



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ESTUDO *IN VITRO* DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL DE  
UMA RESINA COMPOSTA FLOWABLE USADA NA ADESÃO DE  
RESTAURAÇÕES INDIRETAS EM RESINA COMPOSTA**

Trabalho submetido por  
**Inês Filipa Fernandes Freire de Sousa Correia**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**outubro de 2018**





**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ESTUDO *IN VITRO* DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL DE  
UMA RESINA COMPOSTA FLOWABLE USADA NA ADESÃO DE  
RESTAURAÇÕES INDIRETAS EM RESINA COMPOSTA**

Trabalho submetido por  
**Inês Filipa Fernandes Freire de Sousa Correia**  
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutora Ana Mano Azul**

e coorientado por  
**Mestre Inês Caetano Santos**

**outubro de 2018**



## Agradecimentos

À Prof. Doutora Ana Mano Azul por todo o apoio e exigência, pela disponibilidade constante, pelo exemplo na procura da excelência, por acreditar em mim e por todo o conhecimento científico que me transmitiu.

À Mestre Inês Caetano Santos por todas as dúvidas esclarecidas, pelo acompanhamento, e dedicação neste trabalho. Por toda a atenção e disponibilidade.

À Cooperativa de Ensino Superior Egas Moniz, na pessoa do Prof. Doutor Mário Polido pela cedência do laboratório e materiais inerentes a este estudo, pela atenção e simpatia com que sempre me recebeu.

Ao Prof. Luís Proença pelo tempo e disponibilidade para o tratamento estatístico e interpretação dos resultados obtidos.

Aos meus pais, por serem o exemplo de amor para toda a minha vida, por tudo o que me ensinaram, pela paciência e alegria constantes, por me tornarem na pessoa que sou hoje, por construírem o chão onde agora posso andar e por me darem força para acreditar.

Aos meus irmãos, tios e avós, por partilharem as minhas conquistas e fracassos, por todo o orgulho, por viverem tudo comigo, e pelo porto seguro que são para mim.

Ao Diogo, por ser o meu melhor amigo. Por ser um exemplo para mim, por todo o respeito, apoio e paciência infinita, por me fazer rir todos os dias, por estar sempre ao meu lado, por fazer parte da minha vida há 10 anos, por me ouvir e guiar e por me fazer ser o melhor de mim.

À Kika e à Maria, amigas de sempre, por me mostrarem que “Deus escolhe os seus melhores soldados para as piores batalhas”, que a amizade não se conta por números de dias, mas pelos momentos vividos. Obrigada por estarem sempre aqui, até velhinhas.

À Carlota e à Marta pela maneira como foram “deixadas cair” no meu caminho como que de propósito, por toda a força e companhia em todas as horas, por me mostrarem que tudo é possível, e por tornarem cada situação numa aventura.

Às Vegas, por cada uma de vocês, pelos dons de cada uma, por tudo o que vivemos. Por me terem ajudado a crescer. Por me mostrarem que nada acontece por acaso e que os amigos são a família que nós escolhemos, com as coisas boas e as menos boas. Sem vocês nada tinha sido igual.

Ao António, por seres um exemplo de humildade e bondade do tamanho da tua altura. Por tudo o que me ensinaste, por seres muito mais que um Google, por viveres comigo quatro anos inacreditáveis de serviço e entrega, e pelo amigo que me é tão querido em que te tornaste.

Ao Rodrigo, pelas longas conversas, pelas oportunidades, e por toda a ajuda moral e fotográfica.

À Missão Pais Egas Moniz, por me fazer crescer em santidade e humildade, pelo caminho que me mostrou, pelos amigos incríveis que pôs ao meu lado durante os últimos 5 anos, por cada pessoa, momento ou sítio onde me levou, e por me trazer Deus para a faculdade.

A Deus e a Nossa Senhora por Serem Os Pilares da minha vida, pelos dons que recebo ao longo da minha vida, por todas as pessoas que foram postas no meu caminho, por serem a certeza de que “A paciência tudo alcança – quem a Deus tem, nada lhe falta”. Só me resta agradecer.



## Resumo

**Introdução:** A Medicina Dentária conservadora tem vindo a substituir os procedimentos invasivos tradicionais por restaurações aderidas minimamente invasivas. As resinas flowable têm vindo a ser uma opção clínica no processo adesivo destas restaurações.

**Objetivos:** Avaliar, *in vitro*, a *microinfiltração* marginal de restaurações indiretas aderidas com resina composta *flowable*, comparando-a a diferentes agentes comerciais.

**Materiais e Métodos:** Trinta molares humanos hígidos foram selecionados e distribuídos de forma aleatória por três grupos experimentais (n=10) de acordo com o agente de cimentação adesiva utilizado: cimento de resina Bifix<sup>®</sup> QM (VOCO) (1), resina composta aquecida Z100<sup>™</sup> MP Restorative (3M ESPE<sup>®</sup>) (2) e resina composta *flowable* Grandio<sup>®</sup>SO Flow (VOCO) (3). Foram realizadas cavidades classe V padronizadas e efetuado IDS com Optibond<sup>™</sup> FL (Kerr). Recorrendo à técnica semi-direta, foram executadas as restaurações com resina Grandio<sup>®</sup>SO (VOCO). Após 24h procedeu-se à preparação das superfícies e cimentação de acordo com cada grupo. Todas as amostras foram sujeitas a acabamento e polimento das margens, e armazenadas em água destilada numa estufa a 37°C, durante 24 horas. Os trinta dentes foram submetidos a 500 ciclos de termociclagem a 5 e 55°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), com a duração de 30 segundos cada. Concluído o envelhecimento térmico, as amostras foram seladas emersas em Fucsina básica a 0,5% durante 4 horas. Cada amostra foi seccionada no sentido ocluso-cervical, observada a *microinfiltração* na margem oclusal e cervical com microscópio (10X), e classificada de acordo com a ISO/TS 11405:2015. A análise estatística foi efetuada recorrendo ao *Kruskal-Wallis* e análise binomial ( $p \leq 0,05$ ).

**Resultados:** Não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes grupos testados na distribuição de *scores* de *microinfiltração*. Todos os grupos registaram maior ocorrência de *microinfiltração* na margem cervical. As taxas de sucesso são material e margem dependentes.

**Conclusão:** A *microinfiltração* das restaurações com a técnica semi-direta ocorre de maneira semelhante entre os diferentes materiais testados.

**Palavras-chave:** *microinfiltração*; restauração indireta; técnica semi-direta; resina *flowable*;



## **Abstract**

**Introduction:** Conservative dentistry has been replacing traditional invasive procedures with minimally invasive adhesive restorations. Flowable composites have become a clinical option for luting these restorations.

**Objectives:** The aim of this in vitro study was to evaluate and compare the microleakage of indirect restorations luted with a flowable composite and different luting agents.

**Materials and methods:** Thirty human molars were obtained and divided into 3 groups (n=10) according to the luting agent: resin cement Bifix<sup>®</sup> QM (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) (1), pre-heated composite resin Z100<sup>™</sup> MP Restorative (3M ESPE<sup>®</sup>) (2) and flowable composite Grandio<sup>®</sup>SO *Flow* (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) (3). Standardized class V cavities were prepared in the buccal surface and IDS was applied with Optibond<sup>™</sup> FL (Kerr). Composite restorations were made with semi-direct technique with Grandio<sup>®</sup>SO (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany). After 24h cavities and restorations were pre-treated and adhesively luted according to the groups. After finishing and polishing specimens were stored in distilled water at 37°C for 24h. Teeth were thermocycled for 500 cycles at 5-55°C with 30 seconds of dwell time and 5 second transfer time. After thermal aging teeth were sealed and immersed in 0,5% basic Fuchsine dye for 4 hours. Each specimen was sectioned vertically and microleakage was assessed and classified for both occlusal and gingival margins using a microscope according to the ISO/TS 11405:2015. The results were statistically analyzed by Kruskal-Wallis test and binomial data analysis.

**Results:** There were no significant differences in microleakage values between tested groups. All of the groups scored more leakage in gingival margins. The proportion of success revealed as being material and margin dependent.

**Conclusion:** Microleakage occurred in composite restorations made semi-directly the same way among the different materials tested.

**Key-words:** microleakage; indirect restoration; semidirect technique; flowable composite;



## Índice

<b>I.</b>	<b>Introdução Teórica .....</b>	<b>7</b>
	<b>1. Princípios de Adesão .....</b>	<b>7</b>
	1.1 Conceito .....	7
	1.2 Sistemas Adesivos .....	7
	1.3 Adesão ao Esmalte .....	8
	1.4 Adesão à dentina .....	10
	1.5 <i>Immediate Dentin Sealing</i> (IDS) .....	13
	1.5.1 Conceito .....	13
	1.5.2 Metodologia da Técnica .....	14
	<b>2. Resinas Compostas .....</b>	<b>15</b>
	2.1 Composição .....	15
	2.2 Classificação .....	17
	<b>3. Restaurações Indiretas em Resina Composta .....</b>	<b>19</b>
	3.1 Conceito .....	19
	3.2 Vantagens e Desvantagens .....	20
	3.3 Indicações .....	21
	3.4 Procedimento Clínico .....	21
	<b>4. Cimentação Adesiva .....</b>	<b>23</b>
	<b>5. Materiais de Cimentação .....</b>	<b>23</b>
	5.1 Cimento de Resina .....	23
	5.2 Resina Composta Aquecida .....	25
	5.3 Resina Composta <i>Flowable</i> .....	26
	<b>6. <i>Microinfiltração Marginal</i> .....</b>	<b>27</b>
	6.1 Conceito .....	27
	6.2 Avaliação da <i>Microinfiltração</i> .....	28
	6.3 Termociclagem .....	31
<b>I.</b>	<b>Objetivos do estudo .....</b>	<b>33</b>
<b>II.</b>	<b>Hipóteses de Estudo .....</b>	<b>33</b>
<b>III.</b>	<b>Materiais e Métodos .....</b>	<b>34</b>
	<b>1. Amostra de estudo .....</b>	<b>34</b>
	<b>2. Materiais de estudo .....</b>	<b>35</b>
	<b>3. Protocolos de preparação das amostras .....</b>	<b>38</b>
<b>IV.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>49</b>

<b>V.</b>	<b>Discussão .....</b>	<b>55</b>
<b>VI.</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>63</b>
	<b>1. Relevância clínica .....</b>	<b>63</b>
	<b>2. Perspetivas futuras .....</b>	<b>64</b>
<b>VII.</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>65</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Componentes da estrutura dentária - esmalte, dentina e polpa (A); corte longitudinal da camada de esmalte, com exposição dos prismas e superfície regular (B); superfície de esmalte após condicionamento ácido (C) e (D) – setas representam prismas de esmalte (adaptado de Nanci, 2012). ....	9
<b>Figura 2</b> - (1) Adesão ao esmalte (adaptado de Sezinando, 2014); (2) Interface resina composta-esmalte: C – resina composta, A – <i>bond</i> , E - esmalte (adaptado de Li et al., 2006) .....	10
<b>Figura 3</b> - (A) Imagem ilustrativa da <i>smear layer</i> e de <i>smear plug</i> (SEM), adaptado de Sezinando (2014); Dentina após condicionamento ácido com fibras de colagénio hidratadas (B) e desidratadas (C) (adaptado de Perdigão et al., 2018). ....	11
<b>Figura 4</b> - Adesão à dentina com sistema adesivo <i>etch and rinse</i> (adaptado de Perdigão et al., 2018). ....	12
<b>Figura 5</b> - (1) Interface adesiva resina composta-dentina (adaptado de Perdigão et al., 2013); (2) C - resina composta, H – camada híbrida, D – dentina (adaptado de Li et al., 2006) .....	13
<b>Figura 6</b> - Superfície dentária antes e após IDS (adaptado de Magne & Nielsen, 2009)	14
<b>Figura 7</b> - Estrutura molecular de monómeros (adaptado de Gajewski et al., 2012). ....	17
<b>Figura 8</b> - Classificação de restaurações dentárias (adaptado de Alharbi et al., 2014) ...	21
<b>Figura 9</b> - Sinais e sintomas associados à polimerização de contração (adaptado de Soares et al., 2017) .....	28
<b>Figura 10</b> - Representação de um dente da amostra selecionada .....	35
<b>Figura 11</b> - Protocolo de execução de cavidade padronizadas classe V .....	38
<b>Figura 12</b> - Protocolo de <i>Immediate Dentin Sealing</i> (IDS), de acordo com Magne et al. (2011). ....	39
<b>Figura 13</b> - Execução de restauração em resina composta através da técnica semi-direta .	40
<b>Figura 14</b> - Execução de restauração em resina composta através da técnica semi-direta ..	41

