



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

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL IMEDIATA  
EM DIFERENTES PROTOCOLOS DE RESTAURAÇÃO**

Trabalho submetido por  
**Joana Isabel Nunes da Cruz**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2016



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

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL  
IMEDIATA EM DIFERENTES PROTOCOLOS DE  
RESTAURAÇÃO**

Trabalho submetido por  
**Joana Isabel Nunes da Cruz**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutor Pedro Melo e Moura**

**setembro de 2016**

**“The world needs dreamers  
and the world needs doers.  
But above all, the world  
needs dreamers who do.”**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Pedro Melo e Moura por todo o apoio e disponibilidade dedicados a este projeto; por toda a confiança e conhecimento transmitidos durante todo este percurso; por dois anos de dentisteria somados a esta dissertação. O maior agradecimento nunca será suficiente;

À Prof. Doutora Ana Azul, pela constante disponibilidade e, sobretudo, pela oportunidade de me ter deixado fazer parte do melhor dos Departamentos;

Ao Prof. Doutor Mário Polido, por toda a ajuda, disponibilidade e rigor durante esta jornada;

Aos meus pais, à Margarida e aos meus avós Rosa e Francisco, pelo apoio incondicional em todos os momentos, por me incentivarem a querer cada vez mais e melhor; aos meus avós Júlia e António, que mesmo não estando presentes sei que celebram comigo esta vitória;

À Sara, por estes 5 anos de amizade, por todos os momentos, por ser a melhor colega de box que eu poderia desejar; por tudo o que não poderia ter aprendido de outra forma que não contigo, e à Carolina, pela amizade incondicional desde o 1º dia, pelo percurso de riso e lágrimas que percorremos juntas e por me mostrar constantemente que até o pior momento desaparece com uma gargalhada;

À Inês, à Luísa, à Joana e à Patrícia, pela amizade, carinho, entajuda e muita paciência, não poderia levar melhores pessoas para a vida;

Ao Henrique, ao João e ao Pedro, por toda a amizade, preocupação e descontração, por poder contar convosco, para tudo, hoje e sempre;

À Bruna, por ser a melhor companheira de tese e tardes de dentisteria, por todo o apoio neste percurso, pela amizade sincera que levo para a vida;

À Beatriz e à Inês, por toda a amizade ao seu jeito muito próprio;

Por fim, mas jamais em último, ao Hélio, por ser o meu pilar durante os últimos seis anos, por me fazer querer sempre mais e melhor; por ser dele também esta vitória.



## RESUMO

**Objetivo:** Avaliação da microinfiltração marginal imediata associada à contração de polimerização de materiais restauradores resinosos, em técnicas de restauração diretas e indiretas em cavidades classe II, com margens em esmalte e dentina.

**Materiais e Métodos:** Foram recolhidos quarenta molares hígidos exodonciados por motivos periodontais ou ortodônticos. Realizaram-se cavidades padronizadas em mesial e distal de cada espécime. Foi utilizado em todas as preparações o sistema adesivo *Optibond<sup>TM</sup>FL*, de forma a criar uma interface transversal a todos os grupos. Dois dos grupos foram restaurados segundo técnica direta enquanto os restantes utilizaram técnica indireta. As restaurações diretas utilizaram resinas microhíbrida *Filtek<sup>TM</sup>Z250* e híbrida *Bulk Fil X-Tra fil*. Para as restaurações indiretas foi realizada uma impressão e obtido um modelo para construção dos *inlays* em compósito; cada grupo utilizou como protocolo de cimentação compósito aquecido ou cimento resinoso. Após restauração, os espécimes foram armazenados em estufa a 37°C durante 24h; posteriormente, foram imersos em solução corante de fucsina básica a 0,5%, durante novo período de 24h. Após a incubação todas as amostras foram seccionadas no sentido mesio-distal e analisadas na lupa estereoscópica. A classificação foi feita segundo a norma ISO/11405.

**Resultados:** Não se registaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Ainda que todos os grupos tenham sofrido microinfiltração, esta foi mais expressiva nas restaurações diretas comparativamente às indiretas, na resina *X-Tra fil* e na cimentação com cimento de resina, face à resina *Filtek<sup>TM</sup>Z250* e cimentação com compósito, respectivamente.

**Conclusão:** Todos os grupos apresentaram microinfiltração, sendo que, com os materiais utilizados, parece existir uma tendência para que ocorra menor infiltração em restaurações indiretas e margens em esmalte, contudo não há diferenças estatisticamente significativas.

**Palavras-Chave:** Microinfiltração, Contração de Polimerização, Restauração Direta; Restauração Indireta;



## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the immediate micro leakage associated with polymerization shrinkage of resin-composite restorative materials, in direct and indirect restoration of class II slot preparations with margins in enamel and dentin.

**Materials and Methods:** Forty human healthy molars were collected. Controlled identical slots were made in mesial and distal surfaces of each specimen. *Optibond<sup>TM</sup>FL* bonding agent was used in every preparation to create an equal interface among all the groups. Two of the groups were restored with direct composite while the others were restored with indirect composite inlays. In the direct restorations, microhybrid composite *Filtek<sup>TM</sup>Z250* and hybrid *Bulk Fil X-Tra fil* composite were used. Silicon impressions and gypsum models were made for the indirect restoration groups in order to create the composite *inlays*; each group was luted either with heated composite or resin cement. After the restorative procedures, samples were stored in 37°C incubator for a 24h-period, after which they were immersed in 0,5% basic fuchsin solution for another 24h-period. After the tracing period, all samples were sectioned in the mesio-distal direction and evaluated in the stereoscopic microscope. Microleakage was scored according to ISO 11/405.

**Results:** There were no significant differences between the study groups. Although every group suffered microleakage, there seems to be a tendency for higher scoring in direct composite restorations comparatively to the indirect groups and in *X-Tra fil* and cement-luted *inlays* in comparison to *Filtek<sup>TM</sup> Z250* and heated composite-luted *inlays*.

**Conclusion:** All the groups were affected by microleakage, whilst there seems to be a tendency for lower leakage in the composite-luted *inlays* and enamel margins, however without statistical significance.

**Key-words:** Microleakage; Polymerization contraction; Direct restoration; Indirect Restoration;



## ÍNDICE GERAL

<b>I. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
I.1. Princípios de Adesão .....	13
I.1.1. Adesão ao Esmalte.....	14
I.1.2. Adesão à Dentina .....	15
I.2. Sistemas Adesivos – Estado da Arte.....	16
I.2.1. Sistemas Adesivos <i>Etch-and-rinse</i> .....	17
I.2.2. Sistemas Adesivos <i>Self-Etch</i> .....	17
I.2.3. Sistemas Adesivos Universais ou Multimodo .....	18
I.3. <i>Immediate Dentin Sealing</i> .....	18
I.4. Resinas compostas .....	19
I.4.1. Composição.....	19
I.4.2. Classificação .....	21
I.4.3. Polimerização e Contração de Polimerização.....	23
I.4.4. Resinas <i>Bulk-Fill</i> .....	25
I.5. Restaurações Indiretas.....	26
I.5.1. Restaurações Indiretas em Compósito .....	27
I.6. Cimentação Adesiva.....	27
I.6.2. Cimentos Provisórios .....	29
I.6.3. Cimentos Definitivos .....	29
I.6.3.1. Cimentos à base de Resina.....	29
I.6.3.2. Compósito Aquecido .....	30
I.7. Avaliação da Microinfiltração .....	31
I.7.1. Estudos de Penetração de Corantes.....	32
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>35</b>
<b>III. HIPÓTESES DE ESTUDO .....</b>	<b>37</b>
<b>IV. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
IV.1. Âmbito do Estudo e Desenho Experimental .....	39
IV.2. Listagem de Material .....	39
IV.3. Amostra.....	41
IV.3.1. Seleção das amostras .....	41

IV.3.2 Critérios de Inclusão .....	42
IV.3.3 Critérios de Exclusão .....	42
IV.3.4 Armazenamento .....	42
IV.3.5 Processamento das amostras.....	42
IV.3.5.1 Protocolo do Grupo A .....	44
IV.3.5.2 Protocolo do Grupo B .....	45
IV.3.5.3 Protocolo do Grupo C .....	46
IV.3.5.3.1 Tratamento de Superfície da Restauração.....	47
IV.3.5.3.2 Tratamento de Superfície da Preparação.....	48
IV.3.5.3.3 Adesão .....	49
IV.3.5.4 Protocolo do Grupo D.....	49
IV.3.5.4.1 Tratamento de Superfície da Restauração.....	50
IV.3.5.4.2 Tratamento de Superfície da Preparação.....	51
IV.3.5.4.3 Adesão .....	51
IV.3.6 Observação da microinfiltração .....	54
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
V.1 Análise de Resultados – Margens em esmalte .....	57
V.2 Análise de Resultados – Margens em dentina.....	59
V.3 Análise de resultados de restaurações diretas vs indiretas, margens em esmalte .....	61
V.4 Análise de resultados de restaurações diretas vs indiretas, margens em dentina .....	62
<b>VI. DISCUSSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>VII. CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
VII.1 Perspectivas Futuras .....	74
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Diferenças visuais entre dentina húmida (A) e seca (B) e entre dentina peritubular hidratada (C) e compacta (D) (Adaptado de Breschi <i>et al.</i> , 2013). .....	16
<b>Figura 2</b> - Representação esquemática das diferentes estratégias adesivas (Adaptado de Sezinando, 2014) .....	17
<b>Figura 3</b> - Representação esquemática da classificação de compósitos segundo o tamanho de partícula (adaptado de Ferracane, 2011) .....	23
<b>Figura 4</b> - Broca nº 856 <i>Edenta</i> .....	44
<b>Figura 5</b> - Ácido Ortofosfórico <i>Scotchbond Etchant</i> .....	45
<b>Figura 6</b> - <i>Inlay</i> construído em resina <i>GrandioSO</i> , (Voco Cuxhaven, Alemanha). 47	
<b>Figura 7</b> - Estufa a 37°C <i>Memmert INE 400</i> (Memmert, Alemanha). .....	47
<b>Figura 8</b> - Aplicação de ácido ortofosfórico no <i>inlay</i> .....	48
<b>Figura 9</b> - Aplicação de adesivo no <i>inlay</i> .....	48
<b>Figura 10</b> - Pormenor de Kit de polimento <i>Diamanto</i> .....	49
<b>Figura 11</b> - Silano <i>Calibra</i> .....	50
<b>Figura 12</b> - Aplicação do silano <i>Calibra</i> .....	51
<b>Figura 13</b> - Cimento resinoso <i>Bifix QM</i> .....	52
<b>Figura 15</b> - Pormenores de margens com infiltração de Grau 0 em esmalte e dentina (A) e de Grau 1 em esmalte (B) .....	55
<b>Figura 16</b> - Pormenores de margens cervicais com infiltração de Grau 1 (A) e 2 (B).....	55
<b>Figura 17</b> - Gráfico representativo dos resultados de infiltração no esmalte.....	59
<b>Figura 18</b> - Gráfico representativo dos resultados de microinfiltração na dentina .....	61
<b>Figura 19</b> - Gráfico representativo dos resultados de microinfiltração de restaurações diretas e indiretas, com margens em esmalte.....	62
<b>Figura 20</b> - Gráfico representativo dos resultados de microinfiltração de restaurações diretas e indiretas, com margens em dentina.....	64



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Classificação do tamanho de partícula (baseado em Bayne <i>et al.</i> , 2002) .....	22
<b>Tabela 2</b> - Características ideais de um agente de cimentação (Adaptado de DV <i>et al.</i> , 2014) .....	28
<b>Tabela 3</b> - Listagem de Material.....	39
<b>Tabela 4</b> - Divisão das amostras nos diversos grupos de estudo.....	43
<b>Tabela 5</b> - Composição dos materiais selecionados para o estudo.....	43
<b>Tabela 6</b> - Protocolo sumário de <i>Optibond FL</i> e técnica <i>IDS</i> .....	53
<b>Tabela 7</b> - Protocolo sumário dos Grupos C e D .....	53
<b>Tabela 8</b> - Classificação do grau de infiltração nas margens em esmalte - ISO/TS 11405 .....	54
<b>Tabela 9</b> - Classificação do grau de infiltração nas margens em dentina - ISO/TS 11405 .....	54
<b>Tabela 10</b> - Resultados de Microinfiltração nas restaurações diretas.....	56
<b>Tabela 11</b> - Resultados de microinfiltração nas restaurações indiretas.....	57
<b>Tabela 12</b> - Teste de Qui-quadrado para margens em esmalte.....	58
<b>Tabela 13</b> - Resultados de infiltração no esmalte .....	58
<b>Tabela 14</b> - Teste de Qui-Quadrado para margens em dentina.....	60
<b>Tabela 15</b> - Resultados de infiltração nas margens em dentina .....	60
<b>Tabela 16</b> - Teste de Qui-quadrado de restaurações diretas e indiretas com margens em esmalte .....	61
<b>Tabela 17</b> - Resultados de microinfiltração em restaurações diretas e indiretas com margens em esmalte.....	62
<b>Tabela 18</b> - Teste de Qui-quadrado de restaurações diretas e indiretas com margens em dentina.....	63
<b>Tabela 19</b> - Resultados de microinfiltração de restaurações diretas e indiretas, com margens em dentina .....	63



## LISTA DE ABREVIATURAS

**Bis-EMA** - bisfenol-A-glicil di-metacrilato etoxilado

**Bis-GMA** – bisfenol-A-glicidil dimetacrilato

**GPDM** – glicerol fosfato dimetacrilato

**HDDMA** - 1,6-hexanediol dimetacrilato

**HEMA** – 2-Hidroxietil metacrilato

**IDS** – *Immediate Dentin Sealing* (Selamento Imediato da Dentina)

**LED** – *light emitting diode* (diodo emissor de luz)

**MDP** - metacrilatoiloxidecil dihidrogenofosfato

**MPa** – megapascal

**mm** – milímetro

**mW/cm<sup>2</sup>** - mili Watts por centímetro quadrado

**nm** – nanómetro

**ppm/ °C** – partes por milhão por aumento de temperatura em graus Celcius (°C)

**PPRF** - pre-polymerized resin fillers (Partículas de carga inorgânica pré-polymerizadas)

**TEGMA** - trietilenoglicol dimetacrilato

**UDMA** - uretano dimetacrilato

**UV** - ultravioleta

**µm** – micrómetro



## I. INTRODUÇÃO

### I.1. Princípios de Adesão

A tecnologia adesiva tem vindo a evoluir de forma rápida. O principal objetivo da técnica adesiva é manter uma interface coesa e estável entre dois tecidos duros de diferentes naturezas e uma ou mais interfaces de adesão (Van Meerbeek *et al.*, 2011; Marshall, Bayne, Baier, Tomsia & Marshall, 2010). Mais especificamente, os sistemas adesivos são desenhados de forma a criar uma ligação entre materiais restauradores e o tecido dentário (Van Landuyt, Snauwaert, De Munck, Peumans, Yoshida, Poitevin, & Van Meerbeek (2007)). Um sistema adesivo eficaz deve ser capaz de resistir ao *stress* de contração das resinas e compósitos e evitar a microinfiltração ao longo das margens da restauração (Van Landuyt *et al.*, 2007).

É relevante para o estudo de materiais dentários proceder à distinção entre adesão, que envolve a aderência de dois ou mais materiais, e coesão, que envolve a interação intermolecular entre átomos e moléculas de natureza semelhante constituintes de um mesmo substrato. A adesão compreende em si dois substratos a aderir (os aderentes) por meio de um adesivo, formando uma interface (Marshall *et al.*, 2010).

Ao longo da interface, apresentam-se forças físicas ou químicas: as primeiras são geralmente mais fracas, as últimas, mais fortes. De modo geral, são difíceis de obter de forma uniforme em toda a extensão da superfície (Marshall *et al.*, 2010). A eficácia da adesão de um sistema encontra-se intimamente ligada à sua capacidade de aderir a dois substratos distintos, ao dente (esmalte e/ou dentina) e à resina (Van Landuyt *et al.*, 2007).

A ligação mecânica é um dos principais mecanismos de adesão a decorrer num sistema adesivo. Ainda que com algumas variações, esta ligação decorre geralmente da penetração do adesivo nos túbulos dentinários, produzindo uma integração física (Marshall *et al.*, 2010) e uma substituição de material inorgânico do dente por monómeros de resina (Peumans, Kanumilli, De Munck, Van Landuyt, Lambrechts, & Van Meerbeek, 2005; Van Landuyt *et al.*, 2007). A ligação química advém da adição de monómeros com afinidade para os cristais de hidroxiapatite e mostra-se menos relevante para o processo adesivo (Marshall *et al.*, 2010). Segundo o mesmo autor, a

remoção de contaminantes é muitas vezes difícil e ineficaz, interferindo com a íntima adaptação necessária para formar estas mesmas ligações.

A otimização do processo de adesão prevê a obtenção de alguns requisitos mínimos, entre os quais se encontram a limpeza das superfícies, a sua rugosidade, a viscosidade do adesivo ou as alterações dimensionais decorrentes da polimerização (Marshall *et al.*, 2010; Breschi, Ferracane, Cadenaro, Mazzoni & Hilton, 2013).

A limpeza das superfícies a aderir traduz-se na eliminação da *smear layer* - camada de deposição de detritos resultantes da instrumentação, contaminantes e biofilmes presentes no dente ou preparo, que produzem por sua vez na estrutura dentária uma baixa energia de superfície. A aplicação de ácido ortofosfórico, como demonstrado por Buonocore, remove a maior parte destes contaminantes, produzindo uma superfície limpa, de alta energia e rugosa, apropriada à formação de uma ligação micromecânica duradoura entre o dente e os materiais resinosos (Marshall *et al.*, 2010; Rawls, Teixeira & Wang, 2013). Esta superfície limpa e rugosa produz uma grande área de superfície para ocorrerem interações, desde que o adesivo possua a fluidez necessária para preencher as falhas resultantes. (Rawls *et al.*, 2013).

