Os comprimentos das diagonais da penetração são medidos e os seus valores multiplicados para o cálculo da área. O teste de Vickers consegue utilizar cargas menores que 9,8 N. As penetrações resultantes são pequenas e limitadas a uma profundidade menor que 19 µm. Portanto, é possível de medir a dureza em pequenas superfícies e em amostras muito finas (Anusavice *et al.*, 2013; Chuenarrom *et al.*, 2009).

II. OBJETIVOS

1. Avaliar se existem alterações na dureza do esmalte dentário humano após branqueamento com um gel de peróxido de carbamida a 16%
2. Avaliar se existem alterações na dureza do esmalte dentário humano após branqueamento com um gel de peróxido de carbamida a 16% com nitrato de potássio e flúor
3. Avaliar se existem alterações na rugosidade do esmalte dentário humano após branqueamento com um gel de peróxido de carbamida a 16%
4. Avaliar se existem alterações na rugosidade do esmalte dentário humano após branqueamento com um gel de peróxido de carbamida a 16% com nitrato de potássio e flúor

Hipóteses

1. Existem alterações na dureza do esmalte dentário quando sujeito ao gel de peróxido de carbamida;
2. Existem alterações na rugosidade do esmalte dentário quando sujeito ao gel de peróxido de carbamida;
3. Existem alterações dureza do esmalte dentário quando sujeito ao gel de peróxido de carbamida com nitrato de potássio e flúor;
4. Existem alterações na rugosidade do esmalte dentário quando sujeito ao gel de peróxido de carbamida com nitrato de potássio e flúor;

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Protocolo experimental

Este estudo foi submetido à apreciação da Comissão de Ética do Instituto Superior de Saúde Egas Moniz, da qual obteve um parecer positivo. Assim, foram utilizados 15 molares hígidos, recentemente extraídos por motivos periodontais ou ortodônticos cedidos pelo Banco de Dentes do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz.

Os géis de branqueamento utilizados foram: o gel de branqueamento Opalescence PF (Ultradent Products, South Jordan, EUA) com 16% de peróxido de carbamida contendo nitrato de potássio e flúor na concentração de 0.11% e o gel de branqueamento Zaris™ White & Brite (3M ESPE, Seefeld, Germany) com 16% de peróxido de carbamida.

Tabela 1 - Características dos dois géis de branqueamento utilizados

	<i>Opalescence PF, Ultradent products</i>	<i>Zaris™ White & Brite, 3M ESPE</i>
<i>Agente ativo</i>	Peróxido de carbamida	Peróxido de carbamida
<i>Concentração</i>	16%	16%
<i>Fabricante</i>	Ultradent Products 505 West 10200 South South Jordan, UT 84095	3M ESPE AG ESPE Platz, 82229 Seefeld, Germany
<i>Ingredientes</i>	Peróxido de carbamida, água, glicerina, xilitol, hidróxido de sódio, nitrato de potássio, fluoreto de sódio	Peróxido de carbamida, glicerina, ácido 2- propanóico, propileno glicol
<i>pH</i>	~ 6.5	~ 5.5

O pH de ambos os géis foi medido com o Medidor de pH Basic 20 (Crison, Barcelona, Spain).

Após a exodontia, os dentes extraídos foram armazenados em água destilada a 4°C. De forma a eliminar o tecido orgânico, procedeu-se a sua rapagem com uma cureta.

Posteriormente os dentes foram imersos numa solução de cloramina tri-hidratada a 0,5%, não excedendo o tempo máximo de uma semana, segundo a Norma ISO/TS 11405: 2015 (E). Após este período, os dentes voltaram a ser colocados em água destilada a 4°C, até se iniciar o processo de aplicação dos géis de branqueamento, sendo a água destilada trocada semanalmente.

Ao longo de todo o estudo teve-se o cuidado de não deixar as amostras expostas ao ar durante longos períodos de tempo, de forma a prevenir a desidratação das mesmas e consequentemente alterações na sua superfície.

Antes de se iniciar a aplicação dos géis, os dentes recolhidos foram removidos da água destilada e higienizados com uma escova e uma pasta profilática a baixa velocidade durante cerca de 10 segundos.

Uma vez que foram necessários 30 espécimes para o estudo, os 15 dentes obtidos tiveram de ser seccionados. Assim de forma a serem preparados para o corte, foram fixados em blocos por meio de cera amarela colante e uma lamparina. Os molares utilizados foram seccionados no sentido mesio-distal, de forma a obter faces semelhantes. Os cortes foram efetuados com recurso a um micrótopo de tecidos duros Struers Accutom-50 (Struers, Ballerup, Dinamarca).



Figura 3 - Micrótopo de tecidos duros Struers Accutom-50

Posteriormente foi feita a limpeza do interior das câmaras pulpares com auxílio de uma cureta.



Figura 4 – Corte no sentido mesio-distal nos dentes

Após todas as amostras estarem devidamente limpas, os 30 espécimes foram divididos aleatoriamente por 3 grupos (n=10) e colocadas em caixas de Petri, cada uma com dez peças cada. Como já referido, de forma a aplicar e a comparar os géis de branqueamento, foram criados três grupos de forma aleatória: dois grupos experimentais ao qual foram aplicados os respetivos géis, grupo A (n=10) e B (n=10) e um grupo de controlo (n=10). Todas estas informações encontram-se detalhadas na tabela.

Tabela 2 - Divisão das amostras pelos três grupos

<i>Grupos</i>	Gel de branqueamento	Amostras
<i>Grupo A</i>	Opalescence PF (Ultradent Products, South Jordan, EUA), 16% de peróxido de carbamida.	10
<i>Grupo B</i>	Zaris™ White & Brite (3M ESPE, Seefeld, Germany), 16% de peróxido de carbamida.	10
<i>Grupo de controlo</i>	Sem aplicação de gel; mantidos em água destilada.	10

Previamente a iniciar a aplicação dos géis nos grupos A e B, quatro amostras de cada um destes grupos foram levadas ao Microscópio de Força Atómica TT-AFM (The AFM Workshop, California, EUA) para a obter imagens da superfície do esmalte previamente à aplicação dos géis. Começou por se realizar uma pequena marca com turbina na porção mais alta do esmalte de forma a ser possível realizar a análise na mesma zona no início e no final posteriormente há aplicação do gel. As amostras foram colocadas no AFM, e para cada uma foi obtida primeiramente uma imagem de $40\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$ e só posteriormente uma imagem final de $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ com uma resolução de 512×512 pixels. Durante todo o tempo em que decorreu a análise com o Microscópio de Força Atómica as amostras do grupo de controlo foram mantidas em água destilada mudada diariamente.

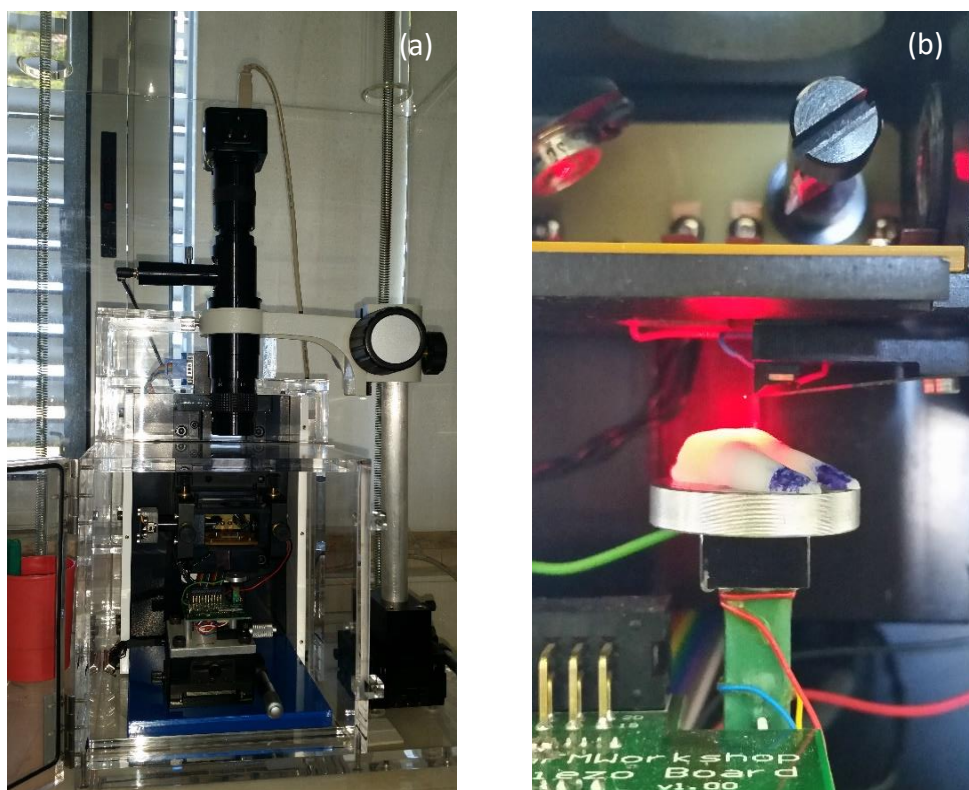


Figura 6 - (a) Microscópio de Força Atómica TT-AFM; (b) Obtenção de imagem com o TT-AFM

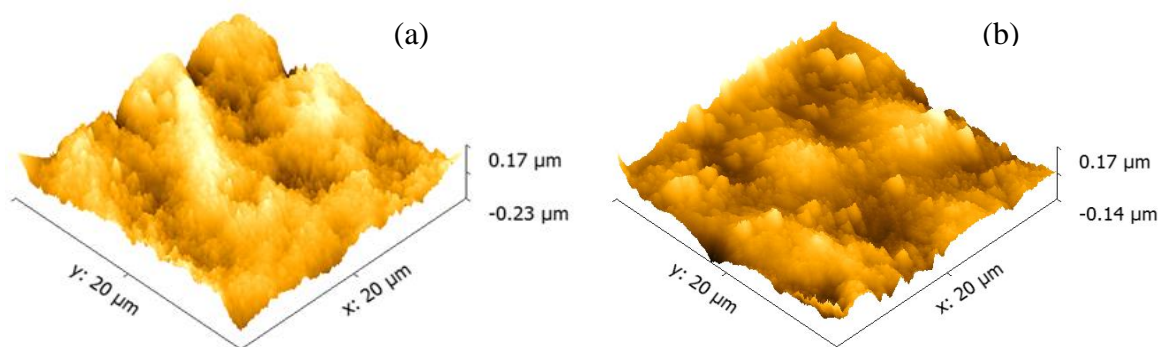


Figura 5 - (a) Imagem inicial da peça número 3 do Grupo A; (b) Imagem inicial da peça número 4 do grupo B

Após às amostras analisadas pelo AFM iniciou-se a aplicação dos géis nos respetivos grupos. Assim, durante os 14 em dias em que o estudo decorreu, foi aplicado no grupo A o gel Opalescence PF (Ultradent Products, South Jordan, EUA) com 16% de peróxido de carbamida com nitrato de potássio e flúor durante 6 horas por dia, no grupo B foi aplicado o gel Zaris™ White & Brite (3M ESPE, Seefeld, Germany) com 16% de peróxido de carbamida durante 2 horas por dia, ambos seguindo as instruções do fabricante, e repetindo o processo diariamente. O grupo de controlo foi mantido em água destilada, mudada diariamente, ao longo de toda a investigação.