<b>Figura 15</b> - Cimentação de restauração em resina composta através de acordo com os diferentes materiais. ....	42
<b>Figura 16</b> – Selamento e corte das amostras .....	46
<b>Figura 17</b> – Metades adjacentes do corte dos dentes .....	47
<b>Figura 18</b> – Exemplo de diferentes graus de microinfiltração observados .....	49

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Classificação de resinas compostas (adaptado de Donovan et al., 2018; Ferracane, 2010) .....	18
<b>Tabela 2</b> - Materiais utilizados e respectivas composições químicas, fabricantes, lotes e validades .....	36
<b>Tabela 3</b> - Produtos utilizados e respectivos fabricantes .....	37
<b>Tabela 4</b> - Grupo 1 - cimento de resina Bifix <sup>®</sup> QM (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) .....	43
<b>Tabela 5</b> - Grupo 2 - resina composta aquecida Z100 <sup>™</sup> MP Restorative (3M ESPE <sup>®</sup> , St. Paul, EUA) .....	44
<b>Tabela 6</b> - Grupo 3 - resina composta <i>flowable</i> Grandio <sup>®</sup> SO Flow (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) .....	45
<b>Tabela 7</b> - Resultados de microinfiltração obtidos para os diferentes grupos. ....	48
<b>Tabela 8</b> - Análise diferencial de acordo com a frequência, percentagem por grupo, e percentagem total de infiltração, para a margem oclusal, entre os diferentes grupos de estudo. ....	52
<b>Tabela 9</b> - Análise diferencial de acordo com a frequência, percentagem por grupo, e percentagem total de infiltração, para a margem cervical, entre os diferentes grupos de estudo. ....	52
<b>Tabela 10</b> - Teste de Kruskal-Wallis de amostras independentes – margem oclusal ....	52
<b>Tabela 11</b> - Teste de Kruskal-Wallis de amostras independentes – margem cervical ...	53

## Índice de Gráficos

<b>Gráfico 1</b> – Distribuição da microinfiltração para as margens oclusal e cervical, do grupo 1, de acordo com a classificação atribuída. ....	51
<b>Gráfico 2</b> – Distribuição da microinfiltração para as margens oclusal e cervical, do grupo 2, de acordo com a classificação atribuída. ....	51
<b>Gráfico 3</b> – Distribuição da microinfiltração para as margens oclusal e cervical, do grupo 3, de acordo com a classificação atribuída. ....	51
<b>Gráfico 4</b> - Análise binomial da margem oclusal e cervical do grupo 1 .....	53
<b>Gráfico 5</b> - Análise binomial da margem oclusal e cervical do grupo 2 .....	54
<b>Gráfico 6</b> - Análise binomial da margem oclusal e cervical do grupo 3 .....	55

## **Lista de Siglas e Abreviaturas**

**3-MPS** - 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano

**BDH** - banco de Dentes Humanos

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

**Bis-EMA** - dimetacrilato de etoxilato bisfenol-A

**C-Factor** - fator de configuração

**CAD/CAM** - *Computer-aided Desing/ Computer-aided Manufacturing*)

**CUEM** - Clínica Universitária Egas Moniz

**HEMA** - metacrilato de hidroxietil

**IDS** - selamento imediato da dentina

**ISO** - *International Standards Organization*

**IUEM** - Instituto Universitário Egas Moniz

**JAC** - junção amelo-cementária

**Kg** - kilograma

**Micro-CT** - tomografia micro-computorizada

**mm** - milímetro

**nm** - nanómetro

**OCT** - tomográfica de coerência ótica

**SEM** - microscopia eletrónica de varrimento

**SPSS** - *Statistical Package for the Social Sciences*

**TEM** - microscopia eletrónica de transmissão

**UDMA** - dimetacrilato de uretano

**µm** - micrómetro



I. Introdução Teórica

**1. Princípios de Adesão**

**1.1. Conceito**

Adesão é definida como “o estado no qual duas superfícies estão unidas uma à outra através de forças ao nível da interface que podem consistir em forças de valência, intermoleculares ou ambas” (Packham, 1992, pg. 19)

Em Medicina Dentária a adesão à estrutura dentária de materiais à base de resina pode ocorrer devido a três mecanismos principais ou como resultado da combinação entre eles. Sendo estes: mecânico – em que a integração de monómeros na superfície dentária forma *resin tags*; químico – através de ligações químicas entre componentes orgânicos ou inorgânicos dos tecidos dentários; ou difusão – em que ocorre precipitação de substâncias a que os componentes da resina se conseguem ligar mecânica ou quimicamente (Perdigão, Reis, & Loguercio, 2013).

A adesão dentária é influenciada por fatores como a limpeza e preparação das superfícies, a irregularidades das mesmas, o ângulo de contacto e a molhabilidade, a fluidez e viscosidade dos adesivos utilizados e a resistência à separação e solidificação destes (Marshall, Bayne, Baier, Tomsia, & Marshall, 2010).

A estrutura microscópica de duas superfícies em contacto apresenta irregularidades em cada um delas. Para que se unam é necessário a presença de um adesivo (D’Arcangelo et al., 2015). Para garantir uma ligação estreita entre as duas superfícies o adesivo deve apresentar tensão de superfície baixa, e o substrato uma energia de superfície alta (Perdigão et al., 2013). A adesão à estrutura dentária deve garantir resistência e selamento das margens entre o dente e o material restaurador (Armstrong et al., 2017)

**1.2. Sistemas Adesivos**

Para o tratamento da superfície dentária são utilizados sistemas adesivos. Na sua composição têm três componentes básicos: o ácido ortofosfórico a 35-37%, o *primer* e o *bond* ou adesivo (Naumova, Ernst, Schaper, Arnold, & Piwowarczyk, 2016). O primeiro

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

corresponde a um ácido orgânico com a função de desmineralizar a superfície, dissolver os cristais de hidroxiapatite e aumentar a energia de superfície. O segundo contém moléculas bifuncionais, hidrofílicas e hidrofóbicas, na presença de álcool, acetona ou água, responsável por aumentar a molhabilidade do substrato. O terceiro inclui monómeros hidrofóbicos como o Bis-GMA, e monómeros hidrofílicos em menores percentagens como o HEMA, que facilitam a infiltração da resina na superfície desmineralizada e, ao incorporar o substrato tratado, formam uma estrutura adesiva (Bedran-Russo, Leme-Kraus, Vidal, & Teixeira, 2017; D’Arcangelo et al., 2015).

Os sistemas adesivos podem dividir-se em duas categorias: *etch and rinse* ou *self-etch* (D’Arcangelo et al., 2015).

O *etch and rinse* apresenta sempre o ácido em separado, estando disponível em sistemas de três passos ou de dois passos. O de dois passos difere do primeiro por suprimir a última camada hidrofóbica de *bond*. Assim sendo, o *primer* e o *bond* encontram-se juntos, contendo solventes e componentes hidrofílicos característicos do *primer*, e monómeros hidrofóbicos do adesivo (Bedran-Russo et al., 2017).

Os sistemas *self-etch* podem ser utilizados em dois passos ou um passo apenas. Nos primeiros existe um *primer* ácido separado do *bond*, e nos segundos os três componentes encontram-se juntos num só frasco. O facto do ácido não ser removido e, por isso, a *smear layer* ser dissolvida e incorporada na camada híbrida, corresponde à principal diferença deste sistema, que resulta na formação de uma camada mais fina e irregular. A eliminação de passos intermédios como a lavagem ou secagem, reduz a possibilidade de ocorrer desidratação ou excesso de água na interface adesiva (D’Arcangelo et al., 2015).

### 1.3. Adesão ao Esmalte

A adesão comporta-se de forma distinta de acordo com o substrato dentário em questão, esmalte ou dentina (Figura 1A). O esmalte é composto por aproximadamente 96% de hidroxiapatite e 3% de água, apresentando uma quantidade de matriz orgânica muito reduzida, cerca de 1%, o que o torna um tecido altamente mineralizado (Nanci, 2012). Os

## Introdução Teórica

crístais de matéria mineral encontram-se dispostos de forma perpendicular numa estrutura organizada, desde a junção amelo-dentinária até à superfície do esmalte, onde se distingue uma camada regular (Figura 1B). A natureza do esmalte torna-o num tecido estável e, por isso, previsível durante a adesão (Bedran-Russo et al., 2017).



Figura 14 - Componentes da estrutura dentária - esmalte, dentina e polpa (A); corte longitudinal da camada de esmalte, com exposição dos prismas e superfície regular (B); superfície de esmalte após condicionamento ácido (C) e (D) – setas representam prismas de esmalte (adaptado de Nanci, 2012).

O condicionamento ácido é responsável pela criação de microporosidades no esmalte, tornando-o irregular e, assim, aumentando a sua energia de superfície. Este fenómeno ocorre devido à remoção de uma camada superficial composta por detritos e esmalte, expondo os cristais de hidroxiapatite, que sofrem dissolução (Figura 1C e 1D) (Nanci, 2012). Quando um material entra em contacto com esta, os monómeros são capazes de penetrar nas irregularidades e, ao polimerizarem, estabelecem uma interligação com o esmalte, que corresponde à ligação micromecânica (Bedran-Russo et al., 2017). A formação destes *microtags* de resina constitui a base da adesão ao esmalte (Figura 2) (Perdigão, Walter, Míguez & Swift, 2018).

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

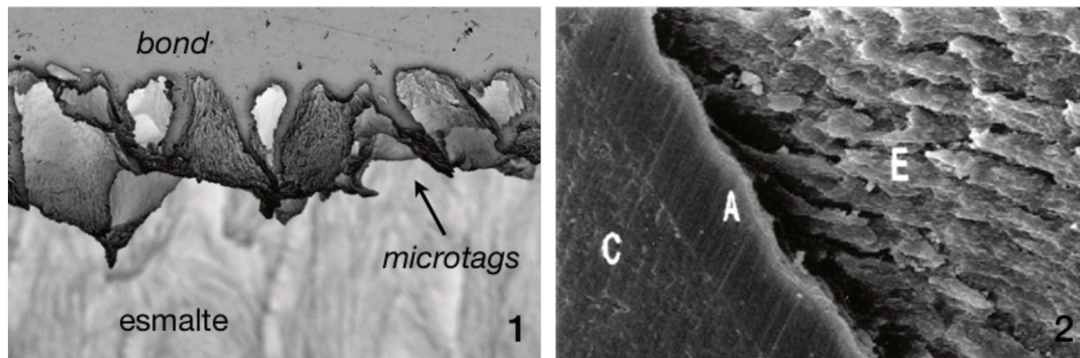


Figura 15 - (1) Adesão ao esmalte (adaptado de Sezinando, 2014); (2) Interface resina composta-esmalte: C – resina composta, A – bond, E - esmalte (adaptado de Li et al., 2006)

### 1.4. Adesão à Dentina

A dentina integra na sua composição água (10%), matéria orgânica (20%) e conteúdo mineral (70%), sendo um tecido naturalmente hidratado (Goldberg, 2011; Nanci, 2012)

Desde a polpa até à junção amelo-dentinária estendem-se túbulos dentinários, limitados por dentina peritubular. Estes encontram-se envolvidos por dentina intertubular, que é rica em fibras de colagénio tipo I, importantes para a adesão a este substrato (Bedran-Russo et al., 2017; Spencer et al., 2011).