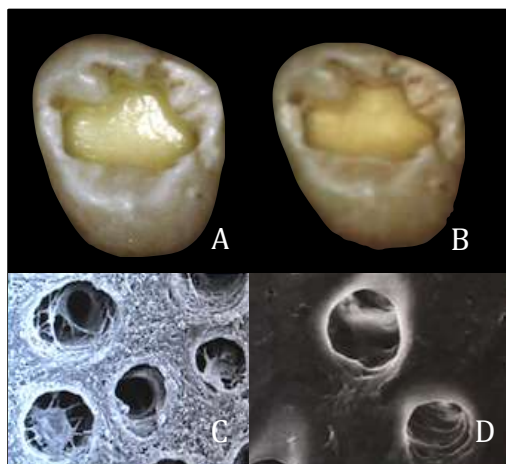
### **I.1.1. Adesão ao Esmalte**

Em 1955, Michael Buonocore alcançou os primeiros resultados de grande relevância na adesão eficaz entre um material restaurador e o esmalte dentário, através da desmineralização da superfície com diversos componentes ácidos, de entre os quais se destaca o ácido ortofosfórico. Dependendo da sua concentração, o ácido ortofosfórico remove não só a *smear layer* presente na superfície dentária mas também uma superfície de esmalte correspondente a uma espessura de 10 micrómetros, expondo os prismas de esmalte e criando microporosidades, resultando numa elevada energia de superfície. Esta elevada energia de superfície traduz-se numa maior facilidade dos monómeros de resina molharem a superfície a aderir, infiltrando-se nos micro-poros e formando *resin tags*, após polimerização. Estes *tags* resultam da copolimerização *in situ* dos monómeros infiltrados, envolvendo individualmente os cristais de hidroxiapatite expostos (Peumans *et al.*, 2005; Rawls *et al.*, 2013).

### I.1.2. Adesão à Dentina

O objetivo principal da restauração de tecido dentário com técnicas adesivas é obter uma adaptação particularmente íntima entre o material de restauração e o substrato dentário. (Perdigão, 2010). Quando aplicado à dentina, este objetivo é particularmente difícil de cumprir, devido às diferenças morfológicas que caracterizam o esmalte e a dentina. Este segundo substrato apresenta teores orgânicos e húmidos superiores aos do esmalte, em particular de fibras de colagénio tipo I (Perdigão, 2010). Segundo Perdigão (2010) e Marshall, Marshall, Kinney, & Balooch (1997), os vários componentes estruturais e propriedades físicas da dentina criam dificuldades na obtenção de uma boa adesão, conjuntamente com outros fatores, dos quais são exemplo a permeabilidade pulpar, o fluxo de fluido dentinário ou a presença de dentina esclerótica ou até cariada na preparação cavitária. O mecanismo de adesão prende-se assim na capacidade de penetração do *primer* e do adesivo na superfície dentinária, criando uma interface híbrida – a *camada híbrida* – entre o sistema adesivo e as fibras de colagénio presentes na superfície previamente condicionada. Contrariamente ao sucedido na adesão ao esmalte, o condicionamento ácido na dentina apenas se tornou aceite quando, em 1979, Fusayama introduziu o conceito de *total-etch*, ou condicionamento ácido simultâneo no esmalte e na dentina. Esta desmineralização deve no entanto ser circunscrita à dentina superficial, visto que a viscosidade do *primer* e do *bond* não permite uma profunda penetração, criando uma zona de desmineralização de fraca força de adesão. (Rawls *et al.*, 2013; Breschi, Ferracane, Cadenaro, Mazzoni & Hilton, 2013). Quando aplicada à dentina, a técnica de condicionamento é substancialmente mais sensível a erros devido à sua grande complexidade estrutural. Durante este processo são removidos da dentina vários micrómetros de estrutura, expondo uma matriz de fibras de colagénio suspensa em fluidos, que fica desta forma disponível para integrar a zona de interdifusão. (Rawls *et al.*, 2013; Breschi *et al.*, 2013). Contrariamente ao verificado no condicionamento em esmalte, a dentina não se deve apresentar totalmente seca, visto que a desidratação excessiva produz um colapso das fibras de colagénio, transformando-as numa camada impermeável que impede a penetração dos monómeros resinosos e a sua hibridização (Rawls *et al.*, 2013). O *dry-bonding*, onde a preparação cavitária é seca na sua totalidade, promove elevadas forças de adesão no esmalte. No entanto, quando aplicada à dentina, esta técnica promove forças insuficientes e muitas vezes incapazes

de resistir às forças de contração de polimerização do material restaurador, resultando na formação de *gaps* marginais em uma ou mais interfaces da preparação (Pashley, 1992; Breschi *et al.*, 2013).



**Figura 1** - Diferenças visuais entre dentina húmida (A) e seca (B) e entre dentina peritubular hidratada (C) e compacta (D) (Adaptado de Breschi *et al.*, 2013).

## **I.2. Sistemas Adesivos – Estado da Arte**

Os sistemas adesivos dentários são, na sua generalidade, constituídos por três componentes principais: o condicionante ácido, o *primer* e uma resina fluida, comumente designada por *adesivo*, aos quais se acrescentam ainda outros componentes, como solventes ou pigmentos (Anusavice, 2013; Breschi *et al.*, 2013). A sua classificação é feita geralmente segundo a interação com a *smear layer*, isto é, dissolvendo-a ou incorporando-a, encontrando-se divididos entre sistemas adesivos *etch-and-rinse*, *self-etch* ou multimodo (Sezinando, 2014; Rodrigues, Oliveira, Chasqueira, Portugal & Arantes-Oliveira, 2015).



**Figura 2** - Representação esquemática das diferentes estratégias adesivas (Adaptado de Sezinando, 2014)

### I.2.1. Sistemas Adesivos *Etch-and-rinse*

Os sistemas adesivos *etch-and-rinse* apresentam-se, no seu protocolo mais complexo, sob forma de três componentes distintos: ácido ortofosfórico entre 32 e 37%, *primer* e adesivo. Apesar de se incluírem nas primeiras gerações de sistemas adesivos, a separação dos seus componentes em três passos distintos permite uma otimização de funções sem prejuízo terapêutico no processo restaurador (Pashley *et al.*, 2011; Breschi *et al.*, 2013). Contrariamente ao sucedido nos sistemas *self-etch*, o componente ácido é lavado e totalmente removido da superfície da preparação cavitária, eliminando a camada de detritos e contaminantes, expondo os prismas no esmalte e removendo *smear layer* e *smear plugs* na dentina, expondo as fibras de colagénio e túbulos dentinários para posterior preenchimento com monómeros resinosos e consolidação da camada híbrida (Peumans *et al.*, 2005; Pashley *et al.*, 2011; Breschi *et al.*, 2013) Esta abordagem adesiva de três passos é considerada a mais eficaz e estável protocolo de adesão (Peumans *et al.*, 2005).

### I.2.2. Sistemas Adesivos *Self-Etch*

Sistemas adesivos *self-etch*, ou auto-condicionantes, não requerem que o condicionamento ácido do esmalte e dentina seja efectuado num passo independente sucedido de lavagem, visto que possuem na sua composição monómeros ácidos que atuam simultaneamente como agente condicionante e *primer* no substrato (Van

Meerbeek *et al.*, 2011; Breschi *et al.*, 2013). Esta componente acídica não permite uma remoção completa da *smear layer*. Ao invés, ocorre uma dissolução parcial dos detritos de forma a permitir uma penetração do adesivo, ainda que os túbulos dentinários permaneçam parcialmente obstruídos. (Van Meerbeek *et al.*, 2011).

Uma das mais fundamentais desvantagens dos protocolos *self-etch* é a reduzida capacidade de adesão ao esmalte. A área de superfície obtida por este protocolo é significativamente menor do que a obtida após condicionamento com ácido ortofosfórico e é diretamente relacionada com o pH do sistema (Muñoz *et al.*, 2013).

De forma geral, os sistemas adesivos *self-etch* surgem em destaque por exibirem sistemas de passos simplificados, menor sensibilidade às variações no tempo de aplicação e menor sensibilidade pós-operatória. Estes sistemas são no entanto significativamente mais sensíveis às condições de humidade da dentina (Peumans, 2005; Van Meerbeek, 2011).

### **1.2.3 Sistemas Adesivos Universais ou Multimodo**

Esta nova classe de sistemas adesivos apresenta, como o nome indica, múltiplos protocolos passíveis de serem aplicados clinicamente: como adesivo *self-etch*, *etch-and-rinse* ou com técnica *selective enamel etching* (onde o condicionamento ácido é aplicado exclusivamente ao esmalte) (Breschi *et al.*, 2013). A incorporação do monómero funcional 10-MDP (10-metacrilato-1-dihidrogeniofosfato-decano) na sua composição torna esta classe de sistemas adesivos particularmente eficazes na adesão química à hidroxiapatite presente no esmalte e dentina. A principal indicação destes sistemas adesivos é a reconstrução direta com compósitos foto-polimerizáveis, também se mostrando úteis em reconstruções indiretas cimentadas com compósitos ou cimentos resinosos (Yoshida *et al.*, 2012; Breschi *et al.*, 2013).

### **1.3. Immediate Dentin Sealing**

Ao efetuar preparos com destino a restaurações indiretas, que promovem a exposição de grandes áreas de tecido dentinário, é altamente recomendado o selamento imediato do tecido exposto com um sistema adesivo *etch-and-rinse* de três passos, previamente à tomada de impressões (Magne, 2005; Choi, 2010). Esta dentina

recém-instrumentada é a ideal para a realização do procedimento, já que desta forma é prevenida a contaminação do tecido e o colapso da matriz de fibras de colagénio entre consultas, podendo reduzir significativamente o potencial de adesão da restauração. Este procedimento deve ser unicamente aplicado à dentina, já que o tratamento das superfícies de esmalte será efetuado *à posteriori*, na fase final da restauração (Magne, 2005).

A aplicação do adesivo imediatamente após a preparação cavitária permite obter maiores forças de adesão, menor formação de *gaps* marginais e menor sensibilidade pós-operatória. Permite efetuar um condicionamento exclusivo do esmalte sem afetar a dentina e aumentar a retenção de restaurações com algum grau de expulsividade. (Magne, 2005; Choi, 2010).

#### **I.4. Resinas compostas**

##### **I.4.1 Composição**

Um dos principais objetivos na dentisteria restauradora consiste na proteção de tecido dentinário exposto contra microrganismos e toxinas por si produzidos. A interface produzida entre as faces da preparação cavitária e o material restaurador apresenta-se como uma das principais matérias de interesse clínico, dado que, da sua falha, podem decorrer lesões cariosas secundárias, descoloração marginal, sensibilidade ou inflamação do tecido pulpar, por meio de microinfiltração de microrganismos, fluidos, moléculas ou iões (Fabianelli *et al.*, 2007).

A composição dos materiais restauradores resinosos tem sofrido múltiplas alterações ao longo dos últimos 50 anos, em particular no aumento da carga inorgânica de dimensões reduzidas, em busca de uma maior estética de polimento sem comprometimento da resistência mecânica da restauração. Atualmente, os objetivos a atingir prendem-se numa menor contração de polimerização e numa possível auto-adesão do material ao substrato (Ferracane, 2011).

Os materiais de restauração à base de resina apresentam diferenças ao nível composicional consoante a finalidade a que se destinam, quer sejam compósitos, selantes, cimentos ou materiais provisórios. A sua semelhança reside nos quatro componentes estruturais básicos: uma matriz polimérica, partículas de carga inorgânica (geralmente vidros de sílica radiopacos), silano e promotores/reguladores

da reação de polimerização (Ferracane, 2011; Vargas, Bergeron, Muchison, Roeters e Chan, 2013).

A **matriz polimérica** consiste na fase contínua à qual são adicionados os restantes constituintes e é geralmente constituída por dimetacrilatos, como o bis-glicidil metacrilato (bis-GMA) ou o uretano dimetacrilato (UDMA) ou ainda uma combinação de ambos. (Ferracane, 2011; Vargas *et al.*, 2013). O Bis-GMA é um monómero bi-funcional, produto de reação do bisfenol-A com glicidil-metacrilato e quimicamente semelhante ao UDMA, onde a cadeia central de bisfenol-A é substituída por uma cadeia linear de isocianato. Tanto o Bis-GMA como o UDMA apresentam alto grau de viscosidade que se traduz numa desvantagem no processo de fabrico de materiais restauradores, requerendo muitas vezes a presença de um terceiro dimetacrilato com ação de agente fluidificante, como o TEGDMA, um monómero bifuncional com uma cadeia alifática central (Bayne, Thompson & Taylor, 2002).

As **partículas de carga inorgânica** conferem maior resistência ao desgaste ao material restaurador, menor contração de polimerização e maior translucidez, sendo geralmente compostas por óxido de zircónio, óxido de alumínio ou dióxido de sílica (Vargas *et al.*, 2013). A sua adição à matriz polimérica não pode, no entanto, ser indiscriminada, visto que quanto maior o seu conteúdo maior a viscosidade do material, correndo o risco deste se tornar inviável para a utilização clínica (Vargas *et al.*, 2013). O seu predomínio na composição da resina pode ser variável e expresso de diversas formas sendo que, na generalidade, ocupa entre 50 a 86% do material em peso ou entre 35 a 71% em volume (Bayne, Heymann & Swift, 1994). Previamente à sua inserção na matriz, as partículas são revestidas por organosilano de forma a obter uma ligação estável entre as fases orgânica e inorgânica, aumentando a coesão entre as duas e subsequentemente a resistência ao desgaste (Vargas *et al.*, 2013). O organosilano, ou silano, é uma molécula bifuncional que interage com os grupos hidroxilo presentes ao longo da superfície das partículas de sílica ao mesmo tempo que é capaz de co-polimerizar com as ligações duplas dos monómeros da matriz orgânica (Bayne *et al.*, 2002).

A reação de polimerização nos compósitos fotopolimerizáveis requer a presença de um fotoiniciador na sua composição, sendo a molécula mais comum a canforoquinona. Esta promove o início da reação quando exposta a uma fonte de luz azul com espectro entre os 460 e os 480nm (Vargas *et al.*, 2013). A utilização da

canforoquinona requer geralmente a presença de uma amina terciária, de forma a acelerar a reação (Ferracane, 2011).

#### I.4.2 Classificação

A classificação dos diferentes tipos de compósitos é efetuada tendo em consideração a consistência que apresentam (desde as resinas fluidas passíveis de serem aplicadas com uma seringa, às resinas compactáveis, capazes de oferecer resistência às forças de condensação contra as paredes da preparação cavitária) ou pelo método de polimerização (auto, fotopolimerizável por luz UV ou fotopolimerizável por luz visível) (Bayne *et al.*, 2002; Ferracane, 2011). Já o tamanho das partículas de carga inorgânica (por peso ou volume) mostra-se o principal fator de classificação dentro as diversas famílias de compósitos (Bayne *et al.*, 2002).

A percentagem de carga inorgânica presente num material restaurador pode ser descrita em termos de peso ou volume. Visto que as partículas de sílica são cerca de três vezes mais densas que os monómeros ou polímeros de acrílico, um dado composto que apresente um conteúdo inorgânico de 75% por peso (w/w) vai apenas apresentar 50% por volume (v/v) (Bayne *et al.*, 2002).

A classificação de compósitos tendo por base o tamanho das partículas inorgânicas é realizada por ordem decrescente de magnitude das mesmas, distinguindo os materiais que incluem na sua formulação mais do que um tamanho de partícula ou partículas pré-polimerizadas. Segundo a classificação descrita por Bayne *et al* (2002), as partículas são classificadas segundo a Tabela 1:

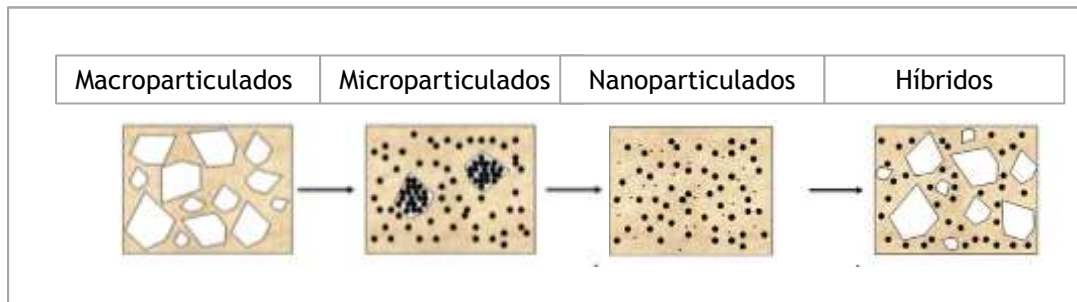
As primeiras gerações de compósitos (macroparticulados ou *macrofill*) apresentavam tamanhos de partícula de 10µm, 20µm ou até 50µm, o que lhes conferia uma inadequada capacidade de polimento e de resistência ao desgaste (Bayne *et al.*, 2002; Ferracane, 2011; Vargas *et al.*, 2013). A evolução destes compósitos pretendeu contrariar esta desvantagem estética ao introduzir uma nova classe – os microparticulados, ou *microfill* – com um tamanho de partícula entre 0,02 e 0,04 µm. (Ferracane, 2011). Estes materiais apresentam baixa carga inorgânica, no entanto, esta é geralmente aumentada com partículas de resina pré-polimerizadas, ou *PPRF* - *pre-*

*polymerized resin fillers* (Ferracane, 2011; Vargas *et al.*, 2013). Esta baixa carga inorgânica permite que estes materiais se tornem mais estéticos devido à sua elevada capacidade de polimento mas contraindicados para restauração de localizações sujeitas a forças de desgaste, devido à sua baixa capacidade de resistência (Vargas *et al.*, 2013). O ponto de equilíbrio entre a resistência ao desgaste e o polimento foi alcançado com a introdução das resinas híbridas, que possuem tamanhos de partícula variáveis: partículas inferiores a um micrómetro e pequenas partículas, com cerca de 40nm. Esta combinação de tamanhos confere a estes compósitos uma maior percentagem de carga inorgânica comparativamente aos restantes (Illie & Hickel, 2011; Vargas *et al.*, 2013).