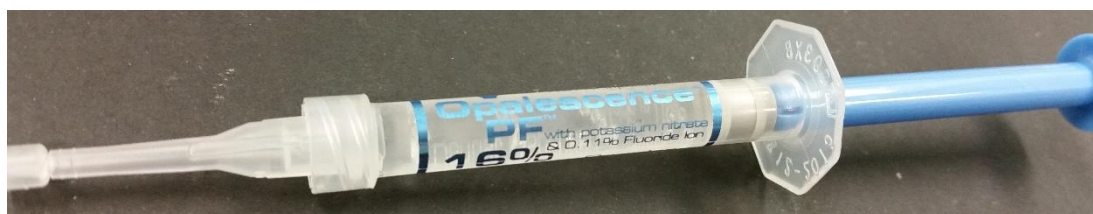


Figura 7 - Gel de branqueamento A: Opalescence PF (Ultradent Products, South Jordan, EUA) com 16% de peróxido de carbamida com nitrato de potássio e flúor



Figura 8 - Gel de branqueamento B: Zaris™ White & Brite (3M ESPE, Seefeld, Germany) com 16% de peróxido de carbamida

Diariamente as amostras foram retiradas do frigorífico e da água destilada, colocada uma compressa humedecida em cada placa de Petri e as amostras foram dispostas com o gel de branqueamento respetivo aplicado sobre as suas superfícies.



Figura 9 - Esquema do tempo de aplicação de cada gel ao respetivo grupo

Depois de deixar o gel atuar, as amostras foram lavadas com água corrente e uma compressa e de novamente imersas em água destilada para serem arrumadas de novo no frigorífico e ai mantidas até ao dia seguinte.

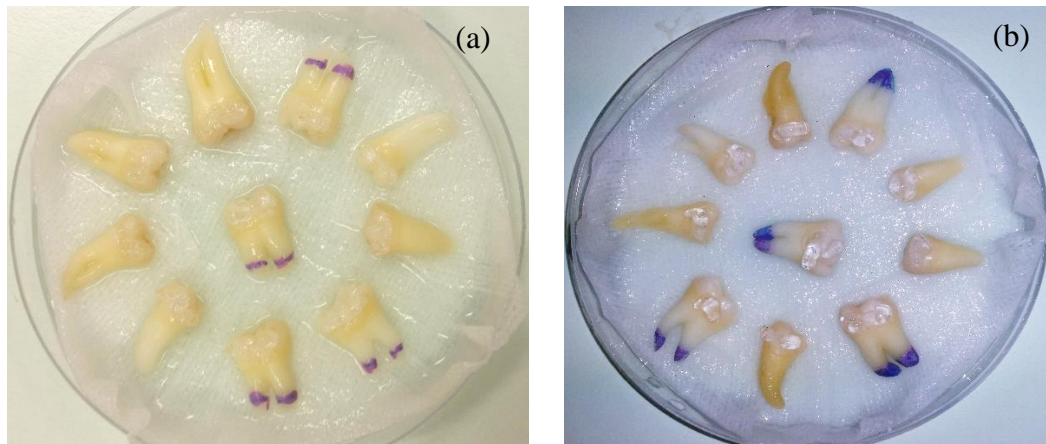


Figura 10 - (a) Grupo A com o gel aplicado; (b) Grupo B com o gel aplicado

Terminados os 14 dias e as aplicações diárias as amostras dos 3 grupos foram colocadas em água destilada até ser efetuada nova observação com o Microscópio de Força Atómica TT – AFM. Neste ponto voltou a obter-se imagens das mesmas quatro amostras dos grupos A e B. De frisar que estas peças foram marcadas com números de 1 a 4 para que as imagens iniciais e finais correspondessem. Posteriormente foi realizado o teste de microdureza de Vickers com a máquina de teste Shimadzu HSV-30 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) a todas as amostras de todos os grupos.

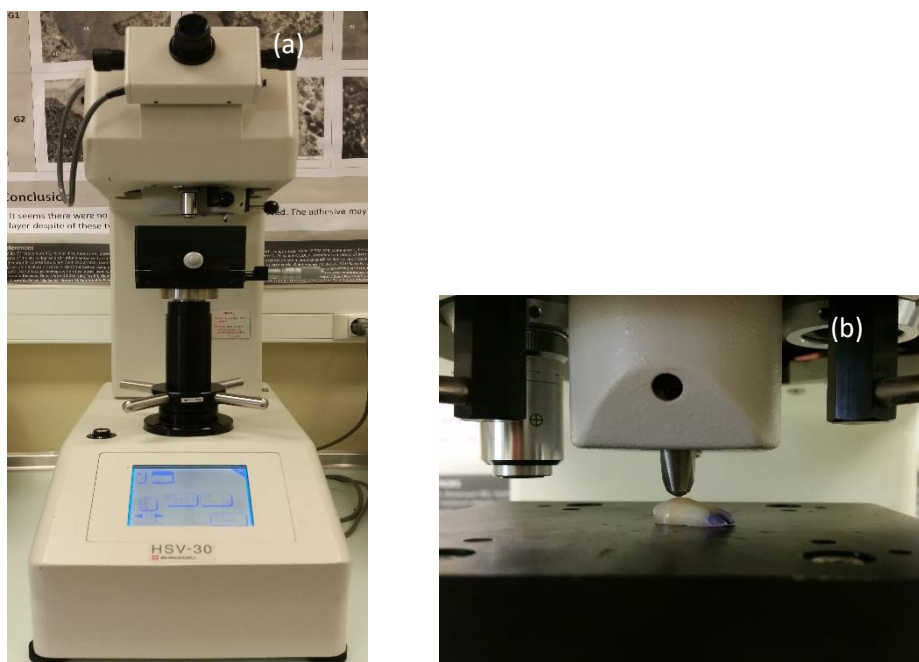


Figura 11 – (a) Máquina de teste Shimadzu HSV-30 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão); (b) Teste de microdureza à amostra.

A obtenção de imagens através do Microscópio de Força Atômica TT-AFM (The AFM Workshop, California, EUA) ocorreu da mesma forma que inicialmente. Localizou-se a marca realizada na porção mais alta da superfície do esmalte, obteve-se previamente uma imagem de 40 μ m x 40 μ m e só depois a imagem de 20 μ m x 20 μ m.

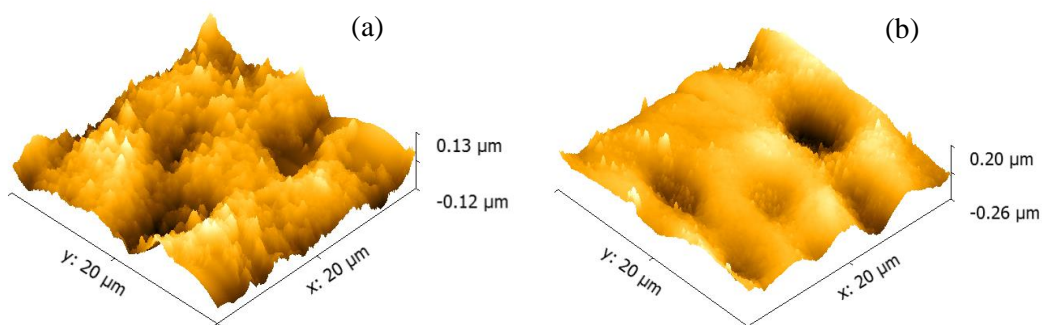


Figura 12 - (a) Imagem final da peça número 2 do Grupo A; (b) Imagem final da peça número 2 do grupo B

Posteriormente, realizaram-se as medições de microdureza Vickers. Todas as amostras de todos os grupos foram sujeitas a 5 medições de forma a calcular os valores médios para cada peça. Utilizou-se uma carga de 29.42N durante 5 segundos.

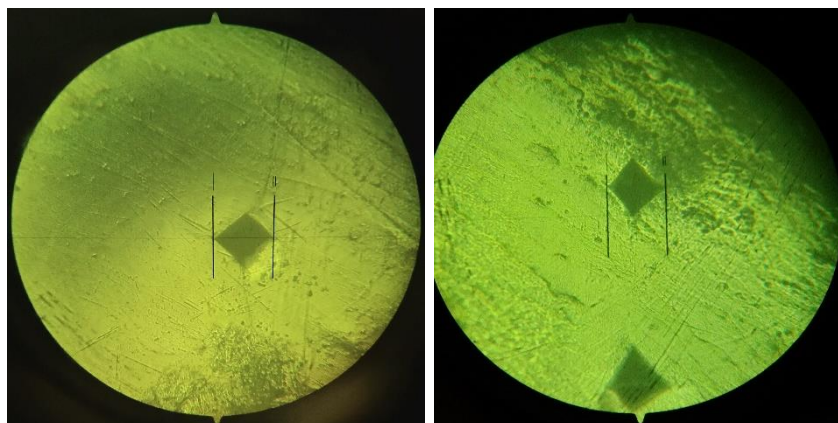


Figura 13 - Indentações feitas no teste de Vickers

Executou-se então a estatística adequada ao estudo.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada com a versão 22 do “*software IBM SPSS para Windows*”. Foi efetuada uma análise descritiva dos resultados observados com o cálculo de medidas de tendência central e de dispersão para os dados de escala. Foram feitos testes paramétricos, após a realização dos respetivos testes de normalidade, para inferir diferenças estatísticas entre algumas variáveis. Quanto à dureza, foi realizado um teste ANOVA Oneway para inferir se existiam diferenças entre os grupos A, B e controlo. Em relação à rugosidade, foram realizados vários testes. Compararam-se as médias de Ra, que dá o valor da rugosidade, inicial e final entre os grupos A e B, através do teste t-student para 2 amostras independentes, compararam-se também as médias do Ra inicial e final dentro do mesmo grupo, recorrendo ao teste t-student para 2 amostras dependentes. Para todos os testes foi utilizado um nível de significância (sig) de 0,05.