A espessura da camada de dentina exposta no preparo de uma cavidade pode influenciar a adesão, uma vez que o número de túbulos dentinários aumenta com a proximidade à polpa e, conseqüentemente, a resistência adesiva diminui, devido a um aumento da permeabilidade (Sezinando, 2014).

A permeabilidade da superfície de dentina corresponde a um dos problemas da adesão a este substrato, uma vez que o conteúdo fluido, composto por água e líquido intersticial, dificulta a ligação dos monómeros de resina que são hidrofóbicos (Bedran-Russo et al., 2017; Sezinando, 2014).

Ao contrário do esmalte, em que o mecanismo de adesão fundamental é mecânico devido ao elevado conteúdo mineral, na dentina pode ocorrer de forma mecânica, química ou um conjunto das duas (Perdigão, Walter, Miguez & Swift, 2018).

## Introdução Teórica

Durante a preparação dos tecidos dentários forma-se uma camada de detritos orgânicos e inorgânicos residuais, maioritariamente hidroxiapatite e colagénio desnaturado, denominada *smear layer*. Esta camada ao preencher os orifícios dos túbulos dentinários, cria os *smear plugs* (Figura 3A). Apesar de diminuírem a permeabilidade da dentina, impedem a exposição das fibras de colagénio necessárias para a adesão e, por isso, devem ser removidos ou modificados quimicamente (Spencer et al., 2011).

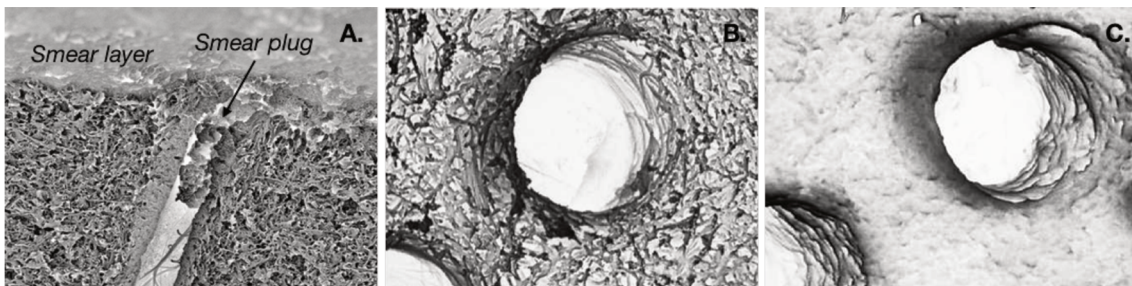


Figura 16 - (A) Imagem ilustrativa da *smear layer* e de *smear plug* (SEM), adaptado de Sezinando (2014); Dentina após condicionamento ácido com fibras de colagénio hidratadas (B) e desidratadas (C) (adaptado de Perdigão et al., 2018).

Ao efetuar o condicionamento ácido, ocorre exposição da rede de fibras de colagénio, tornando possível a integração de monómeros presentes nos materiais resinosos (Bedran-Russo et al., 2017).

O condicionamento ácido na dentina é responsável pela remoção total ou parcial da *smear layer*, desmineralização da dentina peritubular e intertubular, aumentando a sua microporosidade, desobstrução dos túbulos dentinários e exposição das fibras de colagénio (Figura 3B). A redução no conteúdo de hidroxiapatite constitui um efeito indesejado, uma vez que esta tem energia de superfície elevada, e o colagénio que fica à superfície tem baixa energia de superfície (Perdigão, Walter, Miguez & Swift, 2018).

Para que possa ocorrer infiltração de resina na rede de colagénio, é necessário que a cavidade em dentina se encontre relativamente húmida para a colocação do sistema adesivo, de forma a manter o espaço existente entre as fibras de colagénio expostas, evitando o seu colapso. Quando o líquido que envolve o colagénio evapora, este colapsa, levando ao desaparecimento das microporosidades existentes entre as fibras intertubulares que se encontram à superfície (Figura 3C). O *wet bonding* corresponde a

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

uma técnica sensível, uma vez que o excesso de água na superfície impede a adesão (Bedran-Russo et al., 2017; Spencer et al., 2011).

O *primer* associa-se às fibras de colagénio e restabelece a energia de superfície de forma a tornar-se compatível com os materiais restauradores hidrofóbicos (Perdigão et al., 2013).

A incorporação do *primer* e do *bond* na dentina intertubular forma uma matriz interligada denominada camada híbrida (Figura 4) – composta por colagénio, monómeros de resina, hidroxiapatite residual, e vestígios de água – e a polimerização dos prolongamentos de resina no interior dos túbulos dentinários origina *resin tags* (Figura 5-1) (Nakabayashi & Pashley, 1998; Perdigão et al., 2013).

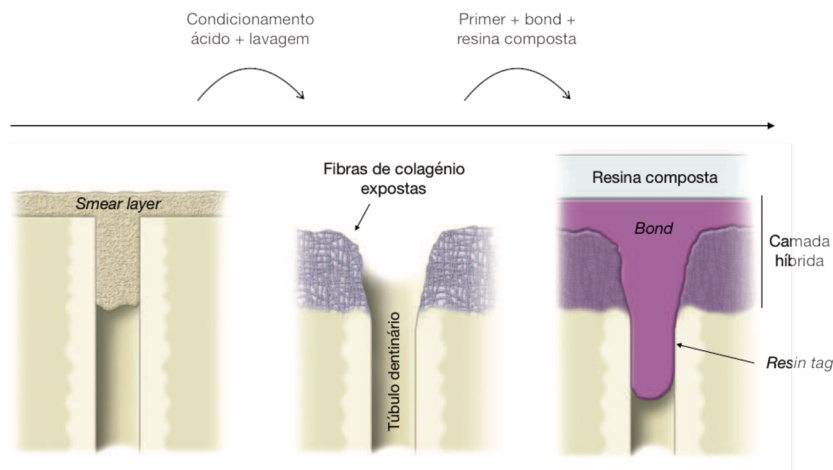


Figura 17 - Adesão à dentina com sistema adesivo *etch and rinse* (adaptado de Perdigão et al., 2018).

A camada híbrida tem a capacidade de selar a dentina e compensar a tensão causada pela polimerização de contração das resinas e, conseqüentemente, prevenir o aparecimento de sensibilidade pós-operatória e de cáries secundárias (Figura 5-2) (Rohr & Fischer, 2017).

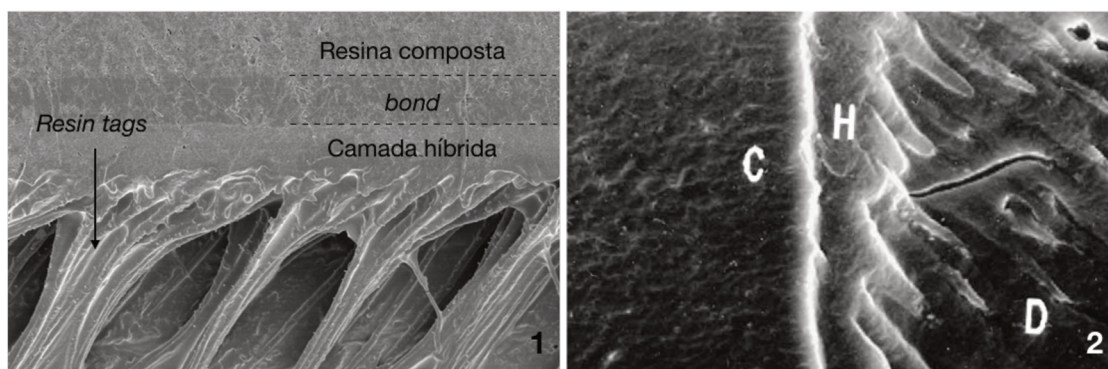


Figura 18 - (1) Interface adesiva resina composta-dentina (adaptado de Perdigão et al., 2013); (2) C - resina composta, H - camada híbrida, D - dentina (adaptado de Li et al., 2006)

## 1.5. Immediate Dentin Sealing (IDS)

### 1.5.1. Conceito

O preparo de uma cavidade para a adesão de uma restauração indireta, pode envolver paredes em dentina, havendo exposição dos túbulos dentinários. Estes funcionam como uma entrada para o complexo dentino-pulpar, podendo resultar em sensibilidade e infiltração bacteriana (Murata, Maseki, & Nara, 2018).

Com a utilização de materiais de impressão e provisórios desde a preparação dos tecidos dentários até à colocação final da peça protética, pode ocorrer contaminação da superfície exposta (Oliveira, Mota, Borges, Burnett & Spohr, 2014).

O princípio de adesão à dentina baseia-se na formação de uma camada de interdifusão de monómeros nos tecidos duros, denominada camada híbrida (Magne, Kim, Cascione, & Donovan, 2005). Os sistemas adesivos interagem melhor com a dentina exposta antes de sofrer contaminação (Oliveira et al., 2014). A polimerização da resina infiltrada forma uma ligação estrutural, fortalecendo a adesão (Magne, So, & Cascione, 2007; Qanungo et al., 2016).

A aplicação imediata de um adesivo para cobrir as superfícies expostas de dentina, foi proposta em 1990, com o nome de *immediate dentin sealing* (IDS: selamento imediato da dentina) (Figura 6) (Magne et al., 2005; Magne & Nielsen, 2009).

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

A técnica do IDS previne a infiltração de bactérias e a sensibilidade na dentina durante a fase provisória do tratamento (D'Arcangelo et al., 2015; Magne et al., 2005). A redução da sensibilidade pós-operatória permite que a cimentação da peça definitiva seja feita com pouca ou mesmo na ausência de anestesia, facilitando conseqüentemente o ajuste oclusal (Magne et al., 2007).

A utilização do IDS está associada a um aumento da resistência adesiva e da adaptação interna e marginal da restauração ao dente (Magne & Nielsen, 2009). Com o selamento imediato da dentina é possível que a adesão ao esmalte seja posteriormente feita em separado, com o condicionamento seletivo num ambiente seco (Magne et al., 2007).

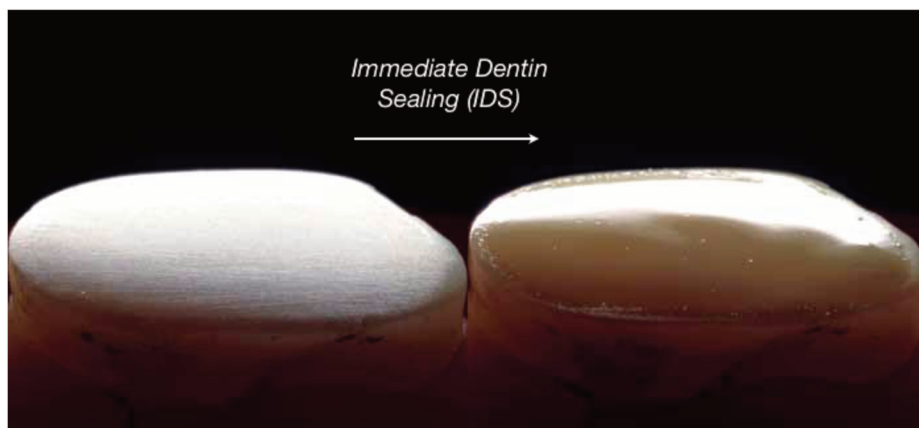


Figura 19 - Superfície dentária antes e após IDS (adaptado de Magne & Nielsen, 2009)

### 1.5.2. Metodologia da Técnica

Para a aplicação da técnica é necessária uma correta identificação das áreas de dentina exposta, que apresenta um aspeto mais brilhante contrastando com o esmalte. Deve ser dada especial atenção à profundidade da preparação, uma vez que a camada de adesivo irá ocupar um espaço adicional (Magne et al., 2005).

O procedimento descrito poderá ser efetuado com sistemas adesivos *etch and rinse* ou *self-etch*, ainda que os resultados obtidos com os primeiros sejam melhores a longo prazo devido à formação de uma camada de resina hidrofóbica e mais uniforme (Magne et al., 2007).