**Tabela 1** - Classificação do tamanho de partícula (baseado em Bayne *et al.*, 2002)

<b>Tamanho de Partícula</b>	<b>Nomenclatura do Conteúdo Inorgânico</b>	<b>Nomenclatura do Compósito</b>
	Tamanho de partícula único	
<b>10 a 100µm</b>	<i>Macrofillers</i>	Macroparticulados ou <i>macrofill</i>
<b>1 a 10µm</b>	<i>Midifillers</i>	Pequenas partículas ou <i>Midifill</i>
<b>0,1 a 1µm</b>	<i>Minifillers</i>	<i>Minifill</i>
<b>0,02 a 0,04 µm</b>	<i>Microfillers</i>	Microarticulados ou <i>microfill</i>
<b>0,005 a 0,1 µm</b>	<i>Nanofillers</i>	Nanoparticulados ou <i>nanofill</i>

Podemos distinguir este grupo de resinas em microhíbridas (muitas vezes referidos como *compósitos universais*, pois têm indicação tanto para restaurações posteriores como anteriores) ou nanohíbridas (que integram com sucesso uma grande percentagem de nanopartículas) (Ferracane, 2011; Vargas *et al.*, 2013).



**Figura 3-** Representação esquemática da classificação de compósitos segundo o tamanho de partícula (adaptado de Ferracane, 2011)

### I.4.3. Polimerização e Contração de Polimerização

A matriz orgânica de um compósito pode polimerizar por vários mecanismos. Os primeiros materiais restauradores utilizavam a interação química entre dois componentes – eram *autopolimerizáveis* – no entanto, apresentavam severa descoloração ao fim de 3 a 5 anos em função (Bayne *et al.*, 2002). Em alternativa surgiram os compósitos *fotopolimerizáveis*, cuja reação de polimerização está dependente da exposição e penetração de um feixe luminoso de alta intensidade na espessura do material. A fotopolimerização de um compósito pode ser feita com recurso a fontes luminosas de halogéneo (*QTH* – *quartz-tungsten-halogen*), arcos de plasma, unidades laser ou *LED* (*light-emitting diode*). Apesar das diferenças inerentes ao funcionamento de cada uma das unidades, o objetivo primordial de cada uma é obter um *output* correspondente à faixa de absorção do fotoiniciador presente no compósito, geralmente a canforoquinona, que absorve os fotões da fonte luminosa na ordem de 474 nm (Bayne *et al.*, 2002).

A polimerização de um compósito é ordenada em quatro fases distintas: a **ativação**, a única fase que é influenciada pela fonte luminosa e que promove a libertação de radicais livres; a **iniciação**, que consiste na interação dos radicais livres com os monómeros presentes, criando a extremidade de cada cadeia; a **propagação**, que consiste na adição de monómeros à cadeia iniciada na fase anterior; e a **terminação**, a conclusão da reação. O aumento da intensidade de uma fonte luminosa consegue apenas aumentar a libertação de radicais livres na fase de ativação e consequente início de um maior número de cadeias poliméricas (Bayne *et al.*, 2002).

O grau de conversão de um compósito é em média apenas 65%, o que significa que grande parte da reação ficou por ocorrer – muitos monómeros têm pelo menos um local de adesão à cadeia polimérica enquanto outros não participaram em nenhum tipo de reação. Os monómeros que não formaram nenhum tipo de ligação constituem a porção residual de monómero. Como no início da polimerização de um material apenas parte do monómero disponível interage efetivamente na reação, a consistência geral do sistema mantém-se sob a forma inicial de líquido viscoso. A propagação da reação e formação de cadeias de polímeros produz uma redução da distância entre os monómeros, que é por sua vez acompanhada de uma substituição das anteriores ligações *van der waals* por ligações covalentes, reduzindo o volume do sistema (Bayne *et al.*, 2002; El-Damanhoury *et al.*, 2014; Al Sunbul, Silikas & Watts, 2016). Quando o grau de conversão de monómeros atinge 10 a 20% do total da reação, o material restaurador adquire uma consistência de gel devido à extensão da rede polimérica. A partir deste ponto, o material deixa de se comportar como um líquido viscoso para passar a assumir as propriedades mecânicas de um sólido e a contração inerente à reação, que até agora era acomodada pela capacidade de escoamento, estende os seus efeitos à interface restauração/sistema adesivo (Bayne *et al.*, 2002). A magnitude desta contração volumétrica vai ser diretamente influenciada pelo grau de conversão de monómeros da matriz resinosa e pelo conteúdo inorgânico que apresenta (Braga, Ballester, & Ferracane, 2005), podendo variar entre 1 a 6%, dependendo do tipo de compósito, apresentando-se mais elevada em resinas *flow* devido à sua menor carga inorgânica (El-Damanhoury & Platt, 2014).

Os compósitos híbridos, que apresentam cerca de 60% de volume de partículas inorgânicas, apresentam contração de polimerização semelhante à de alguns compósitos microhíbridos, cujo valor volumétrico de carga inorgânica é de apenas 40%, aproximadamente. Esta semelhança deve-se à presença de *PPRF*, cujo comportamento se vai assemelhar ao das partículas inorgânicas (Braga *et al.*, 2005). Segundo os mesmos autores, a manifestação destas forças de tensão poderá ter repercussões variáveis, consoante as características do material restaurador e da configuração da preparação cavitária – o fator de configuração, ou *fator C* - que consiste na relação de proporção entre as paredes livres ou aderidas da restauração. Quando o *fator C* é elevado, as forças de tensão imputadas à interface adesiva serão

igualmente elevadas, pois estarão presentes poucas superfícies livres que permitam o escoamento do material durante a alteração dimensional. O comportamento viscoelástico do material - descrito em primeira instância pela sua capacidade de escoamento no início da polimerização e pelo seu módulo de elasticidade - vai, em conjunto com a contração de polimerização, ser fator determinante no desenvolvimento de *stress* na interface adesiva (Braga et al., 2005). Se as forças aplicadas na interface se mostrarem superiores às forças de adesão do sistema adesivo ao substrato poderá ocorrer a sua separação, resultando na formação de falhas marginais (Garcia, Yaman, Dennison & Neiva, 2014). A incorporação de monómeros estruturalmente rígidos na composição destes materiais, dos quais são exemplo o Bis-EMA ou o UDMA, confere à resina uma maior capacidade de resistência à deformação estrutural, no entanto, a falha clínica devido ao rompimento da interface adesiva ainda se mostra uma realidade comum (Braga et al., 2005; El-Safty et al., 2012).

#### **I.4.4. Resinas *Bulk-Fill***

Recentemente, foi desenvolvido um grupo de resinas restauradoras que apresenta menor contração de polimerização, limitando o *stress* induzido à interface adesiva e possibilitando a restauração de cavidades com incremento único até 4mm, podendo ser utilizadas de forma exclusiva ou com finalização oclusal de 2mm com resina composta microhíbrida. (El-Damanhoury et al., 2014). De forma a atingir o sucesso clínico, as resinas *Bulk-Fill* deverão apresentar uma menor contração de polimerização, maior fluidez de forma a permitir melhor adaptação e maior profundidade de polimerização, no mínimo de 4 milímetros (El-Safty et al., 2012).

A mais difundida técnica de aplicação de resinas compostas consiste na adição incremental de porções de material nunca superiores a uma espessura de 2 milímetros, de forma a tentar superar os efeitos nefastos das forças de contração de polimerização sobre a interface adesiva, ao invés de um preenchimento em bloco – *bulk* – da preparação cavitária (Campos et al., 2014). Semelhante vantagem desta técnica é a menor espessura de material que a luz de polimerização necessitará atravessar de forma a polimerizar todo o incremento, resultando em melhores propriedades físicas e

adaptação da restauração, reduzindo a formação de falhas marginais, microinfiltração ou cáries secundárias (El-Safty, Silikas & Watts, 2014). Estas vantagens são parcialmente contrariadas por Bayne *et al* (2002), que descreve que devido ao processo de fotopolimerização, onde a intensidade do *output* luminoso da ponta da unidade fotopolimerizadora diminui desde o centro da mesma para a periferia, é criado um padrão de polimerização piriforme em incrementos na técnica *bulk*. Este padrão poderá levar a uma polimerização inadequada nos contornos proximais de restaurações classe II (Bayne *et al.*, 2002).

### **I.5. Restaurações Indiretas**

Durante a restauração de preparações cavitárias de grandes dimensões, em particular se englobarem margens profundas e em dentina podem gerar-se elevadas forças de contração devido à grande quantidade de material. Se estas forças prevalecerem sobre as forças de adesão do sistema adesivo ao substrato poderá ocorrer separação da interface, produzindo falhas marginais e defeitos (Lutz, Krejc & Barbakow, 1991; Fruits, Knapp & Khajotia, 2006; Barabanti *et al.*, 2015). Estas características poderão levar ao surgimento de sensibilidade pós-operatória, pigmentação da interface dente/restauração e desenvolvimento de cárie secundária (Mei, Chen, Li & Chu, 2016).

De forma a solucionar esta problemática foram introduzidas técnicas de restauração indiretas - metálicas, em resina ou cerâmica. Qualquer material referido anteriormente se demonstra eficaz na reabilitação de cavidades posteriores extensas. Ainda assim, as restaurações em resina apresentam como vantagens uma maior facilidade de reparação e um custo reduzido (Barabanti *et al.*, 2015). O mesmo autor refere ainda que, quando realizadas em laboratório, as restaurações em resina apresentam maior resistência ao desgaste em regiões de contacto oclusal e menor contração de polimerização, sendo esta limitada à fina camada de cimentação, quando comparadas com restaurações diretas. Estes contactos oclusais criados em laboratório apresentam-se mais estáveis e duradouros quando realizados em restaurações cerâmicas (Fasbinder, Neiva & Robbins, 2013). As restaurações construídas com materiais cerâmicos apresentam módulos de elasticidade muito elevados, não

conseguindo absorver grande parte das forças oclusais. Contrariamente às anteriores, as peças protéticas construídas em materiais poliméricos apresentam a vantagem de absorver grandes quantidades de *stress* oclusal (D’Arcangelo *et al.*, 2015).

### **I.5.1 Restaurações Indiretas em Compósito**

A composição destes sistemas é semelhante à dos sistemas diretos, diferindo pela utilização de vários métodos de polimerização adicional, resultando numa maior conversão de monómero. Decorrendo a polimerização extra-oralmente, as forças de contração a que são sujeitas as paredes da preparação estão exclusivamente associadas à fina camada de material de cimentação (Barabanti *et al.*, 2015).

No estudo realizado por Barabanti *et al.* (2015), um *follow-up* de restaurações indiretas em compósito cimentadas com cimento de resina *dual* ou compósito aquecido, registou que 90% de todas as restaurações se encontravam íntegras e em função 10 anos após a cimentação, concluindo-se que este tipo de restauração apresenta uma alta taxa de sucesso a longo prazo.

### **I.6. Cimentação Adesiva**

Os agentes e cimentação, quer sejam sob a forma de cimentos ou compósitos, possuem o primordial propósito de estabelecer uma ligação entre as peças protéticas ou ortodônticas e o preparo ou superfície dentária (Rosenstiel, Land, & Crispin 1998; Alla, Alluri & Makv, 2014). A adesão de peças protéticas por meio de cimentos adesivos, de polimerização auto ou dual, pretende igualmente restringir a microinfiltração nas margens da restauração, impedindo a penetração de fluidos e microrganismos, assim como restringir a condução térmica associada à peça protética. (Fasbinder *et al.*, 2013; DV *et al.*, 2014). Algumas das características ideais de um agente de cimentação encontram-se resumidas na Tabela 2.

**Tabela 2** - Características ideais de um agente de cimentação (Adaptado de DV *et al.*, 2014)

<b>Características</b>	<b>Requisitos Ideais</b>
<b>Biológica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não tóxico e não irritante</li> <li>• Não carcinogénico</li> <li>• Cariostático</li> </ul>
<b>Química</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quimicamente inerte</li> <li>• Mínima solubilidade</li> <li>• Adesão química ao esmalte e dentina</li> <li>• pH neutro</li> </ul>
<b>Reológica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camada de adesão de baixa espessura</li> <li>• Fluidez adequada</li> <li>• Maior tempo de trabalho</li> <li>• Menor tempo de preza/ polimerização</li> </ul>
<b>Mecânica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistência a forças compressivas e de tração</li> <li>• Elevado módulo de elasticidade</li> <li>• Alterações dimensionais mínimas no tempo de preza/ polimerização</li> </ul>
<b>Térmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa condutividade térmica</li> <li>• Coeficiente de expansão térmica semelhante ao dente</li> </ul>
<b>Estética</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cor semelhante ao substrato</li> <li>• Radiopacidade adequada</li> </ul>
<b>Económica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo custo</li> <li>• Longo prazo de validade</li> </ul>

Apesar de a sua utilização se cingir à espessura da camada de cimentação, as forças de contração inerentes ao cimento escolhido irão ter igualmente repercussões ao nível da interface adesiva (Rosenstiel *et al.*, 1998; Bortolotto, Guillaume, Veutchev, Gutemberg & Krejci, 2013). A ocorrência de falhas na interface em cimentos resinosos ou de ionómero de vidro podem atingir extensão de 1,6 até 7,1µm, cerca de 3 a 10 vezes mais do que comparativamente as restaurações diretas com compósito, ainda que a expansão higroscópica contrarie em parte este efeito de contração (Rosenstiel *et al.*, 1998).

A classificação dos cimentos pode realizar-se em função da aplicação a que se destinam (Pameijer, 2012) ou quanto ao modo de polimerização (D’Arcangelo *et al.*, 2015). Desta última classificação, destacam-se os cimentos de polimerização *dual*, que apesar de apresentarem um tempo de trabalho limitado permitem uma polimerização adequada em áreas onde o acesso à luz é reduzido ou inexistente. A componente *foto* destes cimentos garante uma maior conversão de monómero e

microdureza do material (D’Arcangelo *et al.*, 2015). Os cimentos foto-ativados apresentam um tempo de trabalho prolongado e maior estabilidade de cor, ainda que induzam a maiores dificuldades na polimerização de interfaces pouco expostas da restauração (D’Arcangelo *et al.*, 2015).

Na adesão de peças protéticas pode ainda ser considerada a utilização de compósitos híbridos com fluidez aumentada por aquecimento, conjugado com um sistema adesivo (D’Arcangelo *et al.*, 2015).

### **I.6.2 Cimentos Provisórios**

Os materiais de cimentação de peças protéticas provisórias são, de forma geral, com ou sem eugenol, à base de resina ou policarboxilato. É necessária particular atenção na utilização de cimentos provisórios contendo eugenol, dado que a sua presença pode inibir a polimerização de resinas e compósitos utilizados na restauração permanente. Ainda assim, todos os cimentos provisórios podem produzir contaminação da superfície da preparação interferindo com o mecanismo de adesão (Pameijer, 2012).

### **I.6.3 Cimentos Definitivos**

O termo *Cimento Definitivo* na classificação de materiais de cimentação refere-se ao grupo de materiais utilizados no assentamento final de peças protéticas. A sua categoria engloba os cimentos de fosfato de zinco, policarboxilato, ionómero de vidro, ionómero de vidro modificado por resina ou cimentos à base de resina (Yu, Zheng, Cheng, & Chen, 2014).

#### **I.6.3.1 Cimentos à base de Resina**

Introduzidos na década de 1970, os cimentos de resina apresentaram-se como uma alternativa aos cimentos com reação ácido-base. Derivam de alterações composicionais dos compósitos tradicionais que adquirem menor viscosidade e necessitam do intermédio de um sistema adesivo para se ligarem quimicamente ao

substrato dentário, que pode ser do tipo *etch-and-rinse* ou *self-etch*, (Shen & Primus, 2012; Baltazar, 2015).

Na sua composição está muitas vezes presente o Bis-GMA, um éster aromático de dimetacrilato de consistência viscosa, constituinte major na maioria dos cimentos resinosos (Yu *et al.*, 2014; DV *et al.*, 2014; Baltazar, 2015). Outros compostos utilizados incluem o UDMA, bisfenol-A-glicil di-metacrilato etoxilado (Bis-EMA) ou TEGDMA, incorporado para reduzir a viscosidade do composto (Sakaguchi & Powers, 2012; DV *et al.*, 2014; Baltazar, 2015). A sua apresentação é variada, podendo utilizar-se sob a forma de sistemas de cápsulas ou combinações pó/líquido ou pasta/pasta. A sua polimerização pode ser auto, foto ou dual, sendo que os materiais exclusivamente fotopolimerizáveis têm o seu uso limitado a situações clínicas onde a luz consiga trespassar a espessura da restauração. (Shen & Primus, 2012; DV *et al.*, 2014).