IV. RESULTADOS

1 Resultados do teste de microdureza de Vickers

Resultados do teste de microdureza de Vickers com a máquina de teste Shimadzu HSV-30 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão). Em cada amostra foram realizadas 5 indentações, ou seja obtidos cinco valores de HV, tendo-se realizado a média e o desvio padrão para cada uma delas. Foram assim determinados 10 valores médios para cada grupo. Cada fragmento foi submetido ao teste de indentação de Vickers com uma carga de 29,42N durante 5 segundos. Na tabela seguinte encontram-se esses mesmos valores das médias e do desvio padrão.

Como já referido, estas medições foram executadas após os 14 dias de aplicação dos géis.

Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão das medições de microdureza. Os valores apresentados estão na unidade HV

<i>Amostras</i>	<i>Grupos</i>					
	<i>Controlo</i>		<i>Grupo A</i>		<i>Grupo B</i>	
	<i>Valor médio</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Valor médio</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Valor médio</i>	<i>Desvio padrão</i>
1	351	38,503	293,6	18,07761	379,4	25,2448
2	384	37,11469	324	44,26624	343,4	29,56011
3	330,8	27,30751	309,8	32,9196	354	30,4877
4	363,4	41,02804	315,8	24,54995	351,6	24,32694
5	353,6	32,73836	305,4	53,15355	290,8	29,7355
6	383,8	26,78992	314,4	25,50098	309,2	51,2123
7	396,8	39,72027	310,6	16,60723	398	39,43983
8	349	56,12041	326	31,82766	359,4	16,33401
9	354,4	47,48473	318,8	41,9607	322,8	25,52842
10	404,8	62,45158	344,2	37,62579	366	18,64135

Tabela 4 - Valores médios de dureza de cada grupo. Os valores apresentados estão na unidade HV

	<i>Controlo</i>	<i>Grupo A</i>	<i>Grupo B</i>
<i>Valor médio de cada grupo</i>	367,16	316,26	347,46

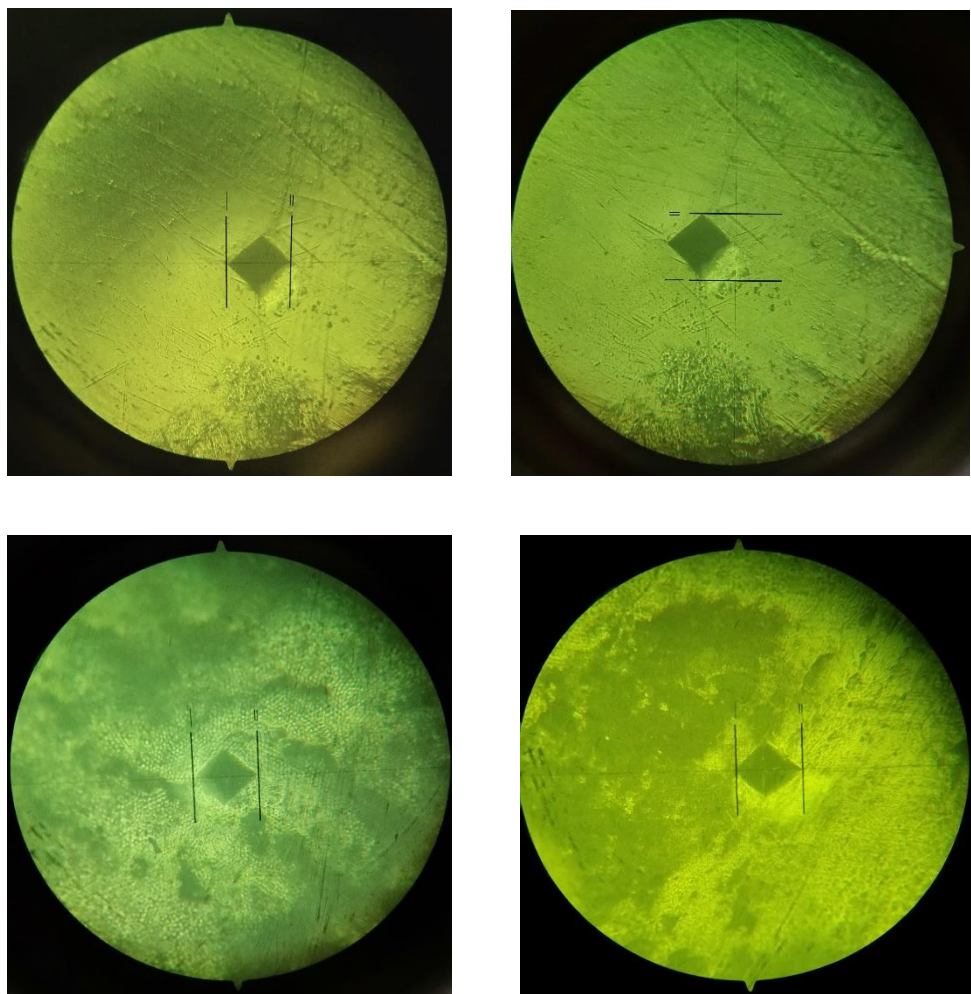


Figura 14 - Indentações nas amostras, realizadas de forma a obter os valores de microdureza na unidade HV

1.1 Análise estatística**Tabela 5** – Comparações múltiplas entre os diferentes grupos da variável dureza

	(I) Grupo Dureza	(J) Grupo Dureza	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Scheffe	A	B	-31,20000 [*]	10,95437	,029	-59,5722	-2,8278
		C	-50,90000 [*]	10,95437	,000	-79,2722	-22,5278
	B	A	31,20000 [*]	10,95437	,029	2,8278	59,5722
		C	-19,70000	10,95437	,217	-48,0722	8,6722
	C	A	50,90000 [*]	10,95437	,000	22,5278	79,2722
		B	19,70000	10,95437	,217	-8,6722	48,0722
Tamhane	A	B	-31,20000 [*]	11,09062	,046	-61,9001	-,4999
		C	-50,90000 [*]	8,67967	,000	-74,3594	-27,4406
	B	A	31,20000 [*]	11,09062	,046	,4999	61,9001
		C	-19,70000	12,71440	,364	-53,4490	14,0490
	C	A	50,90000 [*]	8,67967	,000	27,4406	74,3594
		B	19,70000	12,71440	,364	-14,0490	53,4490

Quando se observa as médias de todos os grupos, verifica-se que o grupo A é o grupo que apresenta menor média em relação ao grupo B e ao grupo de controlo (a diferença do grupo A para com o grupo B é de 31,20 HV e a diferença do grupo A para o grupo controlo é de 50,90 HV. Assim, existe neste ponto significância, pois $\text{sig} < 0,05$. O grupo de controlo não apresenta diferenças significativas em relação ao grupo B, pois $\text{sig} > 0,05$.

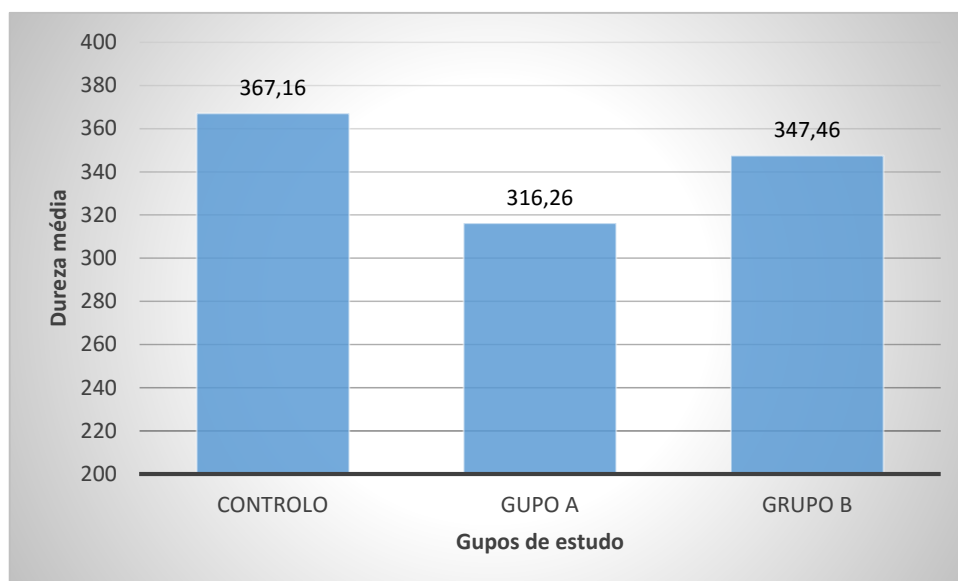


Gráfico 1 – Médias de dureza dos grupos de estudo

Os valores médios da dureza do grupo A encontram-se mais baixos do que os valores médios do grupo B e do grupo de controlo. Já os valores médios do grupo de controlo para o grupo B apesar de diferentes, como já referido, não apresentam diferenças significativas entre si.

2 Resultados da medição de rugosidade com o Microscópio de Força Atómica TT-AFM

Nos grupos A e B foram seleccionadas quatro amostras para serem observadas no Microscópio de Força Atómica TT-AFM (The AFM Workshop, California, EUA). Após a obtenção de uma imagem de $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ de cada superfície, estas imagens foram tratadas com o programa Gwyddion para *Windows*, versão 2.41, para medir a rugosidade de cada amostra. Foram obtidas imagens iniciais e finais de cada amostra. O valor de rugosidade é dado pelo valor de R_a , medido na unidade nm (nanómetros).