O sistema adesivo selecionado deve ser utilizado de acordo com as instruções do fabricante. Os tempos de fotopolimerização podem variar de acordo com a intensidade do aparelho utilizado. Ainda assim, a técnica descrita por Magne et al., em 2005 sugere a utilização de um sistema *etch and rinse* de três passos da seguinte forma: condicionamento da dentina com ácido ortofosfórico a 37,5% durante 15 segundos (imediatamente após o corte de forma a evitar contaminação pela saliva ou sangue), lavagem abundante e secagem por 5 segundos, aplicação do *primer* com movimentos suaves durante 30 segundos, secar novamente durante 5 segundos, aplicar *bond* repetindo os movimentos, durante 15 segundos e aplicação ligeira de ar por 3 segundos de forma a distribuir de forma homogênea, fotopolimerizar durante 20 segundos, aplicação de glicerina como barreira para o oxigênio, e nova fotopolimerização por 10 segundos de forma a polimerizar a camada inibida pelo oxigênio que se forma à superfície do *bond* (Magne et al., 2005). Esta camada pode ter uma espessura até 40µm, e ocorre devido à inibição de radicais presentes na resina responsáveis pela indução da polimerização, resultando numa taxa de conversão reduzida (Magne & Nielsen, 2009)

O IDS associado à técnica de restaurações indiretas sugere um intervalo de tempo entre a preparação e a cimentação final, permitindo que a camada de adesão à dentina se forme sem estar sujeita a forças constantes, havendo dissipação do *stress* residual de forma gradual. Este fator contribui para uma melhor adaptação da restauração (Dietschi, Monasevic, Krejci, & Davidson, 2002; Magne et al., 2005).

## **2. Resinas Compostas**

### **2.1. Composição**

Os materiais de resina composta foram introduzidos em medicina dentária em 1955 e foram evoluindo ao longo dos últimos 50 anos, de forma a melhorar o desempenho clínico e o potencial estético dos mesmos (Donovan et al., 2018). Com base na sua formulação comum, foi possível obter resinas compostas com diferentes características, adaptadas às necessidades clínicas atuais (Ferracane, 2011).

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Os seus principais componentes são partículas de carga inorgânica, uma matriz polimérica orgânica, um agente de ligação e promotores da reação de polimerização. Variações em cada um destes elementos justificam as extensas indicações das resinas compostas (Ferracane, 2011).

As partículas de carga inorgânica diferem em tamanho, forma e quantidade (Matinlinna, Lung, & Tsoi, 2018). São essencialmente compostas por quartzo e sílica. A sua integração na matriz confere ao material melhores propriedades físicas. Quando aumentada a quantidade de partículas inorgânicas, a força do material aumenta e reduz a contração de polimerização. Quanto menor o tamanho das partículas, melhor resistência ao desgaste, e maior a capacidade de polimento, e da preservação do mesmo (Donovan, Sulaiman, Oliveira, Bayne & Thompson, 2018). Ainda assim, este aumento da carga inorgânica tem um limite a partir do qual o material se torna demasiado viscoso para o uso clínico (Vargas, Bergeron, Muchison, Roeters & Chan, 2013).

A matriz orgânica tem como monómero de base o dimetacrilato de bisfenol-A-glicidil (Bis-GMA), o dimetacrilato de etoxilato bisfenol-A (Bis-EMA), o dimetacrilato de uretano (UDMA) ou uma combinação entre estes (Ferracane, 2011; Zimmerli, Strub, Jeger, Stadler, & Lussi, 2010). De forma a equilibrar a viscosidade da matriz, frequentemente são adicionados co-monómeros de diferente peso molecular, tais como o TEGDMA e o HEMA (Skrtic & Antonucci, 2007), que ao serem incluídos na matriz aumentam a absorção de água, permitindo a incorporação de uma maior quantidade de partículas inorgânicas (Gajewski, 2012) (Figura 7).

## Introdução Teórica

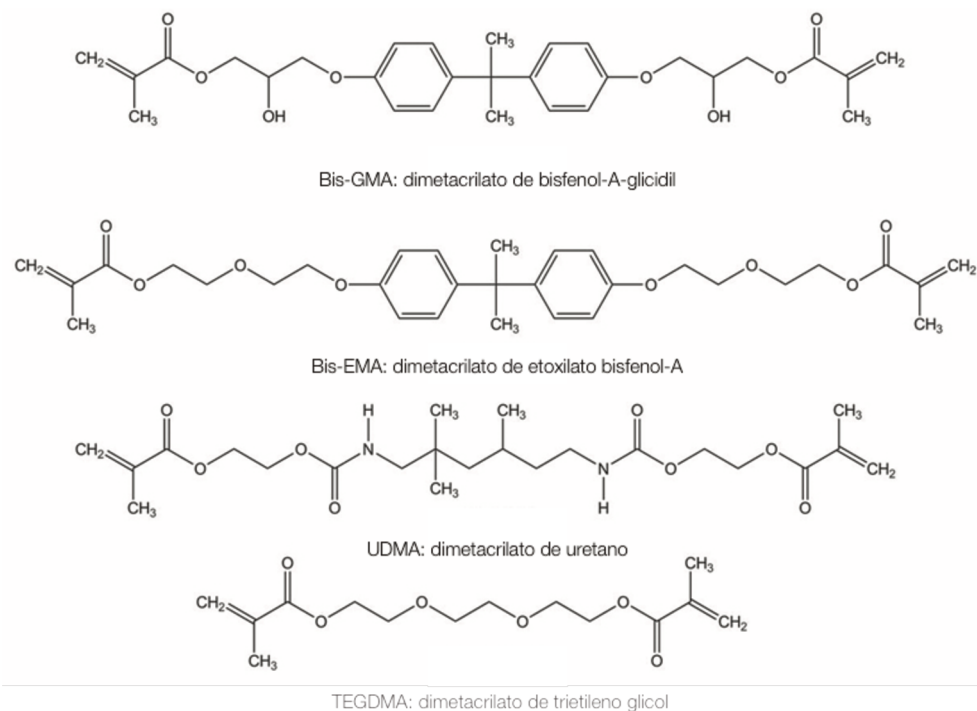


Figura 20 - Estrutura molecular de monómeros (adaptado de Gajewski et al., 2012).

O agente de ligação silano é responsável pela incorporação das partículas inorgânicas na matriz orgânica através de uma ligação química que permite que se forme uma massa coesa, evitando a existência de partículas livres na periferia, onde preferencialmente ocorre o desgaste (Vargas et al., 2013).

O tempo de trabalho destes materiais depende do tipo de reação de polimerização que possuem. Adquirindo a classificação de autopolimerizáveis ou de fotopolimerizáveis (Donovan et al., 2018). Na primeira a reação é ativada quimicamente, com a mistura de dois componentes, na segunda ocorre através da exposição à luz, com comprimentos de onda específicos, para ativar a molécula de canforoquinona, que funciona como iniciador (Vargas et al., 2013). A combinação dos dois fenômenos permite que a reação se dê na presença de luz, e que continue lentamente na ausência da mesma – sendo ideal para materiais usados em cimentação (Donovan et al., 2018).

### 2.2. Classificação

Com as diferentes composições surgem várias categorias de resinas compostas, podendo ser agrupadas de acordo com o tipo de reação de polimerização, com o tamanho das

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

partículas de carga inorgânica, ou considerando a consistência que apresentam (Donovan et al., 2018; Ferracane, 2011).

**De acordo com a reação de polimerização:** autopolimerizáveis – com tempo de trabalho limitado e pouca estabilidade de cor a longo prazo, devido à presença de aminas terciárias que tendem a pigmentar de amarelo ou laranja; fotopolimerizáveis – permitem que o tempo de trabalho seja determinado pelo operador; ou dual – conjuga a ativação química com a exposição à luz (Ferracane, 2011);

**De acordo com o tamanho das partículas de carga inorgânica:** Segundo Donovan et al (2018) e Ferracane (2011), a divisão das resinas pelo tamanho e pela percentagem de carga corresponde à descrita na Tabela 1.

As primeiras, macroparticuladas, devido à sua elevada carga, apresentavam-se duras, mas com pouca resistência ao desgaste, e mais difíceis de polir (Donovan et al., 2018). Os microparticulados compensam o problema estético dos anteriores, uma vez que possuem grande capacidade de polimento. No entanto a quantidade de carga reduzida traduz-se num módulo de elasticidade baixo, incapaz de suportar o *stress* ao qual as restaurações são submetidas (Donovan et al., 2018).

**Tabela 1** – Classificação de resinas compostas (adaptado de Donovan et al., 2018; Ferracane, 2010)

Classificação		Tamanho das partículas	Carga inorgânica
Macroparticulada		10-50 $\mu\text{m}$	75%
Microparticulada		40-50 nm	45 a 55%
Híbrida	Microhíbrida	0,4-1 $\mu\text{m}$	75 a 80%
	Nanohíbrida	0,1-1 $\mu\text{m}$	75 a 85%

As resinas híbridas, descritas como microhíbridas ou nanohíbridas, garantem resistência ao desgaste semelhante à amálgama, não comprometendo a estética, tornando-se materiais com indicação para restaurações anteriores e posteriores (Donovan et al., 2018).

**De acordo com a consistência:** Materiais de baixa viscosidade, denominados *flowable*, possuem boa adaptação às paredes da cavidade a restaurar, enquanto que os de alta viscosidade - *packable* – mantêm a sua forma durante a colocação, apresentando melhores características de manipulação para o clínico. A viscosidade depende de fatores internos da resina, como a quantidade de carga inorgânica e a composição química da matriz polimérica, e de fatores externos, como variações de temperatura e humidade (Vargas et al., 2013).

### **3. Restaurações Indiretas em Resina Composta**

#### **3.1. Conceito**

A resina composta tem sido utilizada como material para restaurações anteriores e posteriores uma vez que preenche os requisitos estéticos, apresenta boas propriedades físicas e mecânicas, e possui alta resistência à dissolução (Karaarslan, Usumez, Ozturk, & Cebe, 2012). Dependendo da indicação clínica, as suas características tornam-nas adequadas para a confeção de restaurações diretas e indiretas (D’Arcangelo et al., 2015)

A utilização deste material para a execução de restaurações diretas implica alguns problemas como a contração de polimerização elevada, o desenvolvimento de *gaps* ao longo das margens, pouca resistência ao desgaste, instabilidade de cor, e propriedades mecânicas insuficientes quando associadas à região posterior da cavidade oral (D’Arcangelo et al., 2015).

De forma a contornar as limitações das restaurações diretas, surge a técnica das restaurações indiretas (Magne, 2017). Para estas vários materiais têm sido estudados. O desempenho clínico das resinas compostas pode ser comparado às peças fabricadas em cerâmica. O seu módulo de elasticidade elevado dificulta a absorção de forças oclusais – fator importante para o sector posterior. O elevado custo associado a este material tem vindo a traduzir-se num aumento da utilização das resinas compostas para restaurações indiretas (D’Arcangelo et al., 2015).

As restaurações indiretas dividem-se em três categorias: *inlay*, *onlay* e *overlay* (Morimoto, Rebello De Sampaio, Braga, Sesma, & Özcan, 2016). *Inlay* quando se trata de uma cavidade que envolve maioritariamente a face proximal ou oclusal, sem recobrimento das cúspides, *onlay* quando se estende sobre a superfície oclusal, no sentido mesio-ocluso-distal, envolvendo pelo menos uma cúspide, e *overlay* quando todas as cúspides estão associadas (Barabanti et al., 2015; Felden, Schmalz, & Hiller, 2000).

### 3.2. Vantagens e Desvantagens

As restaurações indiretas por serem fabricadas fora da cavidade oral oferecem pontos de contacto oclusais e proximais com melhor adaptação, melhor resistência ao desgaste, menor infiltração marginal, e uma melhoria das propriedades mecânicas (D’Arcangelo et al., 2015). Com a utilização de técnicas indiretas ou semi-diretas, é possível corrigir pontos de contacto ou margens desadaptadas, antes da cimentação da peça (Fasbinder, Neiva & Robbins, 2013).