Os cimentos de resina apresentam propriedades mecânicas e físicas que fornecem elevada resistência às forças de tração e compressão e reduzida solubilidade. Também as suas propriedades estéticas e leque de cores parecem contribuir para o vasto uso desta classe de cimentos. Ainda assim, a ausência de adesão química à estrutura dentária e a grande espessura da camada de material necessário à cimentação apresentam-se como desvantagens a considerar (Pameijer, 2012; Lad, Kamath, Tarale & Kusugal, 2014).

### **I.6.3.2 Compósito Aquecido**

Atualmente, o interesse em alterar as propriedades físicas dos compósitos de forma a ir de encontro às necessidades da prática clínica diária tem sido crescente. Para tal, são utilizados dispositivos de aquecimento controlado entre os 54°C e 68°C, de forma a proporcionar uma consistência mais fluida e mais conveniente ao processo de cimentação. Este método permite uma extrusão mais fácil do compósito e uma melhor adaptação do mesmo às paredes da preparação cavitária. Esta adaptação impede a formação de poros e falhas na interface adesiva ou entre incrementos de material, promovendo uma melhor conversão de monómeros e, por consequência, uma melhoria nas propriedades físicas e mecânicas do material (Rickman, Padipatvuthikul & Chee, 2011).

Ao aumentar a temperatura do compósito introduzem-se vibrações térmicas na estrutura polimérica, forçando os monómeros a afastar-se. Este aumento de distância permite uma melhor e mais rápida movimentação dos monómeros, traduzindo-se numa maior fluidez. Compósitos que apresentem maior taxa de conversão de monómero promovem um maior *cross-linking* e consequente melhoria de propriedades físicas. (Wagner *et al.*, 2008).

### **I.7 Avaliação da Microinfiltração**

A microinfiltração poderá ser definida como a passagem de bactérias, fluidos, moléculas ou iões na interface dente/restauração, de forma clinicamente indetetável (Taylor & Lynch, 1992; Fabianelli, Pollington, Davidson, Cagidiaco & Goracci, 2007). A interface dente/restauração tornou-se uma área de grande interesse clínico, visto que as falhas na sua constituição podem resultar em cárie secundária, descoloração marginal ou pulpíte. A manutenção de um selamento completo e duradouro das margens é por isso uma das principais características desejáveis num material restaurador (Fabianelli *et al.*, 2007).

A microinfiltração está diretamente correlacionada com diferentes características inerentes ao dente, material restaurador ou sistema adesivo, tais como contração de polimerização, contração térmica, expansão higroscópica, *stress* mecânico ou alterações dimensionais da estrutura dentária (Fabianelli *et al.*, 2007).

A contração de polimerização de um material restaurador pode criar forças de tensão nas interfaces adesivas, levando à sua rutura. Os compósitos mais recentes apresentam variações volumétricas entre 2,6 a 6%, correspondendo a um *stress* de 13-17 MPa nas mesmas interfaces. Apesar de os sistemas adesivos atuais apresentarem forças de adesão até 20MPa, o total de forças acumuladas durante o processo restaurador pode, em algumas circunstâncias, superar este limite, levando a degradação marginal (Fabianelli *et al.*, 2007).

O fator de configuração de uma cavidade, ou *fator C*, pode desafiar igualmente o selamento de uma restauração. Um dos pontos mais frágeis da configuração de uma cavidade reside nas margens gengivais de preparações classe II, cujo substrato consiste muitas vezes apenas em cimento e dentina, onde as forças de adesão são significativamente inferiores comparativamente ao esmalte (Fabianelli *et*

*al.*, 2007). A orientação dos túbulos dentinários nesta região também parece afetar negativamente a formação de uma camada híbrida coesa (Fabianelli *et al.*, 2007).

A microinfiltração de um determinado material é na maioria das vezes avaliada com recurso a testes *in vitro*, recorrendo a técnicas químicas, radioativas, bacteriológicas ou com ar comprimido (Taylor & Lynch, 1992; Fabianelli *et al.*, 2007) Os testes de microinfiltração *in vitro* podem ser classificados em dois modelos: os que tentam reproduzir fielmente o ambiente oral e os que não o fazem, testando unicamente as características inerentes ao material (Taylor & Lynch, 1992).

### **I.7.1 Estudos de Penetração de Corantes**

A utilização de agentes corantes continua a ser a técnica mais comum para a avaliação da infiltração marginal, devido em grande parte à rapidez de execução (Taylor & Lynch, 1992). Descrito pela primeira vez por Grossman, em 1939, o método consiste na restauração de dentes hígidos seguida da sua proteção com verniz de unhas e imersão em solução corante, que pode ser de fucsina, eosina, azul de metileno ou tinta da china. A maioria dos corantes utilizados na avaliação da microinfiltração apresenta-se sob a forma de solução ou suspensão. Independentemente da forma utilizada, as partículas de corante deverão ter um diâmetro inferior ao lúmen dos túbulos dentinários (entre 1 $\mu$ m e 4 $\mu$ m), de forma a revelar a extensão de infiltração passível de ser percorrida por microrganismos (Taylor & Lynch, 1992). O grau de infiltração pode ser influenciado pelo tamanho de partícula, pH e reatividade química da solução (Veríssimo & Do Vale, 2006).

É um método passivo cujo mecanismo assenta no fenómeno de capilaridade, onde, após a imersão na solução, as partículas corantes preenchem todos os espaços vazios existentes entre a restauração e o substrato (Veríssimo & Do Vale, 2006). A presença de espaços ou bolhas de ar ao longo destas falhas pode no entanto impedir a correta difusão da solução. É defendida por alguns autores a utilização de dispositivos de baixa pressão atmosférica de forma a contornar estes espaços e permitir uma correta difusão (Veríssimo & Do Vale, 2006). Contudo, Katz, Rosenwasser & Tamse (1998) não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre a difusão passiva (imersão) e a difusão ativa a baixa pressão, ainda que os seus resultados tenham sido influenciados pela posição espacial dos espécimes.

Este método permite a produção de secções na amostra que possibilitam uma análise direta da extensão de penetração do corante, sem necessidade de radiação ou exposição química adicional (Taylor & Lynch, 1992). Mais ainda, a utilização de corantes inertes permite preservar a interface adesiva, não produzindo degradação das margens (Taylor & Lynch, 1992).

A classificação da infiltração é feita visualmente e com recurso a métodos de microscopia (De Munck *et al.*, 2005). A principal desvantagem desta técnica reside na escala de avaliação qualitativa ou semi-quantitativa e na difícil padronização da classificação, que é muitas vezes subjetiva e dependente do operador. (De Munck *et al.*, 2005). Apesar de não reproduzirem as condições exatas que decorrem no ambiente oral, os testes de microinfiltração permitem avaliar o comportamento do(s) material(ais) em estudo e aferir sobre os seus resultados comparativamente a outros.



## II. OBJETIVOS

São objetivos do presente estudo avaliar *in vitro* a microinfiltração marginal imediata associada à contração de polimerização de quatro protocolos restauradores distintos, em cavidades classe II com margens em esmalte e dentina, em 40 molares humanos. Pretende-se assim:

- Comparar a microinfiltração marginal de restaurações diretas e indiretas utilizando diferentes protocolos.
- Avaliar a microinfiltração marginal de restaurações diretas em resina microhíbrida comparativamente a restaurações diretas com resinas de profundidade de polimerização aumentada.
- Avaliar a microinfiltração marginal de restaurações indiretas com protocolo de cimentação com cimento de resina comparativamente a restaurações indiretas com protocolo de cimentação com resina aquecida.



### **III. HIPÓTESES DE ESTUDO**

1. Existe menor microinfiltração marginal em restaurações diretas com resinas de profundidade de polimerização aumentada do que em restaurações diretas com resinas microhíbridas.
2. Existe menor microinfiltração marginal em restaurações indiretas com protocolo de cimentação com resina aquecida do que em restaurações diretas com resinas microhíbridas.
3. Existe menor microinfiltração marginal em restaurações indiretas com protocolo de cimentação com cimento de resina do que em restaurações diretas com resinas microhíbridas.
4. Existe menor microinfiltração marginal em restaurações indiretas com protocolo de cimentação com cimento de resina do que em restaurações indiretas com protocolo de cimentação com resina aquecida
5. Existe menor microinfiltração marginal em restaurações indiretas do que em restaurações diretas.



## IV. MATERIAIS E MÉTODOS

### IV.1. Âmbito do Estudo e Desenho Experimental

O presente estudo pretendeu analisar a penetração de uma solução corante em 80 restaurações realizadas em 40 dentes molares humanos, utilizando a mesma interface adesiva. Quando o número total de amostras foi atingido, estas foram aleatoriamente divididas em 4 grupos, sendo que cada grupo correspondeu a um método restaurador distinto.

Previamente ao início da investigação, o protocolo sugerido foi aprovado pela Comissão de Ética do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz e todos os doentes dadores tomaram conhecimento e assinaram um consentimento informado, doando o órgão dentário ao Banco de Dentes Humanos da Clínica Universitária Egas Moniz.

A presente investigação foi realizada no Laboratório de Biomateriais do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Monte de Caparica, Portugal.

### IV.2. Listagem de Material

**Tabela 3 - Listagem de Material**

<b>Material</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Lote (S/A)</b>
Broca Tronco-Cónica nº856	Edenta, Hauptstrass, Suíça	_____
Microbrush <i>Single Tim</i>	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	_____
Sistema Adesivo <i>Optibond™FL</i>	Kerr®, Orange, USA	5728214
Material Restaurador <i>Filtek™ Z250</i>	3M ESPE®, Neuss, Alemanha	N743743
Material Restaurador <i>Z100 MP Restorative</i>	3M ESPE®, Neuss, Alemanha	N741420
Material Restaurador <i>X-Tra Fil</i>	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	1612535

**Tabela 3** - Listagem de Material (cont.)

Material Restaurador Grandio™SO	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	1525438
Cimento de Resina <i>Bifix® QM</i>	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	1521419
Silano <i>Calibra™</i>	Dentsply Caulk, Woodbridge, Ontário, Canadá	1508171
Ácido Ortofosfórico 37,5% <i>Scotchbond™ Universal Etchant</i>	3M ESPE®, Neuss, Alemanha	_____
Pontas Misturadoras tipo 4, 11 e 20	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	_____
Cânula de Aplicação nº 48	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	_____
Seringa Dispensadora de Compules	Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça	_____
Pistola Dispensadora Universal	3M ESPE®, Neuss, Alemanha	_____
Material de Impressão Siloxano Polivinílico <i>Normosil® Putty</i>	Normosil, Normon, Madrid, Espanha	_____
Material de Impressão Siloxano Polivinílico <i>Normosil® Light</i>	Normosil, Normon, Madrid, Espanha	_____
Óxido de Alumínio <i>Korox®</i> 50µ	Bego, Bremen, Alemanha	_____
Jato <i>Airsonic Mini Sandblaster</i>	Hager&Werken, Duisburg, Alemanha	_____
Cuba de Ultrassons <i>Quantrex 310</i>	L&R Ultrasonics, New Jersey, EUA	_____
Aquecedor de Compósito <i>Ena Heat</i>	Micerium S.p.A, Avegno, Itália	_____
Secador de Cabelo <i>Wella</i>	Procter&Gamble, Geneva, Suíça	_____
Estufa de Incubação <i>Memmert® INE 400</i>	Memmert, Alemanha	_____
Micrótomo de Tecidos Duros	Struers, Ballerup, Dinamarca	_____

**Tabela 3** - Listagem de Material (cont.)

Baixa Velocidade <i>Accutom 50</i>		_____
Verniz incolor	Kiko, Bergamo, Itália	41972
Solução de Fucsina básica 0,5%		_____
Gesso-pedra Tipo IV	Shmidt, Toledo, Espanha	3065-19955
Cera Colante	Sticky Wax, Kemdent, Wiltshire, Inglaterra	_____
Glicerina Líquida	Produtos PYL, F. J. Campos, Portugal	031011
Lupa Estereoscópica Leica MZ6	Leica Microsystems Gmbh, Wetzlar, Alemanha	_____
Fotopolimerizador <i>Optilux 501</i>	Kerr®, Orange, USA	_____
Sonda periodontal graduada	Asa Dental, Massarosa, Itália	_____
Espátula Angulada	Asa Dental, Massarosa, Itália	_____
Espátula Recta	Asa Dental, Massarosa, Itália	_____
Discos de Polimento <i>SofLex®</i>	3M ESPE®, Neuss, Alemanha	_____
Kit de Borrachas de Polimento <i>Diamanto®</i>	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	1535335

A lista de materiais selecionados para o estudo, assim como o seu fabricante e lote (quando aplicável) encontram-se descritos na Tabela 5.

### IV.3 Amostra

#### IV.3.1 Seleção das amostras

Foram utilizados no presente estudo 40 molares humanos, recolhidos pelo Banco de Dentes Humanos do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, por razões ortodônticas ou periodontais. Todos os exemplares se encontravam livres de cáries, restaurações ou fracturas. Durante o período de recolha de amostras, estas foram armazenadas a 4°C em água destilada do tipo II, renovada semanalmente, de acordo com a norma ISO/TS 11405. A limpeza das amostras foi realizada com instrumentos de corte manual e a sua desinfeção com imersão em Cloramina T 0,5%, durante um período nunca superior a sete dias.

#### **IV.3.2 Critérios de Inclusão**

- Dentes molares definitivos, com um período de armazenamento inferior a 6 meses
- Ausência de cáries, fraturas, ou outro tipo de lesões
- Ausência de restaurações

#### **IV.3.3 Critérios de Exclusão**

- Peças dentárias cuja inclusão no estudo tenha sido negada pelo dador
- Dentes com alterações morfológicas
- Dentes endodonciados

#### **IV.3.4 Armazenamento**

Após limpeza e desinfecção, todas as amostras foram armazenadas em água destilada tipo II, a uma temperatura de 4°C, renovada semanalmente, segundo a norma ISO/TS 11405:2003.

#### **IV.3.5 Processamento das amostras**

As amostras foram divididas de forma aleatória por 4 grupos de técnicas restauradoras (Tabela 4), cada um contendo 20 amostras (n=20), de forma a enquadrar-se nos parâmetros definidos pela norma ISO/TS 11405:2003. Os materiais em estudo, assim como a sua composição, encontram-se descritos na Tabela 4.

**Tabela 4** - Divisão das amostras nos diversos grupos de estudo

Grupo	Método Restaurador	Material Utilizado
A	Restauração direta com resina microhíbrida convencional	Resina Filtek™ Z250, cor A2
B	Restauração direta com resina <i>Bulk Fill</i>	Resina <i>VOCO® X-Tra Fil</i> , cor A2
C	Restauração indireta em compósito c/ técnica de cimentação com compósito aquecido a 55°C	Resina <i>VOCO® Grandio™ SO</i> , cor A2 Resina <i>Filtek™ Z100</i> , cor A2
D	Restauração indireta em compósito c/ técnica de cimentação com cimento de resina	Resina <i>VOCO® Grandio™ SO</i> , cor A2 Cimento resinoso <i>VOCO® Bifix™ QM</i> , cor universal

**Tabela 5** - Composição dos materiais selecionados para o estudo

Material	Fabricante	Composição	Conteúdo Inorgânico
Sistema Adesivo <i>Optibond™ FL</i>	Kerr®, Orange, USA	<i>Primer</i> : HEMA, GPDM, MMEP, etanol, água, iniciadores <i>Adesivo</i> : Bis-GMA, HEMA, GPDM	48% v/v
Resina Filtek™ Z250	3M ESPE, Neuss, Alemanha	Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, Bis-EMA	82% w/w 60% v/v
Resina <i>Filtek™ Z100</i>	3M ESPE, Neuss, Alemanha	TEGDMA, Bis-GMA	66% v/v
Resina Bulk Fill <i>X-Tra Fil</i>	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	86% w/w 70.1% v/v
Resina <i>Grandio™ SO</i>	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA	89% w/w 73% v/v
Cimento de Resina <i>Bifix® QM</i>	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	HDDMA, Bis-GMA	

Em cada peça dentária foram executadas duas preparações para restauração nas superfícies mesial e distal. Foram talhadas *slots* com distância vestibulo-lingual equivalente a 4mm em oclusal e 3mm em cervical, de forma a assumirem uma configuração expulsiva. No plano mesio-distal a distância determinada foi equivalente a 2mm, tendo esta correspondido à espessura da broca tronco-cônica utilizada, nº856 (Edenta®, Hauptstrass, Suíça) (Maciel Campos, 2001; Gasôpo Nunes, 2015). A margem cervical de cada restauração situou-se 1mm a 1,5mm abaixo da junção amelo-cimentária (Fruits *et al.*, 2006). Foi utilizada uma nova broca a cada cinco preparações realizadas, de forma a garantir a eficácia de corte da mesma (Romano Ivens, 2014; Gasôpo Nunes, 2015). Todas as medidas foram confirmadas com recurso a uma sonda periodontal graduada (Asa Dental, Massarosa, Itália). Em todas as amostras foi utilizado o mesmo sistema adesivo *etch-and-rinse* de 3 passos (Optibond™ FL, Kerr®), de forma a criar uma interface adesiva uniforme e semelhante entre todos os processos restauradores (Fruits *et al.*, 2006).