Grupo A

Tabela 6 - Valores iniciais para as quatro amostras do grupo A

<i>Amostra</i>	<i>Inicial</i>			
	1	2	3	4
<i>Ra (Sa) (nm)</i>	67,8	47,9	44,1	60,6
<i>Pico Máximo (nm)</i>	0,29	0,26	0,17	0,4
<i>Pico Mínimo (nm)</i>	-0,24	-0,33	-0,23	-0,29

Tabela 7 - Valores finais para as quatro amostras do grupo A

<i>Amostra</i>	<i>Final</i>			
	1	2	3	4
<i>Ra (Sa) (nm)</i>	77,9	29,4	47	58
<i>Pico Máximo (nm)</i>	0,91	0,13	0,19	0,28
<i>Pico Mínimo (nm)</i>	-0,4	-0,12	-0,19	-0,23



Figura 15 - (a) Imagem inicial da peça número 1 do grupo A; (b) Imagem final da peça número 1 do grupo A



Figura 16 - (a) Imagem inicial da peça número 2 do grupo A; (b) Imagem final da peça número 2 do grupo A

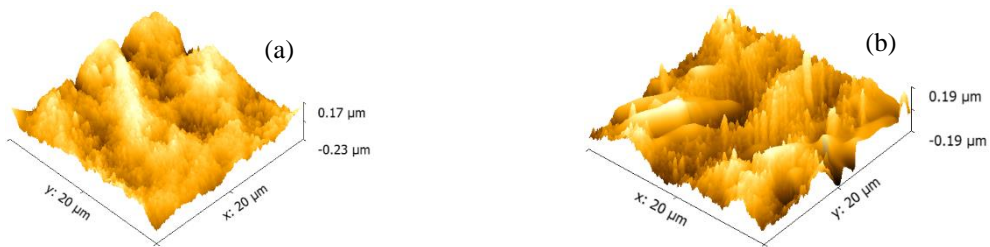


Figura 17 - (a) Imagem inicial da peça número 3 do grupo A; (b) Imagem final da peça número 3 do grupo A



Figura 18 - (a) Imagem inicial da peça número 4 do grupo A; (b) Imagem final da peça número 4 do grupo A

Grupo B

Tabela 8 - Valores iniciais para as quatro amostras do grupo

<i>Amostra</i>	<i>Inicial</i>			
	1	2	3	4
<i>Ra (Sa) (nm)</i>	46,4	72,8	34,7	28,8
<i>Máximo (nm)</i>	0,21	0,5	0,3	0,17
<i>Mínimo (nm)</i>	-0,17	-0,28	-0,16	-0,14

Tabela 9 - Valores finais para as quatro amostras do grupo B

<i>Amostra</i>	<i>Final</i>			
	1	2	3	4
<i>Ra (Sa) (nm)</i>	60,2	85,9	42,3	46,1
<i>Máximo (nm)</i>	0,23	0,44	0,198	0,2
<i>Mínimo (nm)</i>	-0,36	-0,39	-0,204	-0,26



Figura 20 - (a) Imagem inicial da peça número 1 do grupo B; (b) Imagem final da peça número 1 do grupo B



Figura 19 - (a) Imagem inicial da peça número 2 do grupo B; (b) Imagem final da peça número 2 do grupo B

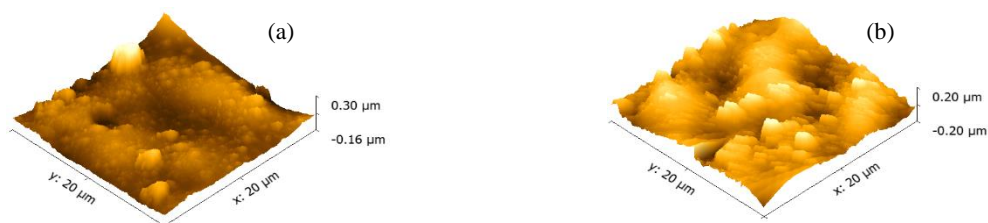


Figura 21 - (a) Imagem inicial da peça número 3 do grupo B; (b) Imagem final da peça número 3 do grupo B



Figura 22 - (a) Imagem inicial da peça número 4 do grupo B; (b) Imagem final da peça número 4 do grupo B

2.1 Análise estatística

2.1.1 Diferenças entre a média inicial de rugosidade dos grupos A e B

Tabela 10 – Valores da média inicial de rugosidade e do desvio padrão para cada grupo

		<i>Nº de amostras</i>	<i>Média (nm)</i>	<i>Desvio padrão</i>
<i>Média inicial de rugosidade</i>	A	4	55,1000	11,02089
	B	4	45,6750	19,50647

Tabela 11 - Teste t-student para 2 amostras independentes

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Média Inicial Ra	Equal variances assumed	,700	,435	,841	6	,432	9,42500	11,20226	-17,98594	36,83594
	Equal variances not assumed			,841	4,738	,441	9,42500	11,20226	-19,85663	38,70663

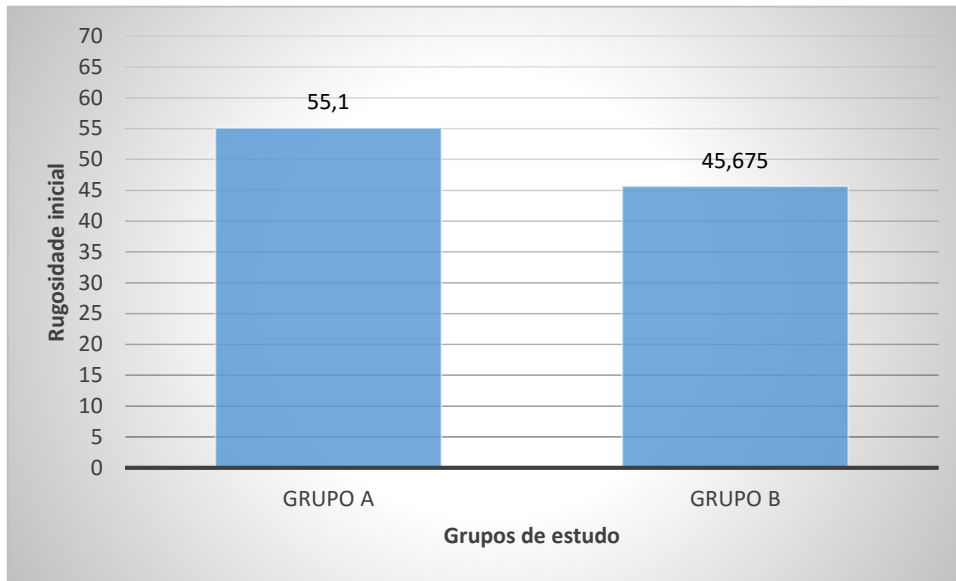


Gráfico 2 - Rugosidades iniciais médias do Grupo A e do Grupo B

Apesar da média inicial de rugosidade do grupo B ser menor, não se verificam diferenças significativas para a média inicial de rugosidade entre o grupo A e o grupo B, pois $sig > 0,05$.

2.1.2 Diferenças entre a média final de rugosidade dos grupos A e B

Tabela 12 - Valores da média final de rugosidade e do desvio padrão para cada grupo

		<i>Nº de amostras</i>	<i>Média (nm)</i>	<i>Desvio padrão</i>
<i>Média final de rugosidade</i>	A	4	53,0750	20,31377
	B	4	58,6250	19,74662

Tabela 13 - Teste t-student para 2 amostras independentes

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Média Final Ra	Equal variances assumed	,004	,955	-,392	6	,709	-5,55000	14,16491	-40,21028	29,11028
	Equal variances not assumed			-,392	5,995	,709	-5,55000	14,16491	-40,21701	29,11701

Sendo $sig > 0,05$, verifica-se que não existem diferenças significativas nas médias finais de rugosidade entre o grupo A e o grupo B. Como se pode constatar no gráfico seguinte.

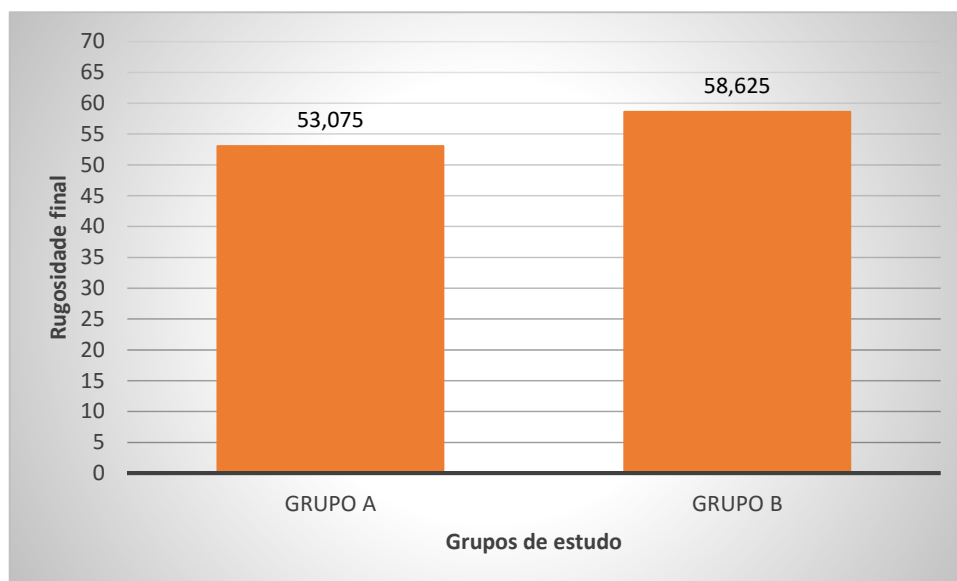


Gráfico 3 - Rugosidades finais médias do Grupo A e do Grupo B

2.1.3 Comparação entre a média inicial e final de rugosidade do Grupo A

Tabela 14 – Comparação entre a média e o desvio padrão inicial e final do Grupo A

		<i>Nº de amostras</i>	<i>Média (nm)</i>	<i>Desvio padrão</i>
<i>Grupo A</i>	Inicial	4	55,1000	11,02089
	Final	4	53,0750	20,31377

Tabela 15 - Teste t-student para 2 amostras dependentes

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Média Inicial Ra - Média Final Ra	2,02500	12,15219	6,07610	-17,31185	21,36185	,333	3	,761

Apesar da média da rugosidade final das quatro amostras do grupo A ser ligeiramente mais baixa que a média inicial destas mesma quatro amostras, esta diferença não se considera significativa, pois $sig > 0,05$.

2.1.4 Comparação entre a média inicial e final de rugosidade do Grupo B

Tabela 16 - Comparação entre a média e o desvio padrão inicial e final do Grupo B

		<i>Nº de amostras</i>	<i>Média (nm)</i>	<i>Desvio padrão</i>
<i>Grupo B</i>	Inicial	4	45,6750	19,50647
	Final	4	58,6250	19,74662

Tabela 17 - Teste t-student para 2 amostras dependentes

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Média Inicial Ra - Média Final Ra	-12,95000	4,01207	2,00603	-19,33409	-6,56591	-6,456	3	,008

No grupo B, a média inicial de rugosidade foi de aproximadamente 45.6 nm enquanto a média final de rugosidade foi de cerca de 58.6 nm, deste modo diferença da média inicial para a média final do grupo B é de cerca de 12.95 nm. Assim sendo, e porque $\text{sig} < 0,05$, existem diferenças significativas entre a média inicial e a média final. O seguinte gráfico espelha este aumento do valor de rugosidade do grupo B, sendo possível observar ambos os grupos e as diferenças nas suas médias iniciais e finais.