A melhoria das propriedades físicas e mecânicas pode estar associada à polimerização externa a que a restauração é sujeita após a sua confeção (Alharbi, Rocca, Dietschi, & Krejci, 2014). Pode ser feita através de calor, luz ou pressão (Solow, 2017). O aumento do grau de conversão da resina composta influencia de forma positiva a dureza, o módulo de elasticidade, a força de flexão, a expansão higroscópica e a solubilidade da mesma (J. L. Ferracane et al., 2017; Poskus et al., 2009). Apresentam menor polimerização de contração, uma vez que a polimerização ocorre antes da cimentação e por isso a contração encontra-se limitada à camada adesiva, que pode ser de 2 a 7% (Barabanti et al., 2015; Fasbinder, Neiva & Robbins, 2013).

O fabrico das peças protéticas em resina composta tem a vantagem de ser possível de reparar no caso de fratura (Barabanti et al., 2015; Solow, 2017). A reparação de restaurações indiretas permite substituir partes da mesma, deixando zonas intactas, não exigindo a preparação macro mecânica que envolve a remoção de tecido dentário saudável, correspondendo a uma técnica minimamente invasiva (Heintze, 2013; Lynch et al., 2014; Staehle, Wolff, & Frese, 2015). A substituição total de restaurações constitui

um processo demorado e dispendioso, enquanto que com a preparação da superfície antiga é possível estabelecer uma ligação estável e assim corrigir a peça protética (Loomans & Özcan, 2016).

### 3.3. Indicações

Uma restauração indireta em resina composta está indicada quando a extensão da área a reabilitar é superior a dois terços da distância inter-cuspides, quando existe a necessidade de criar pontos de contacto entre dentes em que o espaço interproximal é muito grande, e em situações em que é exigido o estabelecimento de uma relação oclusal específica (Fasbinder, Neiva & Robbins, 2013).

### 3.4. Procedimento Clínico

Para o tratamento de dentes anteriores e posteriores, as resinas compostas podem ser utilizadas através da técnica direta, semi-direta, semi-indireta ou indireta (Figura 8) (L. M. Soares, Razaghy, & Magne, 2018).

Com o intuito de ultrapassar as limitações das restaurações diretas, o *inlay* poderá ser fabricado intraoralmente ou extraoralmente de forma convencional ou recorrendo ao uso da tecnologia CAD/CAM (*Computer-aided Desing/ Computer-aided Manufacturing*) (L. M. Soares et al., 2018)

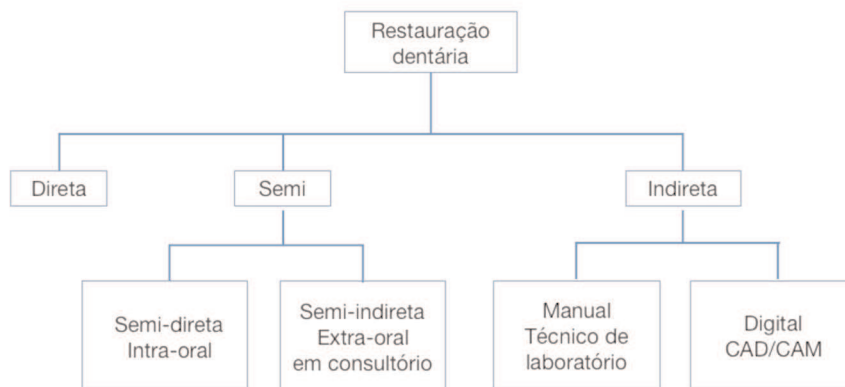


Figura 21 - Classificação de restaurações dentárias (adaptado de Alharbi et al., 2014)

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Na técnica semi-direta a restauração é feita pelo médico dentista na consulta, intraoralmente. A cavidade é isolada e a resina composta é aplicada diretamente em incrementos de 2 em 2 milímetros, adaptada às margens do dente, com a anatomia desejada, e polimerizada *in situ*. Após a primeira polimerização a peça é retirada da cavidade, finalizada e polida, e sujeita a uma polimerização secundária (Hironaka et al., 2018).

Com o ajuste da peça à cavidade original, existe uma menor probabilidade de erro no que diz respeito à adaptação marginal. A necessidade de remover a restauração constitui uma limitação, uma vez que implica a existência de paredes divergentes para compensar as micro-retenções causadas pela preparação, não sendo possível de utilizar em todas as cavidades (Alharbi et al., 2014).

A abordagem extra oral permite a conservação do máximo de estrutura dentária, não requerendo paredes muito divergentes. Envolve a impressão do dente preparado e a confecção de um modelo que sirva de base para a aplicação da técnica incremental anteriormente descrita, em consultório (Alharbi et al., 2014).

As restaurações indiretas podem ser realizadas em laboratório, através de modelos convencionais, ou de forma digital recorrendo a *scanners* orais e impressoras 3D (Fasbinder, Neiva & Robbins, 2013; Soares et al., 2018). Esta técnica requer custos de laboratório adicionais, maior número de consultas e possibilidade de infiltração do substrato dentário através dos materiais utilizados para a restauração provisória (Solow, 2017).

## **4. Cimentação Adesiva**

Com a crescente preocupação estética, sem comprometer a componente funcional, os materiais adesivos têm sido alvo de inúmeros estudos. As restaurações adesivas permitem a adaptação de uma técnica minimamente invasiva, preservando o máximo de estrutura dentária, conferindo melhores propriedades estéticas e funcionais e reforçando a ligação da restauração aos tecidos dentários (Görüş, 2018; Heintze, 2013).

A adesão à estrutura dentária deve conferir retenção, selamento entre as margens da restauração e do tecido dentário, e durabilidade clínica (Armstrong et al., 2017).

A longevidade das restaurações indiretas depende da estabilidade, força e duração da ligação estabelecida entre a sua superfície, o agente de cimentação e a estrutura dentária. O material utilizado para a cimentação da peça é responsável pela adaptação interna adequada da mesma (Turk, Sabuncu, Unal, Onal, & Ulusoy, 2016).

Este conceito compreende um conjunto de interações físicas, químicas e mecânicas que permitem a ligação de uma substância a outra, com o uso de um agente adesivo (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

O sistema adesivo é responsável por três funções importantes: criar resistência na separação do substrato aderido, do material de cimentação ou restaurador; distribuir as forças pelas superfícies aderidas; e selar a interface entre o substrato dentário e o material aderido. Assim, aumenta a resistência à microinfiltração, e diminui a sensibilidade pós-operatória, a pigmentação das margens, e o aparecimento de cáries secundárias (Anusavice et al., 2013; Spencer et al., 2011).

Para a cimentação adesiva de uma restauração indireta a uma peça dentária é necessário um sistema adesivo, e um material de cimentação (Rohr & Fischer, 2017).

## **5. Materiais de Cimentação**

### **5.1. Cimento de Resina**

Os cimentos com indicação para a adesão de peças protéticas têm como objetivo preencher as irregularidades microscópicas que se encontram nas superfícies de contacto,

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

promovendo a adesão mecânica. Para que ocorra infiltração no esmalte e dentina, o material adesivo deve apresentar baixa viscosidade, alta tensão de superfície e elevada molhabilidade (D’Arcangelo et al., 2015).

Os cimentos à base de resina destacam-se dos cimentos convencionais por apresentarem melhores propriedades mecânicas ao nível da adesão, da resistência, e da solubilidade. A sua componente adesiva resulta em valores de microinfiltração mais baixos (Fan, Stevenson & Berry, 2013).

Diferem das resinas compostas com indicações para procedimentos restauradores devido à sua composição. O baixo conteúdo de partículas de carga inorgânica é responsável por uma maior fluidez do material, permitindo que a espessura da camada seja menor (Marcondes & Souza, 2016).

Alguns dos problemas destes cimentos consistem na dificuldade em remover os excessos e na espessura da camada, o que pode levar a um mau assentamento da peça a ser cimentada. Por requererem um sistema adesivo, a sua manipulação envolve muitos passos e requer sensibilidade de técnica por parte do operador (Marcondes & Souza, 2016).

De acordo com o processo de polimerização, podem ser divididos em três grupos: cimentos ativados quimicamente, cimentos fotopolimerizáveis, e cimentos de polimerização dual (D’Arcangelo et al., 2015). A combinação das duas componentes de ativação – química e através da luz – permite um tempo de trabalho controlado, e uma polimerização adequada nas zonas com menos acesso à luz (D’Arcangelo et al., 2015). A fotoativação aumenta o grau de conversão dos monómeros e ajuda a estabilizar a colocação da restauração durante os primeiros minutos da cimentação adesiva. A reação química vai ocorrendo lentamente, reduzindo a contração de polimerização e melhorando a resistência adesiva (Soares et al., 2017).

O cimento de resina, associado a um sistema adesivo, estabelece uma ligação micromecânica com a dentina através da infiltração e polimerização de uma resina sintética na rede de fibras de colagénio, formando a camada híbrida (Marcondes & Souza, 2016; Rohr & Fischer, 2017). A camada híbrida ajuda a prevenir o aparecimento de cáries

secundárias e de sensibilidade pós-operatória, e atua como suporte para as forças de tensão causadas pela contração de polimerização da resina (Rohr & Fischer, 2017).

## 5.2. Resina Composta Aquecida

O aquecimento das resinas compostas fotopolimerizáveis, com elevados níveis de carga inorgânica, permite alcançar a fluidez desejada para a cimentação adesiva de restaurações indiretas, sem comprometer as propriedades mecânicas da mesma (D’Arcangelo et al., 2015; Somani, Jaidka, & Arora, 2016).

Um ligeiro aumento na temperatura destes materiais, aumenta a energia térmica interna, permitindo um movimento molecular. A mobilidade dos radicais presentes na resina permite um maior grau de conversão de monómeros e, conseqüentemente, menor quantidade de monómeros residuais, resultando em níveis de polimerização maiores, responsáveis por melhores propriedades físicas e mecânicas na adesão da peça (Deb, Di Silvio, MacKler, & Millar, 2011; Jongsma & Kleverlaan, 2015; Somani et al., 2016).

Vários estudos relacionam o pré-aquecimento do compósito para cimentação adesiva, com uma redução na *microinfiltração* marginal dessas restaurações (Jongsma & Kleverlaan, 2015). Esta relação parece estar associada à diminuição da viscosidade do material, que permite melhor adaptação às paredes da cavidade, e uma menor espessura da camada entre a restauração e os tecidos dentários (Deb et al., 2011; Hilton & Broome, 2013).

Os dispositivos de pré-aquecimento de compósito disponíveis comercialmente trabalham com temperaturas entre os 39°C e os 68°C (D’Amario et al., 2015). A resina composta aquecida a 60°C apresenta um aumento na taxa de conversão dos monómeros entre 31,6% a 67,3%, requerendo menos tempo de polimerização (Rueggeberg, Daronch, Browning, & De Goes, 2010).

Quando o material é retirado do dispositivo de aquecimento, retoma à temperatura ambiente, e depois à temperatura da cavidade oral (Jongsma & Kleverlaan, 2015). Estas alterações causam uma descida rápida da temperatura, sendo que se tiver sido pré-

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

aquecido a 60°C, prevê-se que após 2 minutos tenha reduzido em 50%, e após 5 minutos, 90% da temperatura (D'Amario et al., 2015).

### 5.3. Resina Composta *Flowable*

Com a procura de uma consistência mais fluida, as alterações na quantidade de partículas de carga inorgânica das resinas compostas convencionais, originaram a categoria das resinas designadas *flowable*. A carga inorgânica representa 35 a 65% do peso neste material, correspondendo a menos 20 a 25% dos compósitos de viscosidade regular (Donovan et al., 2018).

O aumento da quantidade de matriz orgânica compensa a redução no conteúdo de partículas de carga inorgânica (Soares et al., 2017). Para diluir a matriz é utilizado um monómero de baixo peso molecular, como o TEGMA (Imai et al., 2018). Esta composição tem influência nas propriedades do material, traduzindo-se numa diminuição da viscosidade, e conseqüentemente, num aumento da fluidez (Baroudi & Rodrigues, 2015), que constituem fatores determinantes para o manuseamento clínico destes materiais (Ferracane et al., 2017).