**Figura 4** - Broca nº 856 Edenta

#### **IV.3.5.1 Protocolo do Grupo A**

Após a preparação das cavidades e verificação das medidas padronizadas procedeu-se à aplicação do sistema adesivo *etch-and-rinse* de 3 passos *Optibond™FL* (Kerr®, Orange, EUA) segundo instruções do fabricante. Foi aplicado ácido ortofosfórico a 37,5% em toda a superfície e margens da preparação durante 15 segundos, lavando abundantemente com jato ar/água durante 20 segundos, seguido de secagem delicada com jato de ar sem ressequeir a superfície. Com um aplicador

*microbrush* descartável (Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha) aplicou-se o *primer* em toda a superfície de esmalte e dentina com movimentos delicados durante 15 segundos, seguido de leve secagem durante 5 segundos, até a superfície dentinária se apresentar seca mas brilhante. Seguidamente foi aplicada de forma ativa uma fina camada de adesivo, também com um aplicador descartável, seguida de uma leve secagem com jato de ar. O adesivo foi fotopolimerizado durante 20 segundos, com o fotopolimerizador *Optilux 501* (Kerr®, Orange, USA), com uma intensidade mínima de 500 mW/cm<sup>2</sup> controlada a cada dez utilizações com o radiômetro *Optilux Radiometer* (Kerr®, Orange, USA).

Após aplicação do sistema adesivo, as cavidades foram restauradas com resina composta *Filtek™ Z250* cor A2 (3M ESPE®), com técnica incremental de 2mm. Cada incremento foi fotopolimerizado durante 20 segundos com o fotopolimerizador *Optilux 501* (Kerr®, Orange, USA), com uma intensidade mínima de 500 mW/cm<sup>2</sup>, como sugerido pelo fabricante. Após terem sido executadas as restaurações procedeu-se ao polimento das margens de forma a evitar a sobreposição do material restaurador sobre as mesmas. Para tal, foram utilizadas brocas de polimento de grão fino, discos de polimento *Sof-Lex®* (3M ESPE®, Neuss, Alemanha) e *kit* de borrachas de polimento *Diamanto®* (*Grandio®SO Inlay System*, Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha).



**Figura 5** - Ácido Ortofosfórico *Scotchbond Etchant*

#### **IV.3.5.2 Protocolo do Grupo B**

Após a preparação das cavidades e verificação das medidas padronizadas procedeu-se à aplicação do sistema adesivo *etch-and-rinse* de 3 passos *Optibond™FL* (Kerr®, Orange, EUA) segundo instruções do fabricante e como já detalhado anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo A e Tabela 6*).

Após aplicação do sistema adesivo, as cavidades foram restauradas com resina composta *Bulk Fill X-Tra Fil* (Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha), cor A2, com técnica incremental de 4mm. Cada incremento foi fotopolimerizado durante 20 segundos. Após terem sido executadas as restaurações procedeu-se ao polimento das margens como detalhado anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo A e Tabela 7*).

#### **IV.3.5.3 Protocolo do Grupo C**

Após a preparação das cavidades e verificação das medidas padronizadas procedeu-se ao selamento imediato da dentina (*IDS*), utilizando o sistema adesivo *etch-and-rinse* de 3 passos *Optibond™FL* (Kerr®, Orange, EUA) segundo instruções do fabricante e como já detalhado anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo A e Tabela 6*). Aplicou-se em seguida uma camada de glicerina líquida (Produtos Pyl, F. J. Campos, Lda, Portugal) sobre o sistema adesivo e margens adjacentes, fotopolimerizando novamente a superfície durante 10 segundos, de forma a permitir a polimerização da camada inibida pelo oxigénio (Magne *et al.*, 2012; Gasôpo Nunes, 2015). Terminada a fotopolimerização, toda a glicerina foi removida com jato de ar/água.

De forma a agilizar a tomada de impressões, todas as amostras foram montadas em base/suporte de poliestireno expandido, cuja superfície foi isolada com vaselina de forma a evitar a aderência ao material de impressão. A moldagem das cavidades foi realizada com siloxano polivinílico de consistências densa e fluida (*Normosil Putty* e *Normosil Light*, Normon, Madrid, Espanha, respectivamente) e criado um modelo de trabalho em gesso-pedra tipo IV (Fruits *et al.*, 2006; Gasôpo Nunes, 2015). As peças dentárias preparadas e com *IDS* foram conservadas em água destilada tipo II na estufa a 37°C, durante 24 horas, período durante o qual foram construídas as peças protéticas em compósito.

Durante o período de 24 horas adjacente ao talhe das preparações foi aplicado um isolante sobre o modelo de gesso-pedra e foram construídos 20 *inlays* em compósito nano-híbrido *Grandio®SO* com indicação para construção de peças protéticas, cor A2, (*Grandio®SO Inlay System*, Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha). Após o período de permanência na estufa e de construção dos *inlays*, procedeu-se à preparação das superfícies para a adesão.



**Figura 6** - Inlay construído em resina *GrandioSO*, (Voco Cuxhaven, Alemanha).



**Figura 7** - Estufa a 37°C Memmert *INE 400* (Memmert, Alemanha).

#### **IV.3.5.3.1 Tratamento de Superfície da Restauração**

Cada *inlay* foi jateado durante 10 segundos com partículas de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  (Korox®, Bego, Bremen, Alemanha) com a pistola AirSonic Mini Sandblaster (Harger, Duisburg, Germany) (Fruits *et al.*, 2006; Gasôpo Nunes, 2015). O bocal da pistola de jato foi mantido à distância de um centímetro da superfície e o jateamento foi realizado a uma pressão entre 4-8 bar. A superfície tratada foi limpa com ácido ortofosfórico a 37,5% durante 1 minuto, seguida de lavagem abundante durante 20 segundos (Figura 8). A limpeza ultrassônica foi efetuada durante 4 minutos em banho de água desionizada tipo II na cuba de ultrassons *Quantrex 310* (L&R Ultrasonics, New Jersey, EUA).

Foi aplicado o silano *Calibra*<sup>TM</sup> (Dentisply Caulk, Woodbridge, Ontário, Canadá) sobre toda a superfície interna da restauração durante 1 minuto e, seguidamente, ativou-se durante 1 min com um secador de cabelo (Wella, Procter&Gamble, Geneva, Suíça) na temperatura máxima.

Após a silanização da superfície foi aplicada uma camada de adesivo (*Optibond™FL*, Kerr®, Orange, EUA) e, sem fotopolimerizar, manteve-se a peça em ambiente escuro.



**Figura 8** - Aplicação de ácido ortofosfórico no *inlay*

#### **IV.3.5.3.2 Tratamento de Superfície da Preparação**

A superfície dentária foi jateada com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  (Korox®, Bego, Bremen, Alemanha) durante 10 segundos com a pistola AirSonic Mini Sandblaster (Harger, Duisburg, Germany). À semelhança do tratamento efetuado na peça protética o bocal da pistola de jato foi mantido à distância de um centímetro da superfície e o jateamento foi realizado a uma pressão entre 4-8 bar. A superfície tratada foi limpa com ácido ortofosfórico a 37,5% durante 30 segundos, seguida de lavagem abundante durante 20 segundos e secagem com jato ar/água.

Com um aplicador descartável do tipo *microbrush* foi aplicada uma camada de adesivo (*Optibond™FL*, Kerr®, Orange, EUA), sem fotopolimerizar.



**Figura 9** - Aplicação de adesivo no *inlay*

#### IV.3.5.3.3 Adesão

O protocolo de adesão do grupo C utilizou como agente de cimentação a resina composta *Z100™* (3M® ESPE) aquecida. O compósito foi pré-aquecido à temperatura de 55°C no aquecedor de seringas e compules *ENA Heat* (Micerium S.p.A, Avegno, Itália). Na peça protética, foi aplicada uma porção adequada de resina *Z100™* e procedeu-se à cimentação com pressão vertical constante. Uma pequena porção de cera colante foi colocada na extremidade de um aplicador descartável e aderida à superfície do *inlay*, de forma a facilitar a inserção. Após o assentamento da peça todos os excessos foram removidos e procedeu-se à fotopolimerização das margens com o fotopolimerizador *Optilux 501* (Kerr®, Orange, USA), com uma intensidade mínima de 500 mW/cm<sup>2</sup>, durante 40 segundos, num total de 3 direções diferentes. Terminada a fotopolimerização inicial, foi aplicada uma camada de glicerina líquida (Produtos Pyl, F. J. Campos, Lda, Portugal) sobre as margens da restauração, fotopolimerizando novamente a superfície durante 10 segundos de forma a permitir a polimerização da camada inibida pelo oxigénio (Magne *et al.*, 2005; Gasôpo Nunes, 2015). Terminada a fotopolimerização, toda a glicerina foi removida com jato de ar/água.

Após cimentação dos *inlays*, foram utilizadas brocas de polimento de grão fino, discos de polimento *Sof-Lex®* (3M ESPE®, Neuss, Alemanha) e kit de borrachas de polimento *Diamanto®* (*Grandio®SO Inlay System*, Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha) para acabamento e polimento das margens.



Figura 10 - Pormenor de Kit de polimento *Diamanto*

#### IV.3.5.4 Protocolo do Grupo D

Após a preparação das cavidades e verificação das medidas padronizadas procedeu-se ao selamento imediato da dentina (*IDS*), recorrendo ao sistema adesivo

*etch-and-rinse* de 3 passos *Optibond<sup>TM</sup>FL* (Kerr®, Orange, EUA) seguindo as instruções do fabricante e como já detalhado anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo A e Tabela 6*). Aplicou-se em seguida uma camada de glicerina líquida (Produtos Pyl, F. J. Campos, Lda, Portugal) sobre o sistema adesivo e margens adjacentes, fotopolimerizando novamente a superfície durante 10 segundos, de forma a permitir a polimerização da camada inibida pelo oxigênio, tal como descrito anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo C e Tabela 7*) (Magne *et al.*, 2005; Gasôpo Nunes, 2015).

Como já descrito anteriormente e de forma a agilizar a tomada de impressões, todas as amostras foram montadas em base/suporte de poliestireno expandido, cuja superfície foi isolada com vaselina de forma a evitar a aderência ao material de impressão. A moldagem das cavidades foi realizada com siloxano polivinílico de consistências densa e fluida, *Normosil Putty* e *Normosil Light*, (Normon, Madrid, Espanha) respectivamente, e criado um modelo de trabalho em gesso-pedra tipo IV (Fruits *et al.*, 2006; Gasôpo Nunes, 2015). As peças dentárias preparadas e com *IDS* foram conservadas em água destilada tipo II na estufa a 37°C, durante 24 horas, período durante o qual foram construídas as peças protéticas em compósito, tal como descrito anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo C e Tabela 6*).

#### **IV.3.5.4.1 Tratamento de Superfície da Restauração**

O tratamento de superfície foi semelhante ao descrito anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo C: Tratamento de Superfície da Restauração e Tabela 7*)

Após a silanização da superfície foi aplicada uma camada de adesivo (*Optibond<sup>TM</sup>FL*, Kerr®, Orange, EUA), sem fotopolimerizar, e manteve-se a peça em ambiente escuro.



**Figura 11** - Silano *Calibra*



**Figura 12** - Aplicação do silano *Calibra*

#### **IV.3.5.4.2 Tratamento de Superfície da Preparação**

O tratamento de superfície foi semelhante ao descrito anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo C: Tratamento de Superfície da Preparação e Tabela 7*).

#### **IV.3.5.4.3 Adesão**

O protocolo de adesão do grupo D utilizou como método de adesão um cimento de resina, *Bifix™ QM*, cor universal (*Grandio®SO Inlay System*, Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha). Na peça protética, foi aplicada uma adequada porção de material e procedeu-se à cimentação com pressão vertical constante. Uma pequena porção de cera colante foi colocada na extremidade de um aplicador descartável e aderida à superfície do *inlay*, de forma a facilitar a inserção. Após o assentamento da peça todos os excessos foram removidos e procedeu-se à fotopolimerização das margens, tal como descrito anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo C: Adesão e Tabela 7*).

Terminada a fotopolimerização inicial, foi aplicada uma camada de glicerina líquida (Produtos Pyl, F. J. Campos, Lda, Portugal) sobre as margens da restauração, fotopolimerizando novamente a superfície durante 10 segundos de forma a permitir a polimerização da camada inibida pelo oxigénio (Magne *et al.*, 2012; Gasôpo Nunes, 2015).

Após cimentação dos *inlays* foi realizado o polimento das margens, tal como descrito anteriormente (*ver: Protocolo do Grupo C: Adesão e Tabela 7*).

Após o término dos protocolos restauradores C e D, as respectivas amostras foram colocadas em estufa a 37°C durante um período de 24h (Memmert® INE 400, Memmert, Alemanha). Findo esse período, todas as amostras foram seladas cuidadosamente com 2 camadas de verniz de unhas incolor (Kiko, Bergamo, Itália), deixando exposta uma margem de 1mm em torno da restauração e aguardou-se a sua secagem completa (Fruits *et al.*, 2006; Poggio, Chiesa, Scribante, Mekler & Colombo, 2013; Gasôpo Nunes, 2015). Após secagem, as amostras foram totalmente imersas em solução de fucsina básica 0,5% e encubadas em estufa a 37°C durante novo período de 24h (Poggio *et al.*, 2013).

O corte das amostras foi realizado no sentido mesio-distal no micrótomo de tecidos duros de baixa velocidade, com refrigeração. A avaliação da microinfiltração foi feita imediatamente após o seccionamento dos espécimes.



**Figura 13** - Cimento resinoso *Bifix QM*



**Figura 14** - Seccionamento das amostras

Tabela 6 - Protocolo sumário de *Optibond FL* e técnica *IDS*

Protocolo <i>Optibond™FL</i>	Protocolo <i>IDS</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação de ácido ortofosfórico a 37,5% no esmalte e dentina (15 segundos)</li> <li>• Lavagem abundante (20 segundos)</li> <li>• Secagem sem ressequir</li> <li>• Aplicação do <i>primer</i> no esmalte e dentina (15 segundos)</li> <li>• Secagem (5 segundos)</li> <li>• Aplicação ativa de uma fina camada de <i>bond</i></li> <li>• Secagem (5s), até a superfície dentinária se apresentar seca mas brilhante</li> <li>• Fotopolimerização (20s)</li> </ul>	<p>Imediatamente após talhe das preparações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação de <i>Optibond™FL</i> (segundo instruções do fabricante)</li> <li>• Aplicação de glicerina sobre todo o adesivo</li> <li>• Fotopolimerização adicional (10 segundos)</li> </ul>

Tabela 7 - Protocolo sumário dos Grupos C e D

Construção dos <i>inlays</i>	Tratamento da Restauração	Tratamento da Preparação
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construção das peças com <i>GrandioSO</i> cor A2</li> <li>• Fotopolimerização durante 20s/incremento</li> <li>• Fotopolimerização adicional após remoção do modelo de trabalho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jateamento com óxido de alumínio de (10 s)</li> <li>• Limpeza com ácido ortofosfórico a 37,5%, (1min)</li> <li>• Limpeza ultrassônica (4 min)</li> <li>• Aplicação e ativação do silano (1 min cada passo).</li> <li>• Aplicação de <i>Optibond™FL</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jateamento com óxido de alumínio de (10 s)</li> <li>• Limpeza com ácido ortofosfórico a 37,5%, (30 s)</li> <li>• Secagem</li> <li>• Aplicação de <i>Optibond™FL</i>, sem fotopolimerizar</li> </ul>
	<b>Adesão</b>	<b>Polimento</b>
<p><b>Grupo C:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquecimento do compósito <i>Z100™</i> a 55°C</li> <li>• Aplicação de compósito no <i>inlay</i></li> <li>• Assentamento e remoção de excessos</li> <li>• Polimerização (40 segundos/ face)</li> <li>• Aplicação de glicerina e nova polimerização</li> </ul>	<p><b>Grupo D:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação de cimento <i>Bifix™ QM</i> na superfície do <i>inlay</i></li> <li>• Assentamento e remoção de excessos</li> <li>• Fotopolimerização (40s/ face)</li> <li>• Aplicação de glicerina e nova fotopolimerização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Broca de polimento de grão fino</li> <li>• Discos de polimento <i>Sof-Lex®</i></li> <li>• <i>Kit</i> de borrachas <i>Diamanto®</i></li> </ul>

#### **IV.3.6 Observação da microinfiltração**

Imediatamente após o corte, todas as amostras foram analisadas com recurso à lupa estereoscópica *Leica MZ6* (Leica GmbH, Alemanha). A classificação do grau de microinfiltração foi feita segundo as Tabelas 8 e 9, para as margens em esmalte e dentina, respetivamente. A classificação encontra-se em concordância com a norma SO/TS 11405:2003.