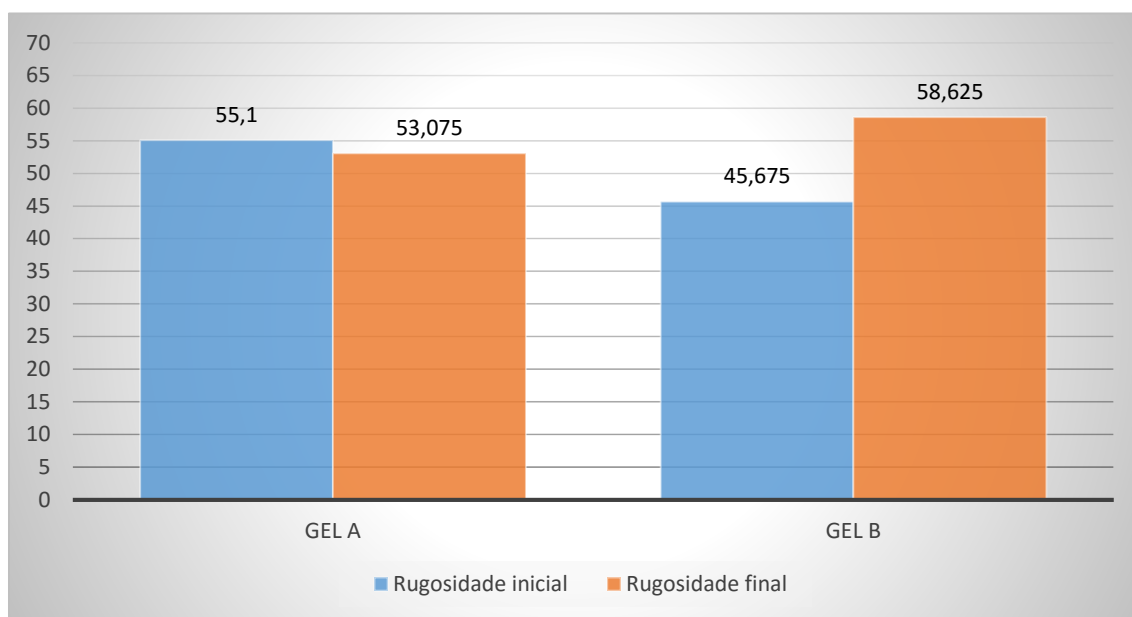


Gráfico 4 - Comparação das médias de rugosidade finais e iniciais de cada grupo

V. DISCUSSÃO

Vários estudos apontam importantes efeitos secundários dos tratamentos de branqueamento dentário. Referem que existe aumento da rugosidade do esmalte, diminuição da microdureza, diminuição da resistência do esmalte e da dentina e um significativo decréscimo da concentração de cálcio e de fósforo (Berger *et al.*, 2014; Hilgenberg, Pinto, Farago, Santos & Wambier, 2011; Soldani, Amaral & Rodrigues, 2010). Por outro lado, diferentes autores não referem efeitos adversos significantes após branqueamento (Kwon, Kurti, Oyoyo & Li, 2014; Smidt, Feuerstein & Topel, 2011).

Este estudo tinha como objetivos principais averiguar se existem alterações na microdureza e na rugosidade do esmalte quando aplicado um gel de branqueamento de 16% de peróxido de carbamida e se o facto de ser adicionado nitrato de potássio e flúor tem influência também na microdureza e rugosidade do esmalte dentário humano.

Para isso, como já referido, foram utilizados dois géis de branqueamento em ambulatório: um de peróxido de carbamida a 16% com nitrato de potássio e flúor na concentração de 0.11% (Opalescence PF, Ultradent Products) e outro também de peróxido de carbamida mas sem nitrato de potássio e sem flúor (Zaris™ White & Brite, 3M ESPE). Foi também criado um grupo de controlo de forma a ser possível comparar se existiam de facto alterações. De relembrar que o Grupo de controlo foi apenas utilizado para comparar os valores médios de dureza. Os valores de rugosidade foram obtidos previamente à aplicação dos géis e após o término dos catorze dias de aplicação dos géis nas mesmas quatro peças selecionadas do Grupo A e B.

Os valores de dureza do esmalte foram obtidos com o teste de microdureza de Vickers e a carga aplicada foi de 29.42N durante 5 segundos. Foi utilizado o teste de Vickers pois este é adequado para determinar a dureza de materiais friáveis, portanto é habitual ser usado para a quantificação da dureza do dente. Em cada amostra foram realizadas 5 indentações e depois feita a média de cada uma das amostras (Anusavice *et al.*, 2013; Chuenarrom, Benjakul & Daosodsai, 2009; Shahdad, McCabe, Bull, Rusby & Wassell, 2007).

Weig, Ferreira & Albano (2011) avaliaram a dureza de várias regiões do esmalte e foi obtido o valor médio de 460 HV para o esmalte periférico. De acordo com o estudo de Chuenarrom *et al.* (2009) os valores de microdureza do esmalte encontram-se entre 322 HV e 363 HV. Já Mielczarek, Klukowska, Ganowicz, Kwiatkowska & Kwaśny

(2008) referem que os valores de dureza para o esmalte saudável estão entre 242 HV e 368 HV. Verifica-se que no presente estudo os valores médios de dureza foram 367.16 HV para o grupo de controlo, 316.26 HV para o Grupo A e 347.46 HV para o Grupo B.

Para avaliar a rugosidade após a aplicação dos géis foi utilizado o Microscópio de Força Atómica (AFM). No entanto, foi primeiramente necessário medir a rugosidade inicial de quatro amostras para depois medir as mesmas amostras no fim. Assim, foi possível verificar se existiram alterações. Foi escolhido o AFM pois era objetivo deste estudo quantificar com a maior precisão possível se existiam alterações na rugosidade e ainda ter uma perspetiva a três dimensões da superfície do esmalte antes e após a aplicação dos diferentes géis. O AFM tem sido usado com sucesso em medicina dentária para estudar a morfologia de superfície do esmalte e da dentina. A sua principal vantagem é a capacidade de fornecer dados quantitativos nanométricos em três dimensões e com as respetivas imagens, sem necessidade de preparação prévia das amostras. Um dos parâmetros mais comuns para avaliar a rugosidade é analisar o valor dado pela rugosidade média, ou seja, pelo valor de Ra (Freitas *et al.*, 2011; Hashimoto *et al.*, 2013).

Existe uma relação entre o valor de rugosidade de uma superfície e a tendência para a adesão de bactérias. O aumento de rugosidade tem um grande impacto na aparência estética, provoca uma coloração alterada das restaurações, promove a acumulação de placa bacteriana, a formação de caries e a inflamação gengival. Assim, o valor de Ra não deve ser acima de 0.2 μ m ou 200nm (Zuryati *et al.*, 2013).

Mei, Busscher, van der Mei & Ren (2011) no seu estudo reportaram que a adesão bacteriana aumenta com o aumento da rugosidade da superfície. Verificaram também que quando a rugosidade de superfície é menor que 200nm, não se considera significativo o efeito da acumulação de placa.

Neste estudo, os valores médios de Ra obtidos não foram além de 60nm apesar de terem aumentado significativamente no grupo B.

Vários estudos demonstram que os efeitos dos agentes de branqueamento sobre o esmalte dentário variam de acordo com o protocolo de branqueamento utilizado podendo causar alterações insignificantes ou alterações mais profundas ao nível da sua morfologia. Verifica-se também que a aplicação de géis de 16% de concentração de peróxido de carbamida pode provocar mudanças mais notórias na morfologia do esmalte superficial e uma redução da microdureza, quando comparando com concentrações mais baixas de

peróxido de carbamida. (Abouassi, Wolkewitz & Hahn, 2011; Soares *et al.*, 2013). Também Mondelli *et al.* (2015) verificou que o efeito dos géis de branqueamento na microdureza do esmalte poderá ser dependente da concentração do gel. Goldberg *et al.* (2010) num artigo de revisão concluem que a desmineralização e as alterações morfológicas do esmalte após o branqueamento devem ser consideradas como um efeito adverso destes tratamentos, que está dependente da concentração e do tempo de aplicação.

Por sua vez, outros autores não encontram alterações nem nas características morfológicas nem na dureza do esmalte dentário tratado com peróxido de carbamida, principalmente quando a concentração de agentes de branqueamento é de 10% (Goldberg *et al.*, 2010; Lopes, Bonissoni, Baratieri, Vieira & Monteiro, 2002; Potocnik, Kosec & Gaspersic, 2000).

As alterações na microdureza podem ser relacionadas com perda ou reposição de minerais na estrutura dentária, desmineralização e remineralização respetivamente. Estudos mostraram que os testes de microdureza como o teste de Knoop e Vickers são apropriados para determinar pequenas diferenças de alterações de dureza no esmalte superficial (R. F. Mondelli *et al.*, 2015).

Posto isto, e sabendo que a sensibilidade dentária é relatada como o efeito adverso mais comum do branqueamento dentário, numa tentativa de diminuir a incidência de sensibilidade, de restabelecer a microdureza do esmalte e de promover a remineralização de alterações que possam ocorrer, alguns fabricantes tem vindo a incorporar fluoretos nas fórmulas dos seus géis (Li & Greenwall, 2013; Tschoppe *et al.*, 2009).

A adição de flúor aos géis de branqueamento pode contribuir para a mais rápida remineralização do esmalte sujeito a branqueamento, quando comparando com géis que não possuem fluoretos na sua composição. No entanto, um estudo *in vivo* determinou que não existem diferenças significativas na microdureza do esmalte entre um tratamento com 15% de peróxido de carbamida com e sem flúor (Borges *et al.*, 2010).

Relativamente a um dos géis utilizados neste estudo possuir na sua composição nitrato de potássio e flúor, é referido na literatura que a adição destes compostos pode minimizar a perda mineral do esmalte e conseqüentemente reduzir significativamente a sensibilidade após o branqueamento (Berger *et al.*, 2014; Pintado-Palomino & Tirapelli, 2015).

Num estudo realizado por Chen, Chang, Liu, Chuang & Yang (2008) verificou-se que os grupos tratados com géis de branqueamento fluoretados apresentavam uma menor redução na microdureza comparativamente àqueles que não tinham flúor na sua composição.