Com a diminuição do conteúdo inorgânico há uma redução das propriedades físicas e mecânicas, que corresponde a um aumento na contração de polimerização e uma diminuição no módulo de elasticidade (Yuan et al., 2015).

A redução no módulo de elasticidade torna-a indicada para o uso em regiões cervicais (Imai et al., 2018; Li, Jepsen, Albers, & Eberhard, 2006).

## 6. Microinfiltração Marginal

### 6.1. Conceito

Edwina Kidd, em 1976 descreveu a microinfiltração como sendo “a passagem de bactérias, fluídos, moléculas ou iões entre as margens da cavidade e o material restaurador utilizado”. Esses movimentos são considerados indetetáveis clinicamente, uma vez que ocorrem em *microgaps* de  $10^{-6}$   $\mu\text{m}$  (Lokhande et al., 2014)

A microinfiltração surge na presença de um defeito estrutural, quer seja da natureza do próprio dente, quer seja causado pelo selamento ineficaz da interface dente-restauração. Nestes defeitos o agente de cimentação encontra-se exposto e, por isso, suscetível a sofrer dissolução (Cristian, Jeanette, Francisco, & Guillermo, 2016). No caso da cimentação adesiva, se a ligação entre o sistema adesivo e o substrato da dentina estiver comprometida, pode desenvolver-se um *gap*, que permite a entrada e proliferação de bactérias, que irão desmineralizar a estrutura dentária que envolve as margens da restauração (Perdigão et al., 2018). As bactérias conseguem penetrar nos espaços inter-tubulares até uma profundidade de 1100  $\mu\text{m}$ , e, por essa mesma razão, a microinfiltração pode desenvolver lesões secundárias (Madani, Sarkisians, Kiomarsi, Kharazifard, & Chiniforush, 2018). De acordo com o tamanho dos gaps formados, pode distinguir-se microinfiltração de nanoinfiltração, apesar de poderem ocorrer em simultâneo. Esta última encontra-se frequentemente associada a margens em dentina, onde apenas água e moléculas de tamanho reduzido conseguem penetrar (De Munck et al., 2005).

A contração de polimerização dos materiais está associada à infiltração marginal, que pode causar patologias ao nível da polpa, sensibilidade pós-operatória, pigmentação da restauração, lesões de cárie secundária, e, conseqüentemente, a falha clínica da restauração (Figura 9) (Baroudi & Rodrigues, 2015; Lockhande et al., 2014). A adaptação e selamento das margens constituem um fator determinante para a longevidade do tratamento restaurador (Turk et al., 2016).

As temperaturas presentes na cavidade oral causam alterações na dimensão do material e influenciam a sua adaptação às margens da cavidade, devido à polimerização de contração (Baroudi & Rodrigues, 2015). Esta última, varia consoante o tamanho, a morfologia, a localização da cavidade, a presença ou ausência de margens em esmalte, o

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

número de paredes envolvidas na adesão que se traduz no fator de configuração (C-factor) e consoante a composição do material utilizado, nomeadamente na quantidade de matriz da resina, (Alhabdan, 2017; Zaruba et al., 2014).

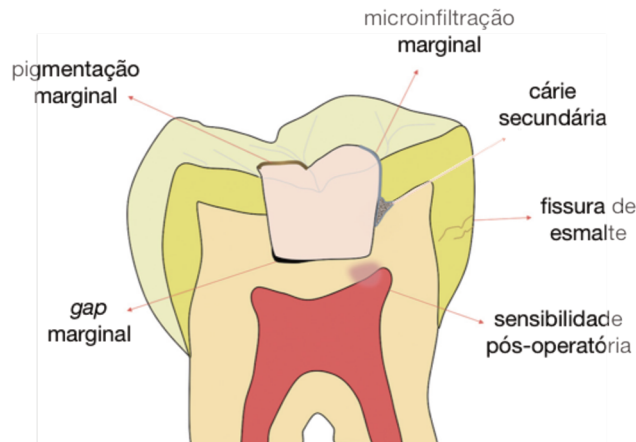


Figura 22 - Sinais e sintomas associados à polimerização de contração (adaptado de Soares et al., 2017)

A adesão comporta-se de maneira diferente no esmalte e na dentina, tornando a microinfiltração distinta em cada um desses substratos. Quando as margens se encontram em esmalte as ligações permanecem íntegras ao longo do tempo. Nas margens em dentina, a resina e as fibras de colagénio podem sofrer processos de hidrolisação, degradando as ligações formadas entre o material restaurador, o agente de cimentação e os tecidos dentários (Perdigão et al., 2018).

A adaptação marginal depende das linhas de terminação da cavidade, do método de produção da restauração, do tipo de cimentação, e da espessura da camada de agente de cimentação (Rippe et al., 2017). Desta forma, as propriedades e características dos materiais utilizados na interface dente-restauração desempenham um papel importante, sendo capazes de melhorar a adaptação marginal e prevenir a *microinfiltração* (Cristian et al., 2016).

### 6.2. Avaliação da Microinfiltração

A avaliação da passagem de moléculas e iões entre as margens das restaurações é considerada um fator importante para determinar a capacidade de selamento de um material. Para essa análise inúmeras técnicas têm sido descritas, recorrendo ao uso de

## Introdução Teórica

bactérias, ar comprimido, marcadores químicos e radioativos, estudos eletroquímicos, microscopia, e a penetração de corantes (Fabianelli, Pollington, Davidson, Cagidiaco, & Goracci, 2007).

Com a técnica da pressão do ar, os dentes restaurados são submersos em água, e é introduzido ar comprimido no canal radicular ou na câmara pulpar, e é medida a perda de pressão através de um sistema estático. É possível examinar a libertação de bolhas de ar ao longo das margens da restauração. Este método apesar de não danificar os tecidos dentários, fornece informação subjetiva, não quantificando nem descrevendo o padrão da infiltração (Taylor & Lynch, 1992).

O uso de bactérias segue o mesmo conceito, em que os dentes são colocados em culturas de bactérias e é depois avaliada a presença ou ausência de bactérias na dentina adjacente à restauração. Resulta também em dados qualitativos e não quantitativos. A principal limitação deste estudo assenta no tamanho das bactérias. A infiltração destas ocorre em *gaps* de 0,5 a 1 µm ou maiores, excluindo aqueles que permitem a passagem de toxinas e produtos bacterianos de menores dimensões (Taylor & Lynch, 1992).

Os isótopos radioativos fornecem dados de infiltração mais detalhados, uma vez que as suas moléculas apresentam tamanhos inferiores (40nm) quando comparados com as partículas dos corantes (120nm). Nas margens da restauração os isótopos penetram mais facilmente, apesar de ambos passarem pelos túbulos dentinários até chegarem à polpa. Ainda assim, a sua afinidade com os tecidos dentários e com alguns materiais pode levar a resultados extrapolados, e alguns apresentam efeitos destrutivos para o dente (Alhabdan, 2017)

Nos estudos eletroquímicos é colocado um eletrólito na base na restauração, através da raiz, o dente é submerso num banho de eletrólitos e uma potência é aplicada. É medida a infiltração através da corrente gerada numa resistência. São obtidos resultados contínuos e, mais uma vez, é assumido que a microinfiltração ocorre de forma equivalente ao longo de toda a margem da restauração (Taylor & Lynch, 1992).

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Os marcadores químicos envolvem a utilização de dois componentes, que produzem um precipitado, normalmente opaco. Para que a reação ocorra, os dois químicos têm de penetrar as margens da restauração. O nitrato de prata é maioritariamente utilizado devido ao seu diâmetro (0,059nm) ser inferior ao das bactérias. O facto de a medição dos resultados ser em zonas específicas da interface dente-restauração, não representa o comportamento da totalidade das margens (De Munck et al., 2005).

O uso de corantes orgânicos e inorgânicos para o estudo da microinfiltração representa um dos métodos mais antigo e mais frequentemente utilizado (Going, 1972). A escolha do corante a utilizar tem influência no padrão da penetração do mesmo, estando dependente do tamanho ou peso molecular das partículas do mesmo (Mente et al., 2010). Há dois fatores a considerar, por um lado o tamanho das partículas do corante deveria estar num intervalo semelhante ao das bactérias associadas à cárie secundária e a patologias da polpa, mas por outro, essas partículas não deveriam ser capazes de penetrar até à dentina radicular, uma vez que levam a interpretações erradas dos resultados (Mente et al., 2010). Os testes de microinfiltração com recurso à penetração de corantes, detetam infiltração onde as bactérias não conseguem penetrar, devido ao seu tamanho reduzido (Patel et al., 2015).

Os corantes orgânicos mais utilizados são a fucsina básica, o azul de metileno, a rodamina, a eritrosina, e a eosina (Heintze, 2013). Quando a técnica da penetração de corantes é utilizada, a classificação da microinfiltração pode ser feita através de uma análise qualitativa ou quantitativa. A primeira é dada por uma escala de pontos numérica, e a segunda pela medição em milímetros, micrómetros ou percentagens, com recurso a imagens digitais e softwares específicos (de Santi Alvarenga, Pinelli, & Monteiro Loffredo, 2015).

O recurso a este método deve-se em grande parte à sua simplicidade, reprodutibilidade e acessibilidade ao material necessário. Apresenta algumas limitações como a avaliação ser subjetiva ao observador, ser maioritariamente feita através de um sistema de pontuação numérica, e não haver consenso no que diz respeito à escolha do corante, o tempo de imersão, a observação de uma ou mais superfícies representativas de cada restauração, e

a falta de valores estipulados a partir dos quais é aceitável ou não um material quanto à microinfiltração (Alhabdan, 2017; Heintze, 2013).

A adaptação marginal pode ser avaliada através de microscopia ótica, microscopia eletrônica de varrimento (SEM) ou de transmissão (TEM), ou recorrendo a tomografia micro-computorizada (micro-CT). Os métodos acima mencionados requerem o seccionamento do espécime, restauração/dente, de forma a avaliar a presença de irregularidades e falhas internas. Esta exigência representa uma das limitações para a avaliação *in vivo* da integridade das margens das restaurações. Para uma análise *in vivo* a técnica de réplica e a tomográfica de coerência ótica (OCT) apresentam-se como opções viáveis e não-invasivas (Turk et al., 2016).

### **6.3. Termociclagem**

No estudo de um material dentário, o seu desempenho a longo prazo caracteriza-se pela eficácia e longevidade em condições semelhantes às presentes na cavidade oral. Os testes dinâmicos simulam o envelhecimento clínico, mimetizando as alterações das características mecânicas e estruturais de um material (Morresi et al., 2014).

Em 1952, Nelsen et al., provou que quando um dente restaurado era submetido a temperaturas mais elevadas libertava gotas de água das margens da restauração. Desde então, a termociclagem tem sido utilizada para simular as alterações térmicas que ocorrem na cavidade oral, submetendo-as a ciclos repetidos de banhos quentes e frios (Morresi et al., 2014; Yuan et al., 2015).

As variações de temperatura demonstram a relação do coeficiente linear de expansão térmica entre o tecido dentário e o material restaurador, quando as suas ligações são sujeitas a stress, o que afeta a integridade marginal, causando microinfiltração (Going, 1972; Morresi et al., 2014).

As mudanças de temperatura na cavidade oral ocorrem de forma rápida e dinâmica, maioritariamente devido à ingestão de alimentos e bebidas, e à temperatura e humidade do ar durante a respiração. A mucosa oral, a língua e os tecidos periodontais que rodeiam

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

os dentes são responsáveis por restabelecer gradualmente o equilíbrio térmico (Morresi et al., 2014; Naumova et al., 2016).

Para o envelhecimento térmico devem ser consideradas três variáveis: o intervalo de temperaturas selecionado, o número de ciclos a que os espécimes são expostos, e o tempo de duração de cada banho e do período de transferência (Morresi et al., 2014). Estes parâmetros encontram-se estipulados pela *International Standards Organization* (ISO), desde 1994.

## II. Objetivos do Estudo

Avaliar a microinfiltração marginal de restaurações indiretas aderidas com resina composta *flowable*, comparando-a a uma resina composta aquecida e a um cimento de resina comercial, através de um estudo *in vitro*.