**Tabela 8** - Classificação do grau de infiltração nas margens em esmalte - ISO/TS 11405

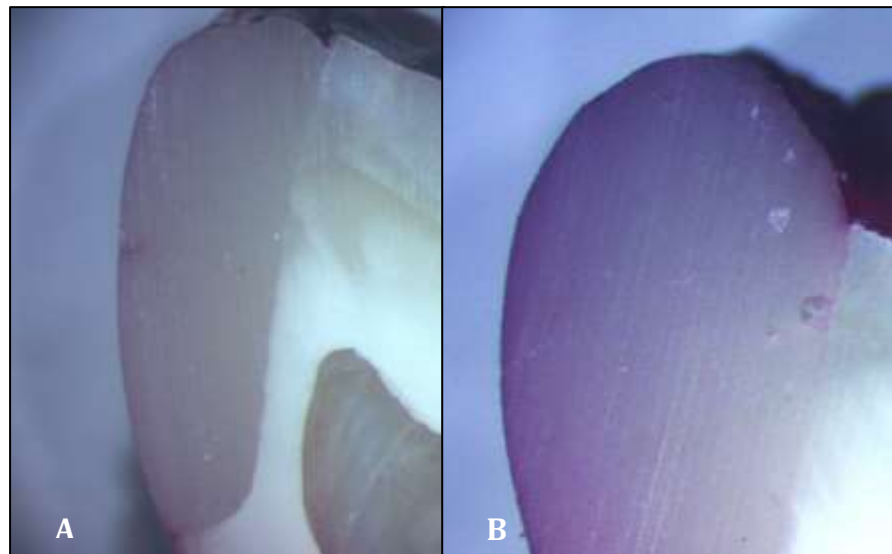
<b>Grau</b>	<b>Critério de Avaliação</b>
<b>0</b>	Sem penetração do corante
<b>1</b>	Penetração do corante no esmalte
<b>2</b>	Penetração do corante na dentina sem envolvimento da parede pulpar da restauração
<b>3</b>	Penetração do corante na dentina com envolvimento da parede pulpar da restauração

**Tabela 9** - Classificação do grau de infiltração nas margens em dentina - ISO/TS 11405

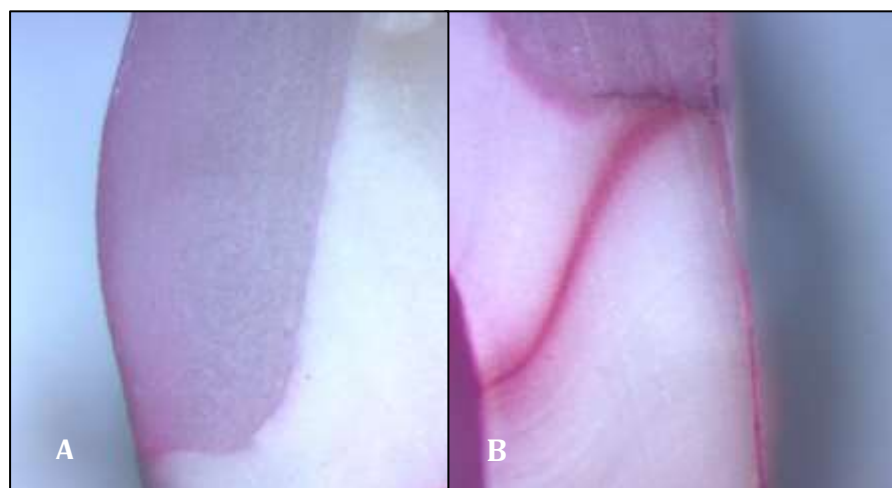
<b>Grau</b>	<b>Critério de Avaliação</b>
<b>0</b>	Sem penetração do corante
<b>1</b>	Penetração do corante na interface dentina/material restaurador, sem envolvimento da parede pulpar
<b>2</b>	Penetração do corante na interface dentina/material restaurador, com envolvimento da parede pulpar

## V. RESULTADOS

No presente estudo foram utilizados 40 molares hígidos, extraídos por motivos periodontais ou ortodônticos. Após imersão em fucsina básica 0,5%, as amostras foram seccionadas e analisadas com lupa estereoscópica (Leica MZ6, Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha) e classificadas de acordo com a norma ISO/TS 11405.



**Figura 15** - Pormenores de margens com infiltração de Grau 0 em esmalte e dentina (A) e de Grau 1 em esmalte (B)



**Figura 16** - Pormenores de margens cervicais com infiltração de Grau 1 (A) e 2 (B)

O nível de significância para aceitar ou rejeitar a hipótese nula foi fixado em  $(\alpha) \leq 0,05$ . Para analisar a relação entre as infiltrações e os materiais e os métodos utilizou-se o teste do Qui-quadrado de independência e o teste de Fisher. O pressuposto do Qui-quadrado de que não deve haver mais do que 20,0% das células com frequências esperadas inferiores a 5 foi analisado. Nas situações em que este pressuposto não estava satisfeito usou-se o teste do Qui-quadrado por simulação de Monte Carlo.

A análise estatística foi efetuada com o *SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)* versão 22.0 para Windows.

**Tabela 10** - Resultados de Microinfiltração nas restaurações diretas

Nº Dente	Nº Restauração	Microhíbrida		Bulk-Fill	
		Esmalte	Dentina	Esmalte	Dentina
1	<b>1</b>	0	0	0	0
	<b>2</b>	0	0	0	1
2	<b>3</b>	1	0	0	0
	<b>4</b>	0	0	0	0
3	<b>5</b>	0	0	0	0
	<b>6</b>	0	1	0	0
4	<b>7</b>	1	0	0	2
	<b>8</b>	1	0	0	2
5	<b>9</b>	0	0	0	0
	<b>10</b>	0	2	0	0
6	<b>11</b>	0	0	0	0
	<b>12</b>	0	1	0	1
7	<b>13</b>	0	2	0	2
	<b>14</b>	0	1	0	2
8	<b>15</b>	0	0	0	1
	<b>16</b>	0	0	0	2
9	<b>17</b>	0	0	0	0
	<b>18</b>	0	0	0	1
10	<b>19</b>	0	0	0	0
	<b>20</b>	0	0	0	0
Grupo		A		B	

**Tabela 11** - Resultados de microinfiltração nas restaurações indiretas

Nº Dente	Nº Restauração	Compósito Aquecido		Cimento de Resina	
		Esmalte	Dentina	Esmalte	Dentina
1	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
2	3	0	0	0	2
	4	0	0	0	0
3	5	0	2	0	1
	6	0	2	0	1
4	7	0	0	0	0
	8	0	0	0	0
5	9	0	0	0	0
	10	0	0	0	0
6	11	0	0	0	0
	12	0	0	1	1
7	13	0	0	0	0
	14	0	0	0	1
8	15	0	0	0	0
	16	0	0	0	0
9	17	0	0	0	1
	18	0	0	0	0
10	19	0	0	0	0
	20	0	2	0	0
Grupo		C		D	

### V.1 Análise de Resultados – Margens em esmalte

As distribuições de microinfiltração entre os grupos de estudo são relativamente semelhantes. É de salientar que nenhum dos métodos apresentou uma classificação superior a 1 (infiltração de corante apenas no esmalte).

Os resultados de infiltração das restaurações diretas revelam uma tendência para a existência de menor infiltração nos espécimes restaurados com resina *Bulk-fill* comparativamente à resina microhíbrida (0,0% vs 15%), para margens em esmalte.

Os resultados de infiltração das restaurações indiretas revelam que houve uma tendência para a existência de menor infiltração nos espécimes cujas restaurações foram cimentadas compósito aquecido comparativamente às peças cimentadas com cimento de resina (0,0% vs 5%), para margens em esmalte.

Contudo, as diferenças de infiltração no esmalte entre os diversos grupos não são estatisticamente significativas,  $\chi^2(3) = 6.136, p = .180$ .

**Tabela 12** - Teste de Qui-quadrado para margens em esmalte

	Valor	gl	Sig.
Pearson Chi-Square	6.316	3	.180
Likelihood Ratio	6.913	3	.075
Fisher's Exact Test	4.505		
Linear-by-Linear Association	1.871	1	.171
N of Valid Cases	80		

**Tabela 13** - Resultados de infiltração no esmalte

		Esmalte		Total
		Grau 0	Grau 1	
A	Freq.	17	3	20
	% Grupo	85.0%	15.0%	100.0%
	% Esmalte	22.4%	75.0%	25.0%
	% do total	21.2%	3.8%	25.0%
B	Freq.	20	0	20
	% Grupo	100.0%	0.0%	100.0%
	% Esmalte	26.3%	0.0%	25.0%
	% do total	25.0%	0.0%	25.0%
C	Freq.	20	0	20
	% Grupo	100.0%	0.0%	100.0%
	% Esmalte	26.3%	0.0%	25.0%
	% do total	25.0%	0.0%	25.0%
D	Freq.	19	1	20
	% Grupo	95.0%	5.0%	100.0%
	% Esmalte	25.0%	25.0%	25.0%
	% do total	23.8%	1.2%	25.0%
Total	Freq.	76	4	80
	% Grupo	95.0%	5.0%	100.0%
	% Esmalte	100.0%	100.0%	100.0%
	% do total	95.0%	5.0%	100.0%

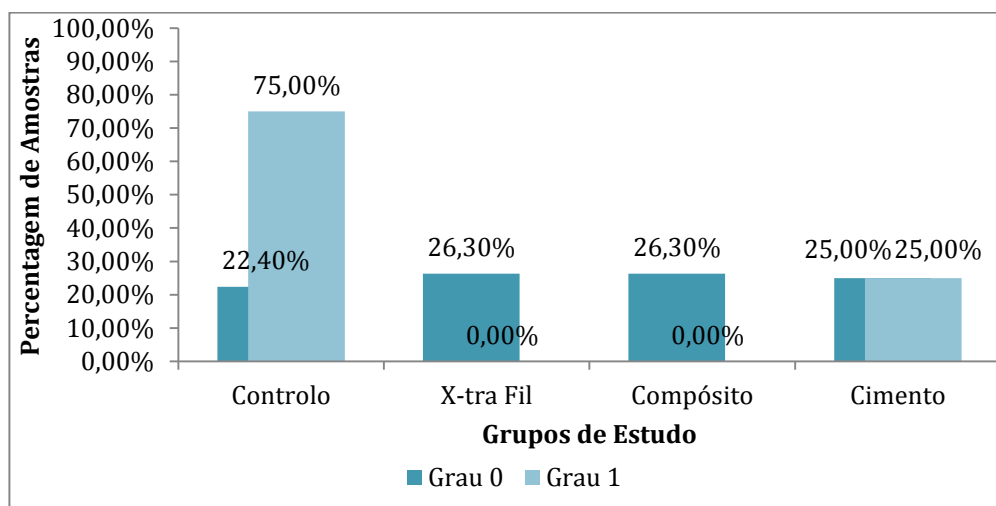


Figura 17 - Gráfico representativo dos resultados de infiltração no esmalte

## V.2 Análise de Resultados – Margens em dentina

As distribuições de microinfiltração entre os grupos de estudo apresentam algumas variações.

Os resultados de infiltração das restaurações diretas revelam uma tendência para a existência de menor infiltração nos espécimes restaurados com resina microhíbrida comparativamente à resina *Bulk-fill* (25% vs 45%), para margens em dentina, contudo sem diferenças estatísticas significativas ( $p=0.166 > p=0,05$ ). Ambos os grupos apresentaram valores de infiltração 1 (penetração do corante na interface dentina/material restaurador, sem envolvimento da parede pulpar) e 2 (penetração do corante na interface dentina/material restaurador, sem envolvimento da parede pulpar).

Os resultados de infiltração das restaurações indiretas revelam que houve uma tendência para a existência de menor infiltração nos espécimes cujas restaurações foram cimentadas compósito aquecido comparativamente às peças cimentadas com cimento de resina (15% vs 30%), para margens em dentina, mas sem diferenças estatísticas significativas ( $p=0.166 > p=0,05$ ). As peças cimentadas com compósito apresentaram infiltração máxima de grau 2.

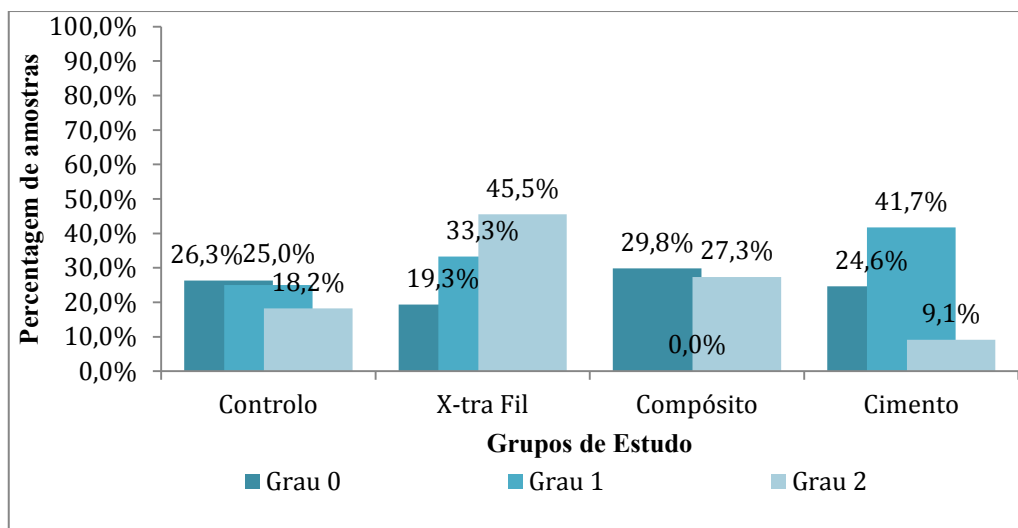
Todavia, as diferenças de infiltração na dentina entre os diversos grupos não são estatisticamente significativas,  $\chi^2(6) = 9.164, p = .166 > p=0,05$ .

**Tabela 14** - Teste de Qui-Quadrado para margens em dentina

	Valor	gl	Sig.
Pearson Chi-Square	9.164	6	.166
Likelihood Ratio	11.961	6	.111
Fisher's Exact Test	9.577		.125
Linear-by-Linear Association	.304	1	.581
N of Valid Cases	80		

**Tabela 15** - Resultados de infiltração nas margens em dentina

		Dentina			Total
		Grau 0	Grau 1	Grau 2	
A	Freq.	15	3	2	20
	% Grupo	75.0%	15.0%	10.0%	100.0%
	% Dentina	26.3%	25.0%	18.2%	25.0%
	% do total	18.8%	3.8%	2.5%	25.0%
B	Freq.	11	4	5	20
	% Grupo	55.0%	20.0%	25.0%	100.0%
	% Dentina	19.3%	33.3%	45.5%	25.0%
	% do total	13.8%	5.0%	6.2%	25.0%
C	Freq.	17	0	3	20
	% Grupo	85.0%	0.0%	15.0%	100.0%
	% Dentina	29.8%	0.0%	27.3%	25.0%
	% do total	21.2%	0.0%	3.8%	25.0%
D	Freq.	14	5	1	20
	% Grupo	70.0%	25.0%	5.0%	100.0%
	% Dentina	24.6%	41.7%	9.1%	25.0%
	% do total	17.5%	6.2%	1.2%	25.0%
Total	Freq.	57	12	11	80
	% Grupo	71.2%	15.0%	13.8%	100.0%
	% Dentina	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	% do total	71.2%	15.0%	13.8%	100.0%



**Figura 18** - Gráfico representativo dos resultados de microinfiltração na dentina

### V.3 Análise de resultados de restaurações diretas vs indiretas - Margens em esmalte

As distribuições de microinfiltração entre os grupos de estudo apresentam algumas variações.

É possível verificar que existe uma tendência para a existência de menor infiltração nos métodos restauradores indiretos comparativamente aos métodos diretos (2,5% vs 7,5% de infiltração grau 1), sendo que 97,5% das restaurações indiretas e 92% das restaurações diretas não apresentaram qualquer tipo de infiltração em esmalte.

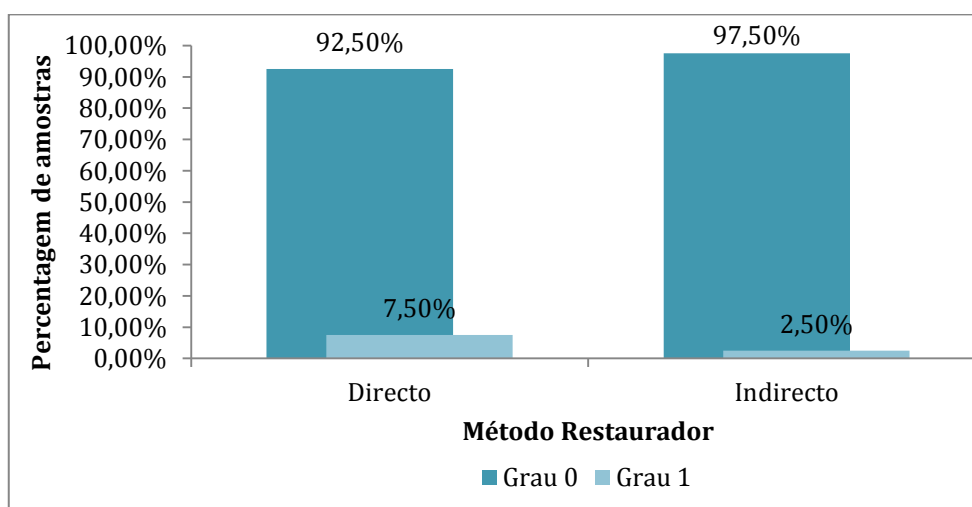
Contudo, as diferenças de infiltração no esmalte entre os dois métodos não são estatisticamente significativas (teste de Fisher),  $p = .294 > p = .05$ .

**Tabela 16** - Teste de Qui-quadrado de restaurações diretas e indiretas com margens em esmalte

	Valor	gl	Sig.
Pearson Chi-Square	1.053	1	.305
Continuity Correction	.263	1	.608
Likelihood Ratio	1.099	1	.294
Fisher's Exact Test			.615
N of Valid Cases	80		

**Tabela 17** - Resultados de microinfiltração em restaurações diretas e indiretas com margens em esmalte

		Método		Total
		Direto	Indireto	
Sem infiltração - 0	Freq.	37	39	76
	% Esmalte	48.7%	51.3%	100.0%
	% Método	92.5%	97.5%	95.0%
	% do total	46.2%	48.8%	95.0%
Infiltração no esmalte - 1	Freq.	3	1	4
	% Esmalte	75.0%	25.0%	100.0%
	% Método	7.5%	2.5%	5.0%
	% do total	3.8%	1.2%	5.0%
Total	Freq.	40	40	80
	% Esmalte	50.0%	50.0%	100.0%
	% Método	100.0%	100.0%	100.0%
	% do total	50.0%	50.0%	100.0%



**Figura 19** - Gráfico representativo dos resultados de microinfiltração de restaurações diretas e indiretas, com margens em esmalte

#### V.4 Análise de resultados de restaurações diretas vs indiretas - Margens em dentina

As distribuições de microinfiltração entre os grupos de estudo apresentam algumas variações.