Por sua vez, Junqueira *et al.* (2011) no seu estudo pretendeu avaliar o efeito de dois produtos de peróxido de carbamida na superfície do esmalte dentário. Para isso criou quatro grupos de estudo, onde no grupo 1 realizou apenas uma sessão de aplicação do gel a 16%, no grupo 2 fez três aplicações do gel a 16%, no grupo 3 aplicou apenas uma vez o gel a 22% e por último no grupo 4 aplicou três vezes o gel a 22%. Entre as aplicações as amostras foram armazenadas em saliva artificial. No final a superfície do esmalte foi analisada sendo visíveis alterações morfológicas como depressões, irregularidades, erosão e exposição dos prismas de esmalte. Estas alterações foram evidentes no grupo ao qual foi aplicado três vezes o gel com concentração de 22% de peróxido de carbamida.

Já Freitas *et al.* (2011) refere que o uso de flúor durante os procedimentos de branqueamento em conjunto com a ação da saliva pode ser útil de forma a restabelecer as alterações causadas pelos produtos. No seu estudo, foram aplicados géis de peróxido de hidrogénio a 38%, sendo que posteriormente metade das amostras foram polidas com uma pasta que continha nano-partículas de hidroxiapatite e a outra metade com um gel que continha fluoreto de sódio a 2%. A rugosidade das amostras foi medida antes do branqueamento, depois do mesmo e por fim após a aplicação da pasta e do gel. Utilizando o AFM verificou que, tal como em estudos anteriores, a rugosidade não sofreu alterações significativas para nenhum dos dois tratamentos.

A suscetibilidade para a desmineralização verifica-se ser menor quando utilizado um gel de peróxido de carbamida contendo flúor. A desmineralização e as alterações superficiais do esmalte estão não só ligadas ao agente de branqueamento como também ao pH do gel, à viscosidade e ao prolongado tempo de contacto do gel com a superfície do esmalte (Bollineni *et al.*, 2014).

No entanto no presente estudo foi observado que o Grupo A, ao qual foi aplicado o gel peróxido de carbamida com nitrato de potássio e flúor, foi o grupo que apresentou menores valores médios de dureza quando comparando com o Grupo de controlo e com o Grupo B. É de referir que neste estudo foram sempre seguidas as indicações dos fabricantes, aplicando o gel Opalescence PF durante 6 horas por dia e o gel Zaris™ White & Brite durante 2 horas por dia.

É importante mencionar que o tempo de contacto entre o gel e o dente parece ser significativo para alterar as propriedades do esmalte (De Abreu, Sasaki, Amaral, Flório & Basting, 2011).

Estes resultados contraditórios na avaliação da microdureza podem ser explicados devido a diferentes metodologias de estudo, como o uso de diferentes agentes de branqueamento com diferentes concentrações e variações no tempo e método de aplicação, as variações no pH dos agentes e até a forma de armazenamento das amostras. Também o método de avaliar a microdureza pode ser diferente. Deste modo, torna-se difícil encontrar uma forma concreta de comparar todos os resultados (R. F. Mondelli *et al.*, 2015). Adicionalmente, diferentes estudos com peróxido de hidrogénio referem que a diminuição da microdureza é atribuída ao tempo de contacto entre o peróxido de hidrogénio e o dente ou ao pH ácido de alguns géis de branqueamento (Pintado-Palomino & Tirapelli, 2015).

Tendo em conta que presente estudo se utilizou água destilada como solução e armazenamento, verifica-se que o gel que permaneceu mais tempo em contacto com a superfície do dente foi o que apresentou menores valores médios de microdureza após as aplicações.

Assim, outro facto a considerar é a influência que tem a solução de armazenamento escolhida.

É sugerido que a utilização de saliva artificial como meio de armazenamento pode ter efeitos na remineralização do esmalte (Junqueira *et al.*, 2011). Assim, como indica De Abreu *et al.* (2011), a saliva artificial empregue no seu estudo tinha uma composição mineral e um efeito de remineralização, efeito esse que foi observado no período após o branqueamento. Neste período, houve um aumento nos valores de microdureza para todos os géis evidenciando assim que a saliva tem um papel importante na remineralização do esmalte. Também Kwon, Kurti, Oyoyo & Li (2014) utilizaram no seu estudo saliva artificial de forma a simular condições intraorais e verificaram que nenhum dos métodos de branqueamento utilizados provocou alterações significativas nos valores de dureza finais quando comparando com os iniciais.

Por outro lado, num estudo em que as amostras foram colocadas em saliva artificial por 14 dias após um período de branqueamento de 42 dias, mostram que houve um aumento nos valores de microdureza não chegando no entanto aos valores iniciais (R.

T. Basting, Rodrigues & Serra, 2003). Isto pode significar que a duração do tratamento branqueador tem influência na capacidade de remineralização da saliva. Assim, se o tempo de tratamento for aumentado a saliva necessita de mais tempo para a ação de remineralização ser evidente (De Abreu *et al.*, 2011).

Embora alguns estudos usem saliva artificial como solução para armazenar peças dentárias de forma a simular as condições intraorais, neste estudo as amostras foram armazenadas em água destilada. O motivo foi evitar o efeito de remineralização que a saliva artificial possa apresentar, e ser possível avaliar se os géis testados têm realmente capacidade de alterar a morfologia da superfície do esmalte e a sua dureza (Pintado-Palomino & Tirapelli, 2015).

Como referido anteriormente, também o pH dos géis de branqueamento tem um papel ativo nas alterações na morfologia de superfície do esmalte. Neste estudo, os géis Opalescence PF e Zaris™ White & Brite apresentam um pH de aproximadamente 6.5 e de 5.5, respetivamente.

É conhecido que a desmineralização do esmalte ocorre quando o pH está abaixo de 5.2 (Hilton *et al.*, 2013).

É então de notar que, no presente estudo, o pH do gel Zaris™ White & Brite, aplicado ao Grupo B, é semelhante ao pH crítico, sendo que foi este o gel que apresentou maior diferença dos valores de rugosidade iniciais para os finais. Xu, Li & Wang, (2011) realizaram um estudo onde se verificou que o esmalte quando sujeito a um produto de 30% de peróxido de hidrogénio num meio com pH=3 e pH=5, ou seja, abaixo do pH crítico (pH=5.5), apresenta alterações morfológicas evidentes. Esse mesmo produto, quando num meio com pH=7 apresenta pequenas alterações morfológicas no esmalte, e quando num meio com pH=8 as alterações que apresenta não consideradas como não significativas, pois são muito reduzidas. Estes resultados ajudam a fundamentar que o pH do produto de branqueamento pode ser um fator de peso na influência dos resultados. Posto isto, é de notar que no presente estudo, o gel B tinha pH 5.5.

Assim, géis de branqueamento com baixo pH induzem alterações na morfologia do esmalte, especialmente em condições *in vitro*. No entanto, aparentemente é possível diminuir a desmineralização causada por um gel com pH baixo quando a saliva está presente (Sa *et al.*, 2013).

Assim, os resultados do estudo de Sa *et al.*, (2013) indicam que os géis de branqueamento com baixo pH podem provocar alterações na superfície do esmalte em condições *in vitro* em que seja utilizada água destilada como solução de armazenamento. Adicionalmente, este autor observou também que os valores de pH e as condições de armazenamento, quer *in vitro* quer *in vivo*, não tem efeitos nas propriedades mecânicas, como a dureza, do esmalte após o branqueamento. Este facto pode explicar o porquê de se observar um aumento significativo na rugosidade final quando comparando com a rugosidade inicial no Grupo B mas não uma diminuição da dureza neste mesmo grupo.

O facto de se seguirem diferentes protocolos experimentais em cada investigação pode ser também uma das justificações para a disparidade de resultados. Assim como já mencionado, todos estes resultados contraditórios em várias investigações pode ter como causas, o produto utilizado no estudo, a sua concentração, do tempo de aplicação, o meio de armazenamento das amostras e o valor do pH do produto (Junqueira *et al.*, 2011; Sa *et al.*, 2013).

Perspetivas futuras

Pela preocupação atual em relação à estética e ao tema dos branqueamentos, seria interessante do ponto de vista académico, científico e prático realizar mais estudos nesta linha de investigação no sentido de apurar mais resultados. Assim, como estudos futuros seria interessante:

- Avaliar a rugosidade e a microdureza do esmalte aplicando géis de semelhantes concentrações mas diferentes composições com armazenamento das amostras em água destilada e em saliva artificial;
- Avaliar o efeito de diferentes pHs da saliva na remineralização do esmalte após a aplicação de diferentes géis de branqueamento;
- Avaliar alterações de superfície e alterações de propriedades mecânicas com diferentes tempos de aplicação do mesmo gel;
- Avaliar *in vivo* o efeito de agentes de remineralização adicionados aos géis de branqueamento na sensibilidade dentária.

VI. CONCLUSÃO

De acordo com todos os fatores avaliados e após todos os resultados obtidos, tanto de dureza como de alterações na morfologia, é possível concluir que:

1. Os valores médios de dureza do esmalte dentário dos Grupos A e B, quando comparados com valores médios do Grupo de controlo, são mais baixos;
2. No entanto não se verificaram alterações significativas na dureza do esmalte com a aplicação do gel de peróxido de carbamida a 16%;
3. Ainda em relação à dureza constatou-se também que o Grupo A, ao qual foi aplicado o gel de 16% de peróxido de carbamida com nitrato de potássio e flúor, apresentou valores significativamente mais reduzidos que o Grupo de controlo e o Grupo B;
4. Verificaram-se alterações na rugosidade da superfície do esmalte para o Grupo B, ao qual foi aplicado o gel Zaris™ White & Brite a 16% de peróxido de carbamida, tendo existido um aumento significativo no valor de rugosidade final em relação ao valor inicial;
5. Quando os valores médios de rugosidade iniciais e finais do Grupo A, em que se aplicou gel de peróxido de carbamida a 16% com nitrato de potássio e flúor, foram comparados observou-se que existiu uma ligeira descida no valor de rugosidade final, no entanto, este facto não foi considerado significativo.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Abouassi, T., Wolkewitz, M. & Hahn, P. (2011). Effect of carbamide peroxide and hydrogen peroxide on enamel surface: an in vitro study. *Clinical Oral Investigations*, 15(5), 673–80. <http://doi.org/10.1007/s00784-010-0439-1>
- 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.
- An, B., Wang, R., Arola, D. & Zhang, D. (2015). Damage mechanisms in uniaxial compression of single enamel rods. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 42, 1–9.
- Anusavice, K. J., Shen, C. & Rawls, R. H. (2013). General classes and properties of dental materials. In *Phillips' Science of dental materials* (12^a edição, pp. 48 – 65). Missouri: Elsevier Saunders.
- Avery, J. . (2002). Oral development and histology. In *Oral development and histology* (3rd ed, pp. 153 – 158). New York, USA: Thieme.
- Basting, R., Amaral, F., França, F. & Flório, F. (2012). Clinical Comparative Study of the Effectiveness of and Tooth Sensitivity to 10% and 20% Carbamide Peroxide Home-use and 35% and 38% Hydrogen Peroxide In-office Bleaching Materials Containing Desensitizing Agents. *Operative Dentistry*, 37(5), 464–473. <http://doi.org/10.2341/11-337-C>
- Basting, R. T., Rodrigues, A. & Serra, M. (2003). The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time. *The Journal of the American Dental Association*, 134(10), 1335–1342. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2003.0047>
- Beniash, E., Metzler, R. a., Lam, R. S. K. & Gilbert, P. U. P. a. (2009). Transient amorphous calcium phosphate in forming enamel. *Journal of Structural Biology*, 166(2), 133–143. <http://doi.org/10.1016/j.jsb.2009.02.001>
- Berga-Caballero, A., Forner-Navarro, L. & Amengual-Lorenzo, J. (2006). At-home vital bleaching: a comparison of hydrogen peroxide and carbamide peroxide treatments. *Medicina Oral, Patología Oral Y Cirugía Bucal*, 11(1), 94 – 99.
- Berger, S. B., Eduardo, L., Soares, S., Martin, A. A., Maria, G., Ambrosano, B., ...