- Na margem oclusal constituída por esmalte e dentina
- Na margem cervical constituída por dentina

## III. Hipóteses de Estudo

Hipótese nula 1: A distribuição dos valores de microinfiltração não varia entre os diferentes grupos experimentais de agentes de cimentação adesiva;

Hipótese nula 2: A ocorrência de microinfiltração apresenta uma probabilidade de 0,5 para os diferentes grupos experimentais de agentes de cimentação adesiva;

Hipótese alternativa 1: A distribuição dos valores de microinfiltração varia entre os diferentes grupos experimentais de agentes de cimentação adesiva;

Hipótese alternativa 2: A ocorrência de microinfiltração apresenta uma probabilidade diferente de 0,5 para os diferentes grupos experimentais de agentes de cimentação adesiva;

#### **IV. Materiais e Métodos**

Para a realização desta investigação, foi obtida aprovação pela Comissão de Ética do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM). O material biológico recolhido no Banco de Dentes Humanos (BDH) da Clínica Universitária Egas Moniz (CUEM) foi doado através de um consentimento informado que visa a utilização do mesmo para fins científicos, com autorização da Direção Clínica da mesma. A presente investigação foi realizada no Laboratório de Biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz.

##### **1. Amostra de estudo**

Trinta molares hígidos, recentemente extraídos por motivos ortodônticos ou periodontais, foram lavados em água corrente e efetuada a limpeza recorrendo ao uso de instrumentos de corte manuais e de ultrassons, para remoção de resíduos de tecido orgânico. As amostras foram desinfetadas numa solução de Cloramina Tri-hidratada a 1% por um período não superior a sete dias. Posteriormente foram armazenados em água destilada a 4°C, reposta pelo menos uma vez a cada dois meses, para minimizar a deterioração dos dentes até ao início do procedimento laboratorial, de acordo com a norma ISO/TS 11405:2015 (figura 10). Para a seleção dos dentes foram aplicados critérios de inclusão e exclusão, de forma a padronizar as amostras e a evitar a interferência de outros fatores alheios a este estudo:

Critérios de inclusão:

- Molares Hígidos
- Ausência de cáries dentárias
- Ausência de restaurações
- Ausência de fraturas

Critérios de exclusão:

- Presença de cáries
- Presença de restaurações
- Presença de fissuras no esmalte

## Resultados

- Presença de fatores na história clínica que possam estar associados a malformações do esmalte e dentina

As amostras foram alocadas de forma aleatória em 3 grupos experimentais (n=10) através de um programa de distribuição aleatória “Random Group Creator” (Kim & Shin, 2014): todos os dentes foram numerados de 1 a 30 e o software produziu 3 sequências aleatórias, com dez números cada, separando assim as amostras de acordo com o agente de cimentação a ser utilizado para adesão das restaurações indiretas.



Figura 23 - Representação de um dente da amostra selecionada

## 2. Materiais de estudo

As restaurações indiretas foram confeccionadas com recurso a uma resina composta nanohíbrida com 89% de carga inorgânica (Grandio<sup>®</sup>SO (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)), cor A3 de forma a facilitar a visualização da microinfiltração. Para a cimentação adesiva das restaurações indiretas selecionou-se um cimento de resina (Bifix<sup>®</sup>QM (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)) de polimerização dual, com indicação do fabricante para o mesmo efeito, adequado a peças de resina composta, uma resina composta pré-aquecida a 55°C fotopolimerizável (Z100<sup>™</sup> MP Restorative (3M ESPE<sup>®</sup>)) e uma resina composta *flowable* com 81% de carga inorgânica (Grandio<sup>®</sup>SO Flow (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)). A composição, fabricante, lote e validade (quando aplicados) dos materiais utilizados encontram-se descritos na Tabela 2 e 3.

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Tabela 2 - de materiais utilizados e respectivas composições químicas, fabricantes, lotes e validades

<b>Material</b>	<b>Composição Química</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Lote</b>	<b>Validade</b>
Cloramina T	Solução de cloramina trihidratada a 1%	Laboratório de preparações do IUEM		
Dentaflux ácido ortofosfórico	Ácido ortofosfórico a 37,5%	J. Ripoll S.L., Algete, Madrid	050518	05-2020
Optibond™ FL Primer	Etanol, água, HEMA, GPDM, canforoquinona, butilhidroxitolueno	Kerr™, Scafati, Italy	6353325	30-04-2019
Optibond™ FL Adhesive	TEGDMA, UDMA, GPDM, HEMA, bis-GMA, partículas de carga, fotoiniciadores, estabilizadores	Kerr™, Scafati, Italy	6695618	31-08-2019
Óxido de Alumínio	Partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica 30 µm	3M ESPE®, St. Paul, EUA	3947010	02-2022
Ultradent® Silane	Álcool isopropílico, 3-MPS	Ultradent® GmbH, Germany		
Grandio® SO Flow na cor A3	HEMA, Bis-GMA, TEGDMA,	VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany	1823304	12-2020
Bifix® QM	HEMA, Bis-GMA,	VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany	1823413	06-2020
Z100™ MP Restorative na cor	Bis-GMA, TEGDMA, Dimetacrilato, fotoiniciador e pigmentos	3M ESPE® St. Paul, EUA	N898014	28-06-2020

## Resultados

Grandio®SO na cor A1	Bis-GMA, TEGDMA, bis-EMA	VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany	1827355	01-2021
Fúcsina básica	Solução de Fúcsina básica a 0,5%	Laboratório de preparações do IUEM		
Resina acrílica TAB 2000		Kerr™, Scafati, Italy	6182595	10-2018
Verniz incolor Yesensi nail polish		YESENSY S.R.L., Madrid, Spain	050418	
Cola Termofusível mix		SALKI, Barcelona, Spain	0431088	

Tabela 3 - Produtos utilizados e respetivos fabricantes

<b>Produto</b>	<b>Fabricante</b>
Fotopolimerizador Optilux 501	Kerr, Scapati, Itália
Jato <i>Airsonic Mini Sandblaster</i>	Hager&Werken, Duisburg, Germany
Cuba de Ultrassons GT SONIC® VGT-2120QTD	GT SONIC, Guangdong, China
Máquina de vácuo Machine III Vacuum Former	T&S Dental & Plastics Inc, Myerstown, USA
Aquecedor de compósito Ena Heat	Micerium S.P.A, Avegno, Italy
Estufa de incubação Memmert INE 400	Memmert, Germany
Termociclador THE1100/1200	SD Mechatronik GmbH, Feldkirchen-Westerham, Germany

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Micrótomo de tecidos duros <i>Accutom 50</i>	Struers, Ballerup, Denmark
Microscópio ótico Leica ATC 2000	Leica Microsystems, Buffalo, USA

### 3. Protocolos de preparação das amostras

Na face vestibular de cada dente foram desenhadas cavidades classe V de Black padronizadas, com 5 mm de comprimento, 3 mm de altura e 2 mm de profundidade, com margem cervical situada abaixo da junção amelo-cementária (JAC) (Hironaka et al., 2018). Para a execução das mesmas recorreu-se a uma broca esférica diamantada 801-014 e 801-016, substituída a cada 6 utilizações devido ao seu desgaste (Nunes, 2015). De forma a garantir a homogeneidade e divergência das paredes foi utilizada uma broca tronco cônica fina diamantada 856-014. Foram verificadas as dimensões no final de cada preparação com recurso a uma régua e sonda graduada (Figura 11).



Figura 24 - Protocolo de execução de cavidade padronizadas classe V

Após lavagem abundante da cavidade e remoção do excesso de água com leve jato de ar, procedeu-se ao *Immediate Dentin Sealing* (IDS) com um sistema adesivo etch and rinse de 4ª geração (Optibond™ FL (Kerr™, Scafati, Italy)) seguindo as instruções do fabricante e o protocolo descrito por (Magne, Boff, Oderich, & Cardoso, 2012): condicionamento ácido da superfície dentinária com ácido ortofosfórico a 37,5%, durante quinze segundos, lavagem com água até remoção completa do ácido durante quinze segundos. Secar levemente com ar, durante cinco segundos de forma a não desidratar a

## Resultados

dentina, para que não haja colapso das fibras de colagénio, e aplicação do *primer* (*bottle 1*) em movimentos circulares suaves com *microbrush* descartável durante quinze segundos em toda a dentina. Secar levemente e aplicar *bond* (*bottle 2*) também de forma ativa com aplicador descartável durante quinze segundos. Ligeira aplicação de ar por três segundos com o objetivo de distribuir uniformemente o adesivo por toda a superfície, e fotopolimerizar durante vinte segundos, aplicar glicerina líquida em toda a cavidade e margens e fotopolimerizar novamente durante dez segundos, de forma a limitar a formação da camada inibida por moléculas de oxigénio, garantindo uma polimerização mais completa do adesivo. Foi utilizado o fotopolimerizador Optilux 501 (Kerr™, Orange, USA), com uma intensidade mínima de 600 mW/cm<sup>2</sup>, configurado a cada cinco utilizações através do radiómetro Optilux Radiometer (Kerr™, Orange, USA), de forma a permitir uma intensidade adequada. O processo encontra-se esquematizado na figura 12. Todas as amostras foram armazenadas em água destilada, por um período de 24 horas, numa estufa (Memmert INE 400, Memmert, Germany) à temperatura controlada de 37°C.

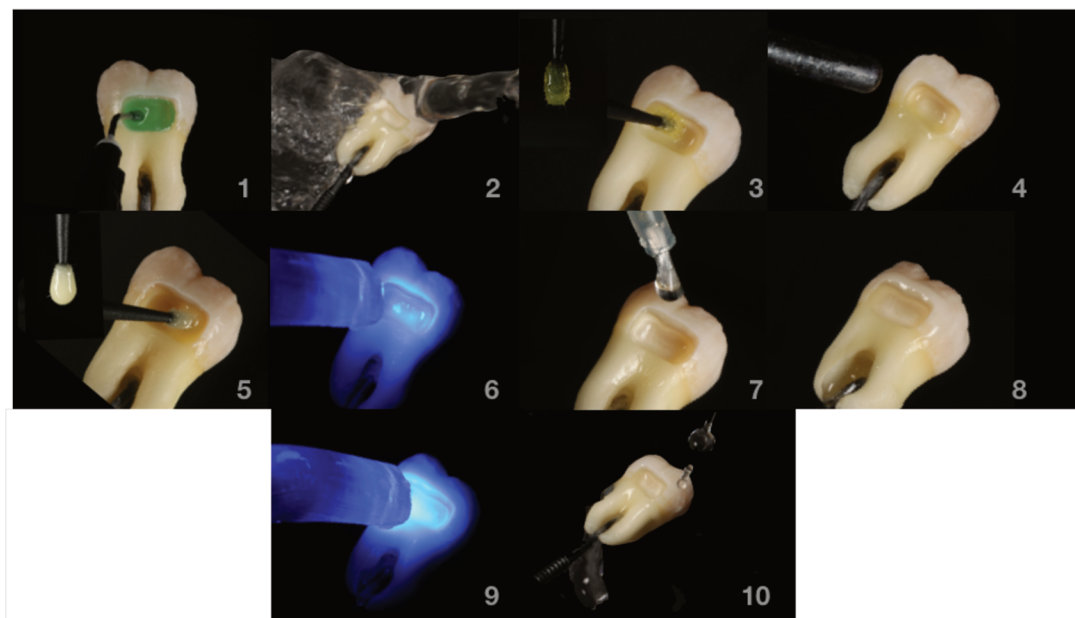


Figura 25: Protocolo de *Immediate Dentin Sealing* (IDS), de acordo com Magne et al. (2011).

Para a confeção das restaurações indiretas, foi utilizada a técnica semi-direta descrita por Hironaka et al. (2018) e Soares et al. (2018) (figura 13). As cavidades foram isoladas com glicerina aplicada com um *microbrush* descartável e Teflon™, de acordo com (L. M.