É possível verificar que existe uma tendência para uma menor infiltração nos métodos restauradores indiretos comparativamente aos métodos diretos (12,5% vs

17,5% de infiltração grau 1 e 10% vs 17,5% de infiltração grau 2), sendo que 77,5% das restaurações indiretas e 65% das restaurações diretas não apresentaram qualquer tipo de infiltração em dentina.

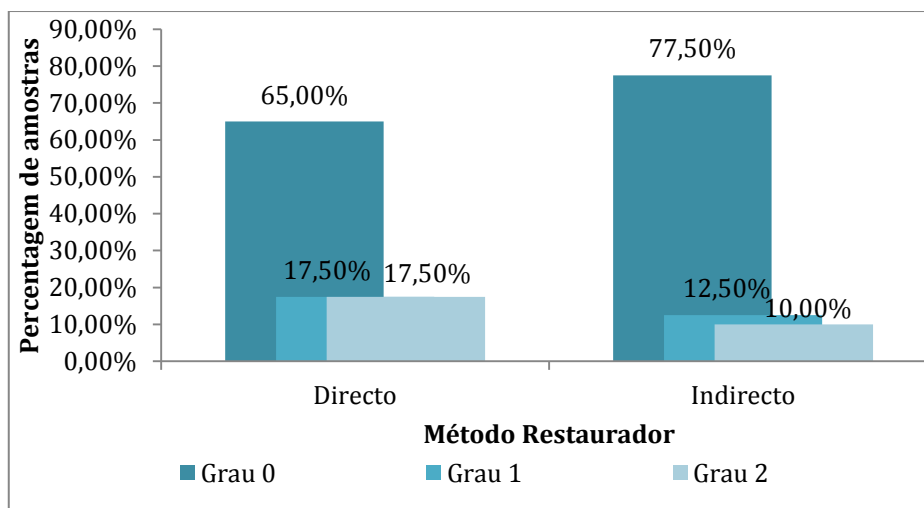
Porém, as diferenças de infiltração na dentina entre os dois métodos não são estatisticamente significativas,  $\chi^2(2) = 1.590, p = .471 > p = .05$ .

**Tabela 18** - Teste de Qui-quadrado de restaurações diretas e indiretas com margens em dentina

	Valor	gl	Sig.
Pearson Chi-Square	1.590	2	.471
Likelihood Ratio	1.603	2	.534
Fisher's Exact Test	1.586		.471
Linear-by-Linear Association	1.521	1	.286
N of Valid Cases	80		

**Tabela 19** - Resultados de microinfiltração de restaurações diretas e indiretas, com margens em dentina

		Método		Total
		Direto	Indireto	
Sem infiltração - 0	Freq.	26	31	57
	% Dentina	45.6%	54.4%	100.0%
	% Método	65.0%	77.5%	71.2%
	% do total	32.5%	38.8%	71.2%
Infiltração s/ envolvimento da parede pulpar - 1	Freq.	7	5	12
	% Dentina	58.3%	41.7%	100.0%
	% Método	17.5%	12.5%	15.0%
	% do total	8.8%	6.2%	15.0%
Infiltração c/ envolvimento da parede pulpar - 2	Freq.	7	4	11
	% Dentina	63.6%	36.4%	100.0%
	% Método	17.5%	10.0%	13.8%
	% do total	8.8%	5.0%	13.8%
Total	Freq.	40	40	80
	% Dentina	50.0%	50.0%	100.0%
	% Método	100.0%	100.0%	100.0%
	% do total	50.0%	50.0%	100.0%



**Figura 20** - Gráfico representativo dos resultados de microinfiltração de restaurações diretas e indiretas, com margens em dentina

## VI. DISCUSSÃO

O principal objetivo do presente estudo foi avaliar a microinfiltração marginal imediata associada à contração de polimerização de materiais restauradores resinosos, em técnicas de restauração diretas e indiretas. Foi avaliada a microinfiltração decorrente nas margens oclusais em esmalte e cervicais em dentina.

A consciencialização e preocupação social com o fator estético próprio do tratamento restaurador dentário estão em crescimento exponencial; cada vez mais, os materiais restauradores procuram camuflar-se na morfologia dentária, na sua cor, forma, translucência e textura, sem nunca descurar as propriedades físicas indispensáveis à resistência, adaptação, insolubilidade e biocompatibilidade (Vargas *et al.*, 2013). Devido à deficiência destas características físicas, em particular da resistência à fratura e desgaste, os primeiros materiais restauradores biomiméticos mostraram-se inadequados para a restauração de áreas sujeitas a *stress* oclusal. A extensa investigação e desenvolvimento desta classe de materiais permite-lhes ser um material de eleição na prática clínica diária, mas sem nunca descurar que, apesar das melhorias, ainda exibem características que poderão ter um impacto negativo na vida útil da restauração, como a ineficaz capacidade de selamento marginal e microinfiltração de agentes patogénicos, entre outros (Fruits *et al.*, 2006).

A avaliação *in-vitro* da microinfiltração marginal com recurso a marcadores colorimétricos é, segundo Taylor & Lynch (1992), Veríssimo & Do Vale (2006) e Fabianelli *et al* (2007), o método mais comum de avaliação. Dada a rapidez de introdução no mercado de novos materiais restauradores é imperativo que os métodos de avaliação das suas propriedades sejam eficazes e de curta duração. As avaliações clínicas, ainda que melhor representativas do desempenho *in vivo*, são geralmente de longo termo e grande dispêndio. Vários autores, como De Munck *et al.* (2005), Fruits *et al.* (2006) e Fabianelli *et al.* (2007), consideram que apesar de não haver correlação inequívoca entre os resultados observados *in vitro* e *in vivo*, é deveras previsível que a falha criada na interface seja clinicamente relevante. A quantificação de *stress* causado pela contração de polimerização mostra-se um objetivo complexo e talvez irresoluto, dadas as inúmeras variáveis inerentes ao processo, não só dos materiais em estudo mas também do substrato utilizado. No presente estudo, foram utilizados

dentes naturais de forma a simular o substrato utilizado na prática clínica, tal como sugerido no estudo de Do *et al.* (2014).

Segundo Van Landuyt *et al.* (2007), Marshall *et al.* (2010) e Van Meerbeek *et al.* (2011), entre outros autores, o principal objetivo da dentisteria restauradora adesiva, e talvez o mais difícil de alcançar, é criar uma interface coesa, estável e de grande longevidade entre os materiais restauradores e o tecido dentário. Um eficaz sistema adesivo deve ser capaz de resistir ao *stress* de contração das resinas e compósitos e evitar a microinfiltração ao longo das margens da restauração. Vários estudos apresentam resultados sobre a capacidade de adesão dos sistemas adesivos *self-etch* quando comparados com sistemas *etch-and-rinse*, em particular com os sistemas de 3 passos (Fruits *et al.*, 2006). Na publicação de Pascal Magne (2005) é feita meritória menção às propriedades do sistema adesivo *etch-and-rinse* de 3 passos *Optibond™ FL*, visto apresentar a capacidade de formar uma camada adesiva consistente e uniforme (cerca de 80µm) e permitindo a formação de uma camada híbrida coesa e uma forte adesão ao material de cimentação. *Optibond™FL* atua ainda como um *liner* de baixo módulo de elasticidade e grande capacidade de absorção de *stress*, tornando-se o sistema adesivo de referência para a técnica de *immediate dentin sealing* (Magne, 2005).

Durante toda a presente investigação foi utilizado o sistema adesivo *Optibond™FL*, sempre com grande rigor e seguindo as instruções do fabricante, de forma a criar uma interface adesiva uniforme e transversal a todos os procedimentos restauradores efectuados neste estudo, à semelhança dos protocolos utilizados por Fruits *et al.*, (2006) e Duquia, Osinaga, Demarco, Habekost & Conceição (2006). Cada *slot*/preparação foi preparada e restaurada individualmente, de forma a respeitar os protocolos definidos pelo fabricante de cada material utilizado. Igual procedimento foi aplicado ao processo de cimentação nas restaurações indiretas.

Como anteriormente referido, foram utilizados no presente estudo 40 molares, livres de cáries, restaurações ou fracturas. Foi seguida a norma ISO referente aos testes de adesão à estrutura dentária (ISO/TS 11405). Tal como recomendado pela mesma, as amostras utilizadas foram armazenadas a 4°C em água destilada do tipo II, renovada semanalmente até ao momento de utilização. As cavidades foram

padronizadas para todos os grupos. Devido à necessidade de realizar restaurações indiretas, todas as preparações foram efectuadas com uma configuração expulsiva e ângulos internos arredondados, tal como descrito nos estudos de Maciel Campos (2001), Poggio *et al.* (2013) e Gasôpo Nunes (2015). Não foi realizado nenhum bisel nas preparações e todas as medidas foram constantemente controladas com recurso a sonda periodontal graduada.

Cada preparação apresentou dois tipos de margem: esmalte (em oclusal) e dentina (na margem cervical, que se estendeu para além da junção amelo-cimentária), de forma a avaliar o comportamento de cada protocolo consoante o substrato, à semelhança dos estudos de Gerdolle, Mortier, Loos-Ayav, Jacquot & Panighi (2005), Fruits *et al.* (2006) e Duquia *et al.* (2006).

As restaurações diretas foram realizadas com recurso a técnica incremental de 2mm (*Filtek™ Z250*, *3M ESPE*) e 4mm (*GrandioSO®*, *Voco*) e fotopolimerizadas com uma intensidade mínima de 600 mW/cm<sup>2</sup>, tal como sugerido por Gerdolle *et al.* (2005). Todos os materiais em estudo foram aplicados com instrumentos operatórios adequados (espátula de inserção recta, espátula angulada, brunidor esférico) e todo o material restaurador que não em uso foi guardado ao abrigo da luz e/ou em godé com proteção adequada.

No protocolo de restaurações indiretas foi utilizada a técnica de *IDS*. Este procedimento, segundo Pascal Magne (2005), incide principalmente na prevenção da sensibilidade pós-operatória e efeitos de microinfiltração marginal, assim como aumento da resistência adesiva. O mesmo autor sugere que após aplicação do adesivo (imediatamente após o talhe das preparações) seja feita uma primeira fotopolimerização seguida de colocação de uma camada de glicerina líquida e nova fotopolimerização, de forma a polimerizar a camada inibida pelo oxigénio e evitar a interação entre esta e o material de impressão. Igual procedimento foi sugerido por Magne (2005) e Pameijer (2012) para as margens das restaurações indiretas, após cimentação, tanto para compósito como para o cimento de resina.

A impressão definitiva foi realizada com silicone de adição de consistências densa e fluida (*Normosil Putty* e *Normosil Light*, Normon, Madrid, Espanha,

respectivamente) com técnica de dupla mistura. Por ter maior capacidade de reprodução de detalhes finos, o silicone de consistência fluida foi colocado sobre todas as *slots* e, imediatamente coberto com silicone de consistência densa, tal como executado por Gerdolle *et al.* (2005) Duquia *et al.* (2006) e Gasôpo Nunes (2015).

A impressão realizada foi prontamente vazada a gesso-pedra tipo IV (Shmidt, Toledo, Espanha) e foram aplicadas duas camadas de meio isolante sobre cada *slot* a restaurar. Todas as peças protéticas foram construídas de acordo com as instruções do fabricante da resina composta utilizada para as restaurações indiretas (*GrandioSO*, Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha).

O tratamento de superfície das peças protéticas consistiu no jateamento durante 10 segundos com partículas de óxido de alumínio de 50 µm (Korox®, Bego, Bremen, Alemanha), segundo indicação do fabricante do silano utilizado em ambos os protocolos de cimentação (Calibra™ Dentisply Caulk, Woodbridge, Ontário, Canadá). Posteriormente, superfície tratada foi limpa com ácido ortofosfórico a 37,5% durante 1 minuto, seguida de lavagem abundante durante 20 segundos. A limpeza ultrassônica foi efectuada durante 4 minutos em banho de água desionizada numa cuba de ultrassons tal como descrito por Magne & Belser (2002).

Não foi utilizada nenhuma técnica de envelhecimento artificial das amostras. O envelhecimento é maioritariamente simulado com recurso à termociclagem. Este método consiste em submeter os espécimes em estudo a banhos alternados de água com temperaturas diferentes. No banho frio, a água está geralmente em torno dos 5°C enquanto que no banho quente está em torno dos 55°C, de forma a simular as condições térmicas no interior da cavidade oral (Rossomando, & Wendt, 1995). O efeito da termociclagem induz a degradação da interface dente/restauração devido às diferenças no seu coeficiente de expansão térmica e à hidrólise da interface adesiva, negligenciando as falhas marginais iniciais devidas maioritariamente à contração de polimerização (Gale & Darvell, 1999). Segundo Gale & Darvell (1999), quando o selamento inicial não é eficaz e ocorre uma falha na interface adesiva imediatamente após aplicação do material em estudo, o envelhecimento artificial das amostras não vai trazer benefício ao investigador – irá apenas agravar um defeito que já se encontrava presente na interface e já constituía *per se* uma potencial falha clínica. No

seu estudo, Gerdolle *et al.* (2005) confirmou que a microinfiltração ocorre mesmo em espécimes não submetidos a envelhecimento artificial.

No presente estudo estabeleceram-se como objetivos a avaliação da microinfiltração de quatro protocolos de restauração distintos, comparando os resultados obtidos. Apesar das diferenças observadas não serem estatisticamente significativas, é possível aferir diferenças entre a microinfiltração associada à contração de polimerização dos materiais em estudo.

Os resultados obtidos concluem que não existem diferenças entre os graus de infiltração, quer ao nível do esmalte quer da dentina ( $p=.180 > p=.05$  e  $p=.166 > p=.05$ ). Relativamente às margens de restauração compostas por esmalte, os resultados de infiltração das técnicas diretas revelam que houve uma tendência para ocorrer menor infiltração nos espécimes restaurados com resina *Bulk-fill* comparativamente à resina microhíbrida (0,0% vs 15%), para margens em esmalte. Já nas margens em dentina, verifica-se uma tendência para haver menor microinfiltração imediata das nos espécimes restaurados com resina microhíbrida comparativamente à resina *Bulk-fill* (25% vs 45%). Estudos anteriores apresentam resultados distintos: Vinagre *et al* (2016), através da medição da deflexão cuspídea por meio de um sensor ótico, em cavidades com margens exclusivamente em esmalte, concluiu existirem diferenças significativas entre a contração de polimerização de resinas microíbrida (*Esthet X HD*, *Dentsply*<sup>®</sup>) e *Bulk-fill* (*SDR*<sup>®</sup>, *Dentsply*) utilizadas no seu estudo, tendo as últimas induzido menor *stress* à estrutura dentária. Já Do *et al.* (2014) conclui de forma semelhante ao presente estudo não existirem diferenças estatisticamente significativas entre as resinas microhíbrida (*Filtek*<sup>®</sup> *Supreme Ultra*; *3M ESPE*) e *Bulk fill* (*Tetric EvoCeram*, *Ivoclar Vivadent*; *Venus*, *Heraeus Kulzer*; e *Filtek Bulk-Fill*, *3M ESPE*) analisadas, relativamente à deflexão cuspídea e microinfiltração marginal imediata. Relativamente à análise das margens cervicais em dentina, apesar de não serem estatisticamente significativos ( $p=.166 > p=.05$ ), é de salientar uma tendência para uma grande disparidade de resultados comparativamente ao esmalte e entre materiais restauradores. No seu estudo, El-Damanhoury & Platt (2014), ao avaliar as características cinéticas da contração de polimerização de resinas microíbridas e *Bulk-fill*, determinaram que para amostras de 4mm polimerizadas com técnica *bulk*, as resinas *Filtek*<sup>™</sup> *Z250* (3M ESPE<sup>®</sup>) e *X-Tra Fil* (*Voco GmbH*, Cuxhaven, Alemanha)

apresentavam forças de contração de polimerização semelhantes (2,364MPa e 2,135MPa, respectivamente). Ao ser aplicada com técnica incremental sugerida pelo fabricante é expectável, segundo o estudo levado a cabo por Furness, Tadros, Looney & Rueggeberg (2014), que resulte num maior número de margens livres de infiltração comparativamente ao mesmo material quando utilizado em incrementos de 4 mm. Segundo Perdigão (2010) e Marshall *et al.* (1997), os vários componentes estruturais e propriedades físicas da dentina, como os elevados teores orgânicos e húmidos, em particular de fibras de colagénio tipo I, criam dificuldades na obtenção de uma boa adesão. A permeabilidade pulpar, o fluxo de fluido dentinário ou a presença de dentina esclerótica ou até cariada na preparação cavitária dificultam igualmente esta adesão. As fracas forças de adesão à dentina comparativamente ao esmalte poderão explicar a tendência para maior expressão de infiltração na margem cervical.

Os resultados obtidos concluem que não existem diferenças entre os graus de infiltração nas restaurações indiretas, quer ao nível do esmalte quer da dentina ( $p=.180 > p=.05$  e  $p=.166 > p=.05$ ). Os resultados de microinfiltração obtidos revelam uma tendência para uma menor infiltração nos espécimes cujas restaurações foram cimentadas compósito aquecido comparativamente às peças cimentadas com cimento de resina (0,0% vs 5,0%), ainda que estatisticamente não significativo. Os resultados obtidos nas margens compostas por dentina mostram uma tendência para menor infiltração nas restaurações cimentadas com compósito aquecido comparativamente às que utilizaram cimento de resina (15% vs 30%), ainda que os resultados não sejam estatisticamente significativos. No estudo desenvolvido por Bortolotto *et al.* (2013) foram avaliadas forças de contração associadas a cimentação com compósito e cimento resinoso, concluindo-se que o compósito microhíbrido utilizado (*Tetric, Ivoclar Vivadent*) apresenta menor contração e maior salvaguarda para a microinfiltração, enquanto que o cimento resinoso (*GCem, GC Corporation*) apresentou valores significativamente mais elevados.