- Giannini, M. (2014). Effects of various hydrogen peroxide bleaching concentrations and number of applications on enamel. *Brazilian Oral Science*, 13(1), 22 – 27.
- Berkovitz, B., Holland, G. & Moxham, B. J. (2009). Oral Anatomy, Histology and Embryology. In *Oral Anatomy, Histology and Embryology* (4^a Edição, pp. 105–110). New York, USA: Mosby Elsevier.
- Bernardon, J. K., Sartori, N., Ballarin, A., Perdigão, J., Lopes, G. C. & Baratieri, L. N. (2010). Clinical performance of vital bleaching techniques. *Operative Dentistry*, 35(1), 3–10. <http://doi.org/10.2341/09-008CR>
- Bird, D. L. & Robinson, D. S. (2012). Assisting in Comprehensive Dental Care. In *Modern Dental Assisting* (10th editi, pp. 840 – 843). Missouri: Elsevier Saunders.
- Bizhang, M., Chun, Y.-H. P., Damerau, K., Singh, P., Raab, W. H. M. & Zimmer, S. (2009). Comparative clinical study of the effectiveness of three different bleaching methods. *Operative Dentistry*, 34(6), 635–641. <http://doi.org/10.2341/08-069-C>
- Blanchard, C. R. (1996). Atomic Force Microscopy. *The Chemical Educator*, 1(5), 1–8. <http://doi.org/10.1007/s00897960059a>
- Bollineni, S., Janga, R. K., Venugopal, L., Reddy, I. R., Babu, P. R. & Kumar, S. S. (2014). Role of fluoridated carbamide peroxide whitening gel in the remineralization of demineralized enamel: An in vitro study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 4(2), 117–21. <http://doi.org/10.4103/2231-0762.137638>
- Borges, A. B., Yui, K. C. K., D’Avila, T. C., Takahashi, C. L., Torres, C. R. G. & Borges, A. L. S. (2010). Influence of remineralizing gels on bleached enamel microhardness in different time intervals. *Operative Dentistry*, 35(2), 180–186. <http://doi.org/10.2341/09-117-L>
- Carey, C. M. (2014). Tooth whitening: What we now know. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 14(SUPPL.), 70–76. <http://doi.org/10.1016/j.jebdp.2014.02.006>
- Chen, H.-P., Chang, C.-H., Liu, J.-K., Chuang, S.-F. & Yang, J.-Y. (2008). Effect of fluoride containing bleaching agents on enamel surface properties. *Journal of Dentistry*, 36(9), 718–725. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.05.003>
- Chuenarrom, C., Benjakul, P. & Daosodsai, P. (2009). Effect of indentation load and time

- on knoop and vickers microhardness tests for enamel and dentin. *Materials Research*, 12(4), 473–476. <http://doi.org/10.1590/S1516-14392009000400016>
- Chun, K., Choi, H. & Lee, J. (2014). Comparison of mechanical property and role between enamel and dentin in the human teeth. *Journal of Dental Biomechanics*, 5, 1758736014520809. <http://doi.org/10.1177/1758736014520809>
- Costa, C. A. de S., Riehl, H., Kina, J. F., Sacono, N. T. & Hebling, J. (2010). Human pulp responses to in-office tooth bleaching. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109(4), 59 – 64. <http://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.12.002>
- D'Arce, M. B. F., Lima, D. A. N. L., Aguiar, F. H. B., Bertoldo, C. E. D. S., Ambrosano, G. M. B. & Lovadino, J. R. (2013). Effectiveness of dental bleaching in depth after using different bleaching agents. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 5(2), 100 – 107. <http://doi.org/10.4317/jced.51063>
- Dahl, J. & Pallesen, U. (2003). Tooth bleaching - A critical review of the biological aspects. *Crit Rev Oral Biol Med*, 14(4), 292–304.
- De Abreu, D. R., Sasaki, R. T., Amaral, F. L. B., Flório, F. M. & Basting, R. T. (2011). Effect of Home-Use and In-Office Bleaching Agents Containing Hydrogen Peroxide Associated with Amorphous Calcium Phosphate on Enamel Microhardness and Surface Roughness. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 23(3), 158–168. <http://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2010.00394.x>
- Freitas, A. C., Botta, S. B., Teixeira, F., Salvadori, M. C. & Garone-Netto, N. (2011). Effects of fluoride or nanohydroxiapatite on roughness and gloss of bleached teeth. *Microscopy Research and Technique*, 74(January), 1069–1075. <http://doi.org/10.1002/jemt.20996>
- Ghadimi, E., Eimar, H., Marelli, B., Nazhat, S. N., Asgharian, M., Vali, H. & Tamimi, F. (2013). Trace elements can influence the physical properties of tooth enamel. *SpringerPlus*, 2, 499.
- Giacomelli, L., Derchi, G., Frustaci, A., Bruno, O., Covani, U., Barone, A., ... Chiappelli, F. (2010). Surface roughness of commercial composites after different polishing protocols: an analysis with atomic force microscopy. *The Open Dentistry Journal*, 4, 191–194. <http://doi.org/10.2174/1874210601004010191>

- Goldberg, M., Grootveld, M. & Lynch, E. (2010). Undesirable and adverse effects of tooth-whitening products: A review. *Clinical Oral Investigations*, 14(1), 1–10. <http://doi.org/10.1007/s00784-009-0302-4>
- Habelitz, S., Marshall, S. J., Jr, G. W. M. & Balooch, M. (2001). Mechanical properties of human dental enamel on the nanometre scale. *Archives of Oral Biology*, 46, 173–183.
- Hashimoto, Y., Hashimoto, Y., Nishiura, A. & Matsumoto, N. (2013). Atomic force microscopy observation of enamel surfaces treated with selfetching primer. *Dental Materials Journal*, 32(1), 181–188. <http://doi.org/10.4012/dmj.2012-227>
- Hayashi-Sakai, S., Sakai, J., Sakamoto, M. & Endo, H. (2012). Determination of fracture toughness of human permanent and primary enamel using an indentation microfracture method. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 23(9), 2047–2054. <http://doi.org/10.1007/s10856-012-4678-3>
- 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. <http://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2007.05.001>
- He, L., Shao, M., Tan, K., Xu, X. & Li, J. Y. (2012). The effects of light on bleaching and tooth sensitivity during in-office vital bleaching: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 40(8), 644–653. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.04.010>
- Heymann, H. O., Swift Jr, E. J. & Ritter, A. V. (2013). Additional Conservative Esthetic Procedures. In *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (6th ed., pp. 296–314). Missouri: Elsevier Mosby.
- Hilgenberg, S. P., Pinto, S. C. S., Farago, P. V., Santos, F. A. & Wambier, D. S. (2011). Physical-chemical characteristics of whitening toothpaste and evaluation of its effects on enamel roughness. *Brazilian Oral Research*, 25(4), 288–294. <http://doi.org/10.1590/S1806-83242011005000012>
- Hilton, T. J., Ferracane, J. L. & Broome, J. C. (2013). Natural Tooth Bleaching. In *Summitt's fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach* (Fourth ed, pp. 2 – 8; 414 – 441). Quintessence Publishing Co Inc.

- Hu, J. C. C., Hu, Y., Smith, C. E., McKee, M. D., Wright, J. T., Yamakoshi, Y., ... Simmer, J. P. (2008). Enamel defects and ameloblast-specific expression in Enam knock-out/lacZ knock-in mice. *Journal of Biological Chemistry*, 283(16), 10858–10871. <http://doi.org/10.1074/jbc.M710565200>
- Joiner, A. (2006). The bleaching of teeth: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 34(7), 412–419. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.02.002>
- Junqueira, R. B., Carvalho, R. F., Antunes, A. N. G., Rodrigues, S. F. G., Oliveira, R. S. F. & Salvio, L. A. (2011). In vitro analysis of morphology of human enamel submitted to excessive use of external bleaching agents. *International Journal of Morphology*, 29(1), 118 – 122.
- Katchburian, E. & Arana, V. (2004). Histologia e Embriologia oral. In *Histologia e Embriologia oral* (2ª edição, pp. 234 – 274). Rio de Janeiro, Brasil: Guanabara Koogan.
- Kossatz, S., Dalanhol, P., Cunha, T., Loguercio, A. & Reis, A. (2011). Effect of light activation on tooth sensitivity after in-office bleaching. *Operative Dentistry*, 36(3), 251–257. <http://doi.org/10.2341/10-289-C>
- Kwon, S. R., Kurti, S. R., Oyoyo, U. & Li, Y. (2014). Effect of various tooth whitening modalities on microhardness, surface roughness and surface morphology of the enamel. *Odontology*, 274–279. <http://doi.org/10.1007/s10266-014-0163-4>
- Kwon, S. R. & Wertz, P. W. (2015). Review of the Mechanism of Tooth Whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, n/a–n/a. <http://doi.org/10.1111/jerd.12152>
- Li, Y. & Greenwall, L. (2013). Safety issues of tooth whitening using peroxide-based materials. *British Dental Journal*, 215(1), 29–34. <http://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.629>
- Lima, F. G., Rotta, T. A., Penso, S., Meireles, S. S. & Demarco, F. F. (2012). In vitro evaluation of the whitening effect of mouth rinses containing hydrogen peroxide. *Brazilian Oral Research*, 26(3), 269–274. <http://doi.org/10.1590/S1806-83242012000300014>
- Lopes, G. C., Bonissoni, L., Baratieri, L. N., Vieira, L. C. C. & Monteiro, S. (2002). Effect of Bleaching Agents on the Hardness and Morphology of Enamel. *Journal of*

Esthetic and Restorative Dentistry, 14(1), 24–30. <http://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2002.tb00144.x>

Lorenzo, J. A. & Navarro, L. F. (2008). Atlas Terapéutico de Blanqueamiento Dental. In *Atlas Terapéutico de Blanqueamiento Dental* (1ª Edição, pp. 6 – 13). Barcelona: Ediciones Especializadas Europeas.