É possível verificar que existe uma tendência para uma menor infiltração nos métodos restauradores indiretos comparativamente aos métodos diretos (2,5% vs 7,5% de infiltração grau 1), sendo que 97,5% das restaurações indiretas e 92% das restaurações diretas não apresentaram qualquer tipo de infiltração em esmalte. Contudo não há diferenças estatisticamente significativas ( $p=.294 > p=.05$ ).

Semelhantes resultados ocorreram na dentina, onde, à semelhança do ocorrido no esmalte, é possível verificar que existe tendência para uma menor infiltração nos métodos restauradores indiretos comparativamente aos métodos diretos (12,5% vs 17,5% de infiltração grau 1 e 10% vs 17,5% de infiltração grau 2). 77,5% das restaurações indiretas e 65% das restaurações diretas não apresentaram qualquer tipo de infiltração em dentina. Contudo, também aqui não se obtiveram diferenças estatisticamente significativas ( $p=.471 > p=.05$ ).

Dejak & Młotkowski (2015) analisaram no seu estudo o *stress* aplicado à camada adesiva e substrato dentário durante a contração de polimerização de diversos protocolos. Nos seus resultados concluem que as restaurações realizadas de forma direta apresentam forças de contração várias vezes superiores às restaurações cujas forças estão apenas associadas à camada de cimentação – no esmalte e dentina, os valores foram cerca de 8 a 14 vezes superiores na técnica de restauração direta. Ainda que estatisticamente não significativas, as diferenças registadas concluem que as forças inerentes à polimerização da camada de cimentação de peças indiretas são várias vezes inferiores às inerentes às restaurações diretas.

Durante o seu estudo, Fruits *et al.* (2006) obteve resultados que demonstram que a técnica indireta apresenta menor microinfiltração marginal do que restaurações com técnica direta e que a infiltração decorreu mais frequentemente nas margens em dentina comparativamente às margens em esmalte. Soares, Celiberto, Dechichi, Fonseca & Martins (2005), Duquia *et al.* (2006), Martins (2010) e Gasôpo Nunes (2015) não encontraram diferenças estatisticamente significativas de microinfiltração entre restaurações diretas e indiretas, mesmo após envelhecimento artificial.

Os objetivos do presente estudo foram integralmente cumpridos, tendo sido feita a análise comparativa da microinfiltração imediata entre restaurações diretas e indiretas, entre resina microhíbrida e *Bulk fill* em utilização com técnica direta e entre *inlays* cimentados com compósito aquecido e cimento de resina. As hipóteses em estudo foram rejeitadas, já que não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre métodos ou substratos.

Pretendeu-se neste estudo realizar uma análise *in vitro* ao comportamento mecânico de quatro protocolos restauradores, assumindo todas as vantagens, desvantagens e limitações do ensaio laboratorial; deverão ser tidas em consideração todas as variáveis associadas ao comportamento dos materiais *in vivo* para uma correta escolha de técnica restauradora e previsão do comportamento clínico do tratamento.

## VII. CONCLUSÃO

A avaliação *in-vitro* do comportamento físico dos materiais restauradores é o método mais comum para a sua avaliação e comparação. Dada a rapidez de introdução no mercado de novos materiais restauradores, é imperativo que os métodos de avaliação das suas propriedades sejam eficazes e de curta duração. Vários autores consideram que apesar de não haver correlação inequívoca entre os resultados observados *in vitro* e *in vivo*, estes são preditivos do comportamento clínico do material.

Os resultados obtidos, ainda que estatisticamente não significativos, sugerem que a microinfiltração imediata é de forma geral superior nas margens cervicais comparativamente às margens em esmalte e nas restaurações diretas face às indiretas. A resina *X-tra fil* aparenta uma maior tendência para a formação de falhas marginais em dentina comparativamente à resina microhíbrida utilizada. As restaurações indiretas parecem apresentar melhor desempenho quando cimentadas com compósito aquecido comparativamente à utilização de cimento, tanto para margens em esmalte como em dentina, interpretação que deverá ser cautelosa pois não se verificaram diferenças estatísticas significativas.

Através do presente ensaio clínico é possível concluir que é deveras previsível que a contração de polimerização, entre outros fatores, é capaz *per se* de induzir falhas na interface adesiva e reduzir a vida útil do tratamento restaurador, podendo em última instância levar a microinfiltração de fluidos, microrganismos e ao desenvolvimento de cárie secundária, perpetuando o ciclo cárie/tratamento restaurador e inerente perda de estrutura dentária. É de salientar ainda assim que as variações inerentes ao operador na aplicação dos materiais restauradores podem influenciar em parte os resultados obtidos.

## **VII.1 Perspectivas Futuras**

Em futuros ensaios laboratoriais, poderá ser considerado:

- Associar os resultados obtidos com protocolos de envelhecimento artificial ou fadiga mastigatória;
- Avaliar o padrão de nanoinfiltração com recurso a microscopia electrónica;
- Comparar a eficácia de penetração de outros marcadores corantes de diferentes tamanhos de partícula, de forma a avaliar a sensibilidade de diferentes soluções;
- Comparar a eficácia de penetração de técnicas de difusão passiva comparativamente à difusão a baixa pressão.

**VIII. BIBLIOGRAFIA**

Al Sunbul, H., Silikas, N., & Watts, D. C. (2016). Polymerization shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites. *Dental Materials*.

Anusavice, K. (2013). Resin-Based Composites. In K. Anusavice, C. Shen & H. Rawls (Eds), *Phillip's Science of Dental Materials* (pp. 48-68). 12ª Edição. St. Louis, Missouri. US: Elsevier

Baltazar, O. (2015). *Cimentação Adesiva – O Estado da Arte*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz

Barabanti, N., Preti, A., Vano, M., Derchi, G., Mangani, F., & Cerutti, A. (2015). Indirect composite restorations luted with two different procedures: A ten years follow up clinical trial. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 7(1), e54-59.

Bayne, S. C., Heymann, H. O. & Swift Jr, E. (1994). Update on dental composite restorations. *JADA*, 125, 687-701

Bayne, S. C., Thompson, J., Y. & Taylor, D. F. (2002). Dental Materials. In T. M. Roberson, H. Heyman & E. J. Swift (Eds.), *Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry* (pp. 190 a 206) 4ª Edição. St. Louis, Missouri, US: Mosby Inc,

Benetti, A. R., et al. (2015). "Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation." *Operative Dentistry* 40(2): 190-200.

Bortolotto, T., Guillarme, D., Gutemberg, D., Veuthey, J., & Krejci, I. (2013). Composite resin vs resin cement for luting of indirect restorations: comparison of solubility and shrinkage behavior. *Dental Materials Journal*, 32(5), 834-838.

- Braga, R. R., Ballester, R. Y., & Ferracane, J. L. (2005). Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dental Materials*, 21(10), 962-970.
- Breschi, L., Ferracane, J., Cadenaro, M., Mazzoni, A., & Hilton, T. (2013). Adhesion to Enamel and Dentin. In T. J. Hilton, J. L. Ferracane, J. C. Broome (Eds.), *Summit's Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach* (pp.207-247 ) 4ª Edição. Hanover Park, Illinois, US: Quintessence.
- Campos, E. A., Ardu, S., Lefever, D., Jasse, F. F., Bortolotto, T., & Krejci, I. (2014). Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, 42(5), 575-581.
- Choi, Y. S., & Cho, I. H. (2010). An effect of immediate dentin sealing on the shear bond strength of resin cement to porcelain restoration. *Journal Advanced Prosthodontics*, 2(2), 39-45.
- Campos, E. A., Ardu, S., Lefever, D., Jassé, F.F., Bortolotto, T., Krejci, I., (2014). "Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites." *Journal of Dentistry* 42(5): 575-581.
- D'Arcangelo, C., Vanini, L., Casinelli, M., Frascaria, M., Angellis, F., Vadini, M., D'Amario, M., (2007). Adhesive cementation of indirect composite inlays and onlays: a literature review. *Compendium* 36, 566-574
- De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M. & Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of Dental Research*, 84(2): 118-132
- Dejak, B., & Mlotkowski, A. (2015). A comparison of stresses in molar teeth restored with inlays and direct restorations, including polymerization shrinkage of composite resin and tooth loading during mastication. *Dental Materials*, 31(3), e77-87.

- Duquia Rde, C., Osinaga, P. W., Demarco, F. F., de, V. H. L., & Conceição, E. N. (2006). Cervical microleakage in MOD restorations: in vitro comparison of indirect and direct composite. *Operative Dentistry*, 31(6), 682-687.
- Dv, R. S., Krishna Alla, R., Ramaraju Alluri, V., & Makv, R. (2014). A Review of Conventional and Contemporary Luting Agents Used in Dentistry. *American Journal of Materials Science and Engineering*, 2(3), 28-35.
- El-Damanhoury, H., & Platt, J. (2014). Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Operative Dentistry*, 39(4), 374-382.
- El-Safty, S., Silikas, N., & Watts, D. C. (2012). Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dental Materials*, 28(8), 928-935.
- Fabianelli, A., Pollington, S., Davidson, C., Cagidiaco, M. & Goracci, C. (2007) The Relevance of Micro-Leakage Studies. *International Dentistry* 9(3), 64-74. Disponível em <http://www.moderndentistrymedia.com>
- Fasbinder, D. J., Neiva, G. & William Robbins, J. (2013). Esthetic Inlays and Onlays. In T. J. Hilton, J. L. Ferracane, J. C. Broome (Eds.), *Summit's Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach* (pp. 501-523) 4ª Edição. Hanover Park, Illinois, US: Quintessence.
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite - state of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29-38.
- Fruits, T. J., Knapp, J. A., & Khajotia, S. S. (2006). Microleakage in the proximal walls of direct and indirect posterior resin slot restorations. *Operative Dentistry*, 31(6), 719-727.

- Furness, A., et al. (2014). "Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites." *Journal of Dentistry* 42(4): 439-449.
- Gale, M., & Darvell, B. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry* 27: 89-99.
- Garcia, D., Yaman, P., Dennison, J., & Neiva, G. (2014). Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Operative Dentistry*, 39(4), 441-448.
- Ilie, N., & Hickel, R. (2011). Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. *Dental Materials*, 27(4), 348-355.
- Katz, A., Rosenwasser, R. & Tamse, A. (1998). Root positioning and leakage to dye in extracted teeth using reduced pressure. *International Endodontic Journal*, 24, 655-658
- Lad, P. P., Kamath, M., Tarale, K., & Kusugal, P. B. (2014). Practical clinical considerations of luting cements: a review. *Journal of International Oral Health: JIOH*, 6(1), 116–120. Disponível em <http://www.ispcd.org/journal-of-international-oral-health.html>
- Leinfelder, K., Suzuki, S. (1999). In vitro wear device for determining posterior composite wear. *JADA*, 130:1347-1353
- Lutz, F., Krejci, I. & Barbakow, F. (1990). Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. *Dental Materials*, 7:107–113.
- Maciel Campos, L. (2001). *Avaliação da Fenda e Microinfiltração Marginal em Restaurações de Classe II de Resina Composta, Usando as Técnicas Direta e Indireta*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Odontologia de Araraquara - Universidade Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil.

- Magne, P., (2005). Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *Journal of Esthetic Restorative Dentistry*, 17:144-155
- Magne P, Belser U. (2002) Try-in And Adhesive Luting Procedures. In P. Magne, U. Belser (Eds.), *Bonded Porcelain Restorations, in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach* (pp 343). 1ª Edição. Chicago, US: Quintessence Books.
- Marshall, G., Marshall, S., Kinney, J. & Balooch, M. (1997). The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *Journal of Dentistry*, 25(6), 441-458.
- Marshall, S. J., Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P., & Marshall, G. W. (2010). A review of adhesion science. *Dental Materials*, 26(2), e11-16.
- Martins, J. P. (2010). *Estudo in vitro da Microinfiltração Marginal entre Restaurações a resina Composta pela Técnica Direta vs Técnica Indireta*. Tese de Mestrado, Instituto superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Portugal.
- Mei, M. L., Chen, Y. M., Li, H., & Chu, C. H. (2016). Influence of the indirect restoration design on the fracture resistance: a finite element study. *Biomedical Engineering Online*, 15, 3.
- Muñoz, M. A., Luque, I., Hass, V., Reis, A., Loguercio, A. D., & Bombarda, N. H. (2013). Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *Journal of Dentistry*, 41(5), 404-411.
- Nunes, S. (2015). *Avaliar a Microinfiltração nas restaurações diretas e indiretas, alterando o sistema adesivo. Estudo in vitro*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz
- Pameijer, C. H. (2012). A review of luting agents. *International Journal of Dentistry*, 2012, 752861.

- Pashley, D. H., Tay, F. R., Breschi, L., Tjaderhane, L., Carvalho, R. M., Carrilho, M., & Tezvergil-Mutluay, A. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 1-16
- Pashley, D.H. (1992). The effects of acid etching on the pulpodentin complex. *Operative Dentistry* 17(6)
- Perdigão, J., (2010). "Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment." *Dental Materials* 26(2): e24-37.
- Peumans, M., Kanumilli, P., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2005). Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dental Materials*, 21(9), 864-881.
- Poggio, C., Chiesa, M., Scribante, A., Mekler, J., & Colombo, M. (2013). Microleakage in Class II composite restorations with margins below the CEJ: In vitro evaluation of different restorative techniques. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e793-e798.
- Shen, C., Primus, C. (2013). Dental Cements. In K. Anusavice, C. Shen & H. Rawls (Eds), *Phillip's Science of Dental Materials* (pp. 307-309). 12<sup>a</sup> Edição. St. Louis, Missouri. US: Elsevier
- Ramaraju Dv, S., Krishna Alla, R., Ramaraju Alluri, V., & Makv, R. (2014). A Review of Conventional and Contemporary Luting Agents Used in Dentistry. *American Journal of Materials Science and Engineering*, 2(3), 28-35.
- Rawls H. & Whang, K. (2013). Resin-Based Composites. In K. Anusavice, C. Shen & H. Rawls (Eds), *Phillip's Science of Dental Materials* (pp. 275-306). 12<sup>a</sup> Edição. St. Louis, Missouri. US: Elsevier
- Rickman, L. J., Padipatvuthikul, P., & Chee, B. (2011). Clinical applications of preheated hybrid resin composite. *British Dental Journal*, 211(2), 63–67.

- Romano Ivens, M. B. (2014). Avaliação da Microinfiltração Marginal em Restaurações Provisórias em Dentes Endodunciados: Estudo *in vitro*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Portugal
- Rosenstiel, Stephen F., Land, Martin F. & Crispin, B. J. (1998). Dental luting agents: a review of the current literature. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 80(3). 280-301
- Rossomando, K. & Wendt, S. L. (1995). Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dental Materials*, 11, 47-51.
- Sakaguchi, R. L., & Powers, J. M. (2012). Materials for adhesion and luting. In Autor (Ed.), *Craig's restorative dental materials* (13a ed., pp. 327–347). Philadelphia, EUA: Mosby Elsevier.
- Sezinando, A. (2014). Looking for the ideal adhesive – A review. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 55(4), 194-206.
- Scotti, N., Comba, A., Gambino, A., Paolino, D. S., Alovisi, M., Pasqualini, D., & Berutti, E. (2014). Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fills flowable resin. *European Journal of Dentistry*, 8(1), 1-8.
- Soares, C. J., Celiberto, L., Dechichi, P., Fonseca, R. B. & Martins, L. R. M. (2005). Marginal integrity and microleakage of direct and indirect composite inlays: SEM and stereomicroscopic evaluation. *Brazilian Oral Research*, 19(4), 295–301.
- Taylor, M. J., & Lynch, E. (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*, 20(1), 3–10.
- Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., Van Meerbeek, B. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757-3785.

- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., & Van Landuyt, K. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 17-28.
- Vargas, M., Bergeron, C., Muchison, D., Roeters, J. & Chan, C.N. (2013). Direct Anterior Restorations. In T. J. Hilton, J. L. Ferracane, J. C. Broome (Eds.), *Summit's Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach* (pp.249-278) 4ª Edição. Hanover Park, Illinois, US: Quintessence.
- Veríssimo, D. M., & do Vale, M. S. (2006). Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *Journal of Oral Science*, 48(3), 93–8.
- Vinagre, A., Ramos, J., Alves, S., Messias, A., Alberto, N., & Nogueira, R. (2016). Cuspal Displacement Induced by Bulk Fill Resin Composite Polymerization: Biomechanical Evaluation Using Fiber Bragg Grating Sensors. *International Journal of Biomaterials*, 2016, 7134283.
- Wagner, W. C., Aksu, M. N., Neme, A. M., Linger, J. B., Pink, F. E., & Walker, S. (2008). Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage. *Operative Dentistry*, 33(1), 72-78.
- Wu MK, & Wesselink, P. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal*, 26(1), 37–43.
- Yoshida, Y., Yoshihara, K., Nagaoka, N., Hayakawa, S., Torii, Y., Ogawa, T., . . . Meerbeek, B. V. (2012). Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. *Journal of Dental Research*, 91(4), 376-381.
- Yu, H., Zheng, M., Chen, R., & Cheng, H. (2014). Proper selection of contemporary dental cements. *Oral Health and Dental Management*, 13(1), 54–9