Martos, J. & Kinalski, M. (2014). Combined in-office and take-home bleaching in vital teeth. *Journal of Restorative Dentistry*, 2(3), 149. <http://doi.org/10.4103/2321-4619.143599>

Mei, L., Busscher, H. J., van der Mei, H. C. & Ren, Y. (2011). Influence of surface roughness on streptococcal adhesion forces to composite resins. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 27(8), 770–8. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2011.03.017>

Mescher, A. L. (2013). Digestive Tract. In *Junqueira's Basic Histology: Text & Atlas* (13 edition, pp. 294 – 299). McGraw-Hill Medical.

Mielczarek, A., Klukowska, M., Ganowicz, M., Kwiatkowska, A. & Kwaśny, M. (2008). The effect of strip, tray and office peroxide bleaching systems on enamel surfaces in vitro. *Dental Materials*, 24(11), 1495–1500. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2008.03.009>

Mondelli, R., Azevedo, J., Francisconi, A., Almeida, C. & Ishikiriyama, S. (2012). Comparative clinical study of the effectiveness of different dental bleaching methods - two year follow-up. *Journal of Applied Oral Science*, 20(4), 435–443. <http://doi.org/10.1590/S1678-77572012000400008>

Mondelli, R. F., Gabriel, T. G., Rizzante, F. P., Magalhães, A. C., Bombonatti, J. F. & Ishikiriyama, S. K. (2015). Do different bleaching protocols affect the enamel microhardness? *European Journal of Dentistry*, 9(1), 25–30. <http://doi.org/10.4103/1305-7456.149634>

Moor, J. R. De, Verheyen, J., Verheyen, P., Diachuk, A., Meire, M. A., Coster, P. J. De, ... Keulemans, F. (2015). Laser Teeth Bleaching : Evaluation of Eventual Side Effects on Enamel and the Pulp and the Efficiency In Vitro and In Vivo, 2015, 30–35. <http://doi.org/10.1155/2015/835405>

Moradian-Oldak, J. (2013). Protein- mediated enamel mineralizatio. *Frontiers in*

Bioscience, 17, 1996–2023.

- Nanci, A. (2013). Enamel: Composition, Formation and Structure. In *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure, and Function* (8^a Edição, pp. 122–128). Elsevier Mosby.
- Park, S., Wang, D. H., Zhang, D., Romberg, E. & Arola, D. (2008). Mechanical properties of human enamel as a function of age and location in the tooth. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 19(6), 2317–2324. <http://doi.org/10.1007/s10856-007-3340-y>
- Pintado-Palomino, K., Peitl Filho, O., Zanotto, E. D. & Tirapelli, C. (2015). A clinical, randomized, controlled study on the use of desensitizing agents during tooth bleaching. *Journal of Dentistry*, 43(9), 1099–1105. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.07.002>
- Pintado-Palomino, K. & Tirapelli, C. (2015). The effect of home-use and in-office bleaching treatments combined with experimental desensitizing agents on enamel and dentin. *European Journal of Dentistry*, 9(1), 66–73. <http://doi.org/10.4103/1305-7456.149645>
- Plotino, G., Buono, L., Grande, N. M., Pameijer, C. H. & Somma, F. (2008). Nonvital Tooth Bleaching: A Review of the Literature and Clinical Procedures. *Journal of Endodontics*, 34(4), 394–407. <http://doi.org/10.1016/j.joen.2007.12.020>
- Potocnik, I., Kosec, L. & Gaspersic, D. (2000). Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. *Journal of Endodontics*, 26(4), 203–6. <http://doi.org/10.1097/00004770-200004000-00001>
- Rivera, C., Arola, D. & Ossa, a. (2013). Indentation damage and crack repair in human enamel. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 21, 178–184. <http://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2013.02.020>
- Rokaya, M. E., Beshr, K., Hashem Mahram, A., Samir Pedir, S. & Baroudi, K. (2015). Evaluation of Extraradicular Diffusion of Hydrogen Peroxide during Intracoronal Bleaching Using Different Bleaching Agents. *International Journal of Dentistry*, 2015, 1–7. <http://doi.org/10.1155/2015/493795>
- Sa, Y., Sun, L., Wang, Z., Ma, X., Liang, S., Xing, W., ... Wang, Y. (2013). Effects of

- Two In -Office Bleaching Agents with Different pH on the Structure of Human Enamel - An In Situ and In Vitro Study. *Operative Dentistry*, 38(1), 100 – 110. <http://doi.org/10.2341/11-173-L>
- Schmitz, J. E., Teepe, J. D., Hu, Y., Smith, C. E., Fajardo, R. J. & Chun, Y.-H. P. (2014). Estimating mineral changes in enamel formation by ashing/BSE and microCT. *Journal of Dental Research*, 93(3), 256–62. <http://doi.org/10.1177/0022034513520548>
- Shahdad, S. a., McCabe, J. F., Bull, S., Rusby, S. & Wassell, R. W. (2007). Hardness measured with traditional Vickers and Martens hardness methods. *Dental Materials*, 23(9), 1079–1085. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2006.10.001>
- Smidt, A., Feuerstein, O. & Topel, M. (2011). Mechanical, morphologic, and chemical effects of carbamide peroxide bleaching agents on human enamel in situ. *Quintessence International*, 42(5), 407–412. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/MED/21519560>
- Soares, D. G., Ribeiro, A. P. D., Sacono, N. T., Loguércio, A. D., Hebling, J. & Costa, C. A. D. S. (2013). Mineral loss and morphological changes in dental enamel induced by a 16% carbamide peroxide bleaching gel. *Brazilian Dental Journal*, 24(5), 517–21. <http://doi.org/10.1590/0103-6440201302225>
- Soldani, P., Amaral, C. M. & Rodrigues, J. A. (2010). Microhardness evaluation of in situ vital bleaching and thickening agents on human dental enamel. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 30(2), 203—211. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/MED/20228980>
- Sulieman, M. (2004). An overview of bleaching techniques: I. History, chemistry, safety and legal aspects. *Dental Update*, 31(10), 608–610, 612–614, 616.
- Sulieman, M. a M. (2008). An overview of tooth-bleaching techniques: Chemistry, safety and efficacy. *Periodontology 2000*, 48(1), 148–169. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2008.00258.x>
- Sundfeld, R. H., Sundfeld-Neto, D. & Briso, A. L. F. (2014). Microabrasion in tooth enamel discoloration defects : three cases with long-term follow-ups, 22(4), 347–354.
- Thiesen, C. H., Rodrigues Filho, R., Prates, L. H. M. & Sartori, N. (2013). The influence

- of desensitizing dentifrices on pain induced by in-office bleaching. *Brazilian Oral Research*, 27(6), 517–23. <http://doi.org/10.1590/S1806-83242013000600012>
- Tin-Oo, M. M., Saddki, N. & Hassan, N. (2011). Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC Oral Health*, 11(1), 6. <http://doi.org/10.1186/1472-6831-11-6>
- Tschoppe, P., Neumann, K., Mueller, J. & Kielbassa, A. M. (2009). Effect of fluoridated bleaching gels on the remineralization of predemineralized bovine enamel in vitro. *Journal of Dentistry*, 37(2), 156–162. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.11.001>
- Valera, M. C., Camargo, C. H. R., Carvalho, C. A. T., de Oliveira, L. D., Camargo, S. E. A. & Rodrigues, C. M. (2009). Effectiveness of carbamide peroxide and sodium perborate in non-vital discolored teeth. *Journal of Applied Oral Science : Revista FOB*, 17(3), 254–261. <http://doi.org/10.1590/S1678-77572009000300024>
- Weig, K. D. M., Ferreira, M. & Albano, C. (2011). Avaliação das propriedades mecânicas do dente através da microdureza instrumentada, 10–11.
- Xu, B., Li, Q. & Wang, Y. (2011). Effects of pH values of hydrogen peroxide bleaching agents on enamel surface properties. *Operative Dentistry*, 36(5), 554–62. <http://doi.org/10.2341/11-045-1>
- Young, B., Lowe, J. S., Stevens, A. & Heath, J. W. (2007). Wheater - Histologia Funcional, Texto e Atlas em cores (5th ed, pp. 251 – 253). Rio de Janeiro: Elsevier.
- 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*, (14), 1–9. <http://doi.org/10.1038/ijos.2014.21>
- Zimmerli, B., Jeger, F. & Lussi, A. (2010). Bleaching of nonvital teeth. A clinically relevant literature review. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 120(4), 306–320. <http://doi.org/smfz-2010-04-01> [pii]
- Zuryati, A.-G., Qian, O. Q. & Dasmawati, M. (2013). Effects of home bleaching on surface hardness and surface roughness of an experimental nanocomposite. *Journal of Conservative Dentistry*, 16(4), 356–361. <http://doi.org/10.4103/0972-0707.114362>

ANEXO 1



36

Ex.ma Senhora
Maria Leonor Pedro Pinto da Silva

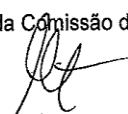
Monte de Caparica, 29 de janeiro de 2015

Ex.ma Senhora,

Venho comunicar-lhe que o Pedido de Parecer que submeteu à apreciação da Comissão de Ética da Egas Moniz, com o tema denominado "*Estudo in vitro do efeito de dois géis de branqueamento de diferentes composições nas características morfológicas e dureza do esmalte dentário*", foi aprovado por unanimidade.

Com os melhores cumprimentos,

A Presidente da Comissão de Ética da Egas Moniz


Prof.ª Doutora Maria Fernanda de Mesquita

c.c. – Prof. Doutor Pedro Melo e Moura