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Soares et al., 2018). Foram aplicados incrementos de 2 mm de resina composta Grandio<sup>®</sup>SO (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany), na cor A1, e adaptados à cavidade com o auxílio de uma espátula angulada e um brunidor esférico. Terminada a restauração foi efetuada polimerização através da face vestibular durante vinte segundos, de acordo com as instruções do fabricante, aplicada camada de glicerina líquida e nova fotopolimerização por dez segundos de forma a limitar a formação da camada inibida por moléculas de oxigênio, garantindo uma polimerização mais completa (Magne et al., 2012), removida a restauração da cavidade, procedeu-se à fotopolimerização da face interna por vinte segundos. Para a polimerização externa foi utilizada uma fonte de calor (máquina de vácuo – marca) a 100°C, calibrada com um termómetro digital, durante cinco minutos, em concordância com o protocolo descrito por Soares et al. (2018).

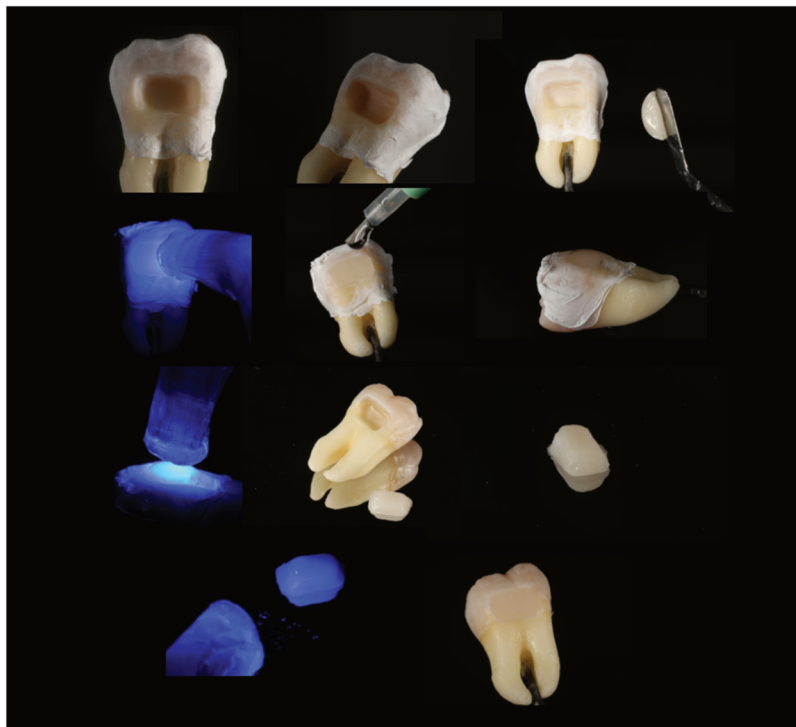


Figura 26 - Execução de restauração em resina composta através da técnica semi-direta

Previamente à cimentação, as restaurações indiretas em resina composta e as cavidades foram tratadas utilizando o mesmo protocolo para os três grupos de acordo com Hironaka et al. (2018) e Matinlinna et al. (2018).

## Resultados

O pré-tratamento da superfície interna da resina composta, demonstrado na Figura 14, começa com a descontaminação da mesma com álcool, jateamento da peça com partículas de óxido de alumínio revestido por sílica (Rocatec™ Soft 30µm – 3M ESPE®, St. Paul, EUA), com o jato Airsonic Mini Sandblaster (Hager & Werken, Duisburg, Germany) a uma pressão de 4-8 bars, a uma distância controlada de 10 mm numa posição perpendicular ao dente, durante cinco segundos. Como limpeza foi aplicado ácido ortofosfórico a 37,5% durante um minuto, e removido com água abundante durante um minuto, seguido de cinco minutos na cuba de ultrassons GT SONIC® (GT SONIC, Guangdong, China) para remover impurezas. Terminado esse tempo, são removidos os excessos de água com seringa de ar e é aplicado silano (Ultradent® GmbH, Germany) com um *microbrush* descartável durante vinte segundos e aquecido a 100°C durante um minuto na máquina de vácuo Machine III Vacuum Former (T&S Dental & Plastics Inc, Myerstown, USA), com a utilização de um termómetro digital para calibração da temperatura. Por fim, aplica-se o *bond* do sistema adesivo utilizado para o IDS (Optibond™ FL (Kerr™, Scafati, Italy) *bottle* 2) com aplicador descartável em toda a superfície interna, e armazenada num local sem luz, sem fotopolimerizar, até cimentação da peça. Todos os tempos foram controlados com um temporizador.



Figura 14 - Execução de restauração em resina composta através da técnica semi-direta

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Todas as cavidades foram jateadas com o mesmo material usado nas restaurações, também com pressão, distância e tempo padronizados de 4-8 bars, a 10 mm perpendicularmente ao dente, e durante cinco segundos, respetivamente. Após condicionamento ácido por quinze segundos (Matinlinna et al., 2018), remoção do mesmo com água abundante durante um minuto e secagem com seringa de ar durante cinco segundos, foi aplicado o mesmo adesivo acima descrito, durante quinze segundos com aplicador descartável e secado com ar durante três segundos, sem fotopolimerizar.

Procedeu-se à cimentação das peças protéticas seguindo os protocolos atribuídos a cada grupo (Figura 15), de acordo com o material a utilizar, descritos nas Tabelas 4, 5 e 6:

Grupo 1 – cimento de resina Bifix<sup>®</sup> QM (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany);

Grupo 2 – resina composta aquecida Z100<sup>™</sup> MP Restorative (3M ESPE<sup>®</sup>, St. Paul, EUA);

Grupo 3 – resina composta *flowable* Grandio<sup>®</sup>SO Flow (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany);

Para o correto assentamento da peça protética recorreu-se a um peso calibrado de dois quilos de forma a simular a pressão digital aplicada clinicamente (Cristian et al., 2016).

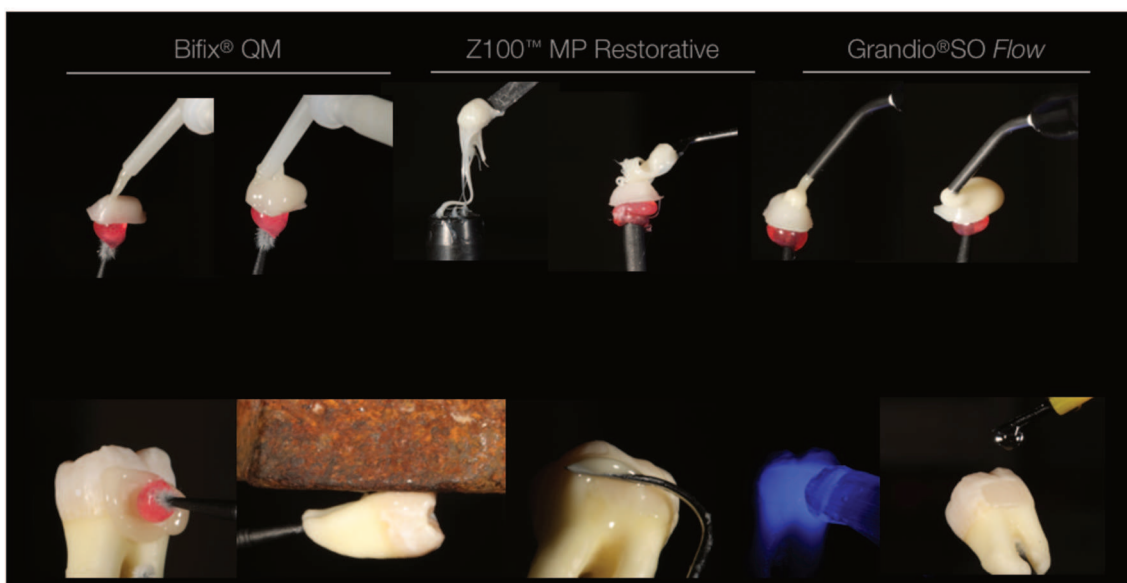


Figura 15 - Cimentação de restauração em resina composta através de acordo com os diferentes materiais.

**Tabela 4** – Grupo 1 - cimento de resina Bifix® QM (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)

---

Protocolo de cimentação adesiva

---

1. Verificar adaptação da peça na cavidade preparada
  2. Aplicação de cimento de resina na face interna da peça protética
  3. Assentamento da peça na superfície do dente, exercendo uma força controlada e contínua através de um peso de 2 kg
  4. Remoção de excessos de cimento de resina com sonda exploratória
  5. Fotopolimerizar durante 20 segundos
  6. Aplicar glicerina de forma a cobrir todas as margens da restauração
  7. Fotopolimerizar 10 segundos
  8. Remover glicerina com seringa de ar/água
  9. Remoção de excessos de cimento de resina com lâmina de bisturi ou broca diamantada de grão fino
  10. Desgaste do excesso de material para adaptação marginal da peça protética
  11. Acabamento e polimento das margens da restauração indireta
  12. Armazenamento das amostras em estufa a 37°C durante 24 horas
-

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

**Tabela 5** – Grupo 2 - resina composta aquecida Z100™ MP Restorative (3M ESPE®, St. Paul, EUA)

---

Protocolo de cimentação adesiva

---

1. Pré-aquecer o aquecedor de compósito na temperatura T2 (55°C)
  2. Colocar tubo de resina composta cor A3 no aquecedor de compósito
  3. Verificar adaptação da peça na cavidade preparada
  4. Aplicação de resina composta na face interna da peça protética
  5. Assentamento da peça na superfície do dente, exercendo uma força controlada e contínua através de um peso de 2 kg
  6. Remoção de excessos de resina composta com sonda exploratória
  7. Fotopolimerizar durante 20 segundos
  8. Aplicar glicerina de forma a cobrir todas as margens da restauração
  9. Fotopolimerizar 10 segundos
  10. Remover glicerina com seringa de ar/água
  11. Remoção de excessos de resina composta com lâmina de bisturi ou broca diamantada de grão fino
  12. Desgaste do excesso de material para adaptação marginal da peça protética
  13. Acabamento e polimento das margens da restauração indireta
  14. Armazenamento das amostras em estufa a 37°C durante 24 horas
-

**Tabela 6**– Grupo 3 - resina composta *flowable* Grandio®SO Flow (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)

---

Protocolo de cimentação adesiva

---

1. Verificar adaptação da peça na cavidade preparada
  2. Aplicação de resina composta *flowable* na face interna da peça protética
  3. Assentamento da peça na superfície do dente, exercendo uma força controlada e contínua através de um peso de 2 kg
  4. Remoção de excessos de resina composta *flowable* com sonda exploratória
  5. Fotopolimerizar durante 20 segundos
  6. Aplicar glicerina de forma a cobrir todas as margens da restauração
  7. Fotopolimerizar 10 segundos
  8. Remover glicerina com seringa de ar/água
  9. Remoção de excessos de resina composta *flowable* com lâmina de bisturi ou broca diamantada de grão fino
  10. Desgaste do excesso de material para adaptação marginal da peça protética
  11. Acabamento e polimento das margens da restauração indireta
  12. Armazenamento das amostras em estufa a 37°C durante 24 horas
- 

Após 24 horas, procedeu-se ao envelhecimento térmico de todos os espécimes, submetendo-os a 500 ciclos de termociclagem em água destilada a uma temperatura de 5 e 55°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), com a duração de trinta segundos de imersão em cada banho, e um intervalo de transferência de cinco segundos, com o uso do termociclador THE1100/1200 (SD Mechatronik GmbH, Feldkirchen-Westerham, Germany), de acordo com a norma ISO/TS 11405:2015.

Concluído o processo de envelhecimento e secagem das amostras com seringa de ar, selou-se o ápex de cada dente com resina acrílica autopolimerizável TAB 2000 (Kerr™, Scafati, Italy), e foram aplicadas duas camadas de verniz incolor (YESENSI, Madrid, Spain) em toda a superfície, deixando apenas exposta a restauração e 1 mm de tecido dentário em redor das margens da mesma.

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Todos os espécimes isolados foram imersos numa solução de Fucsina básica a 0,5%, por um período de quatro horas, e armazenados em estufa à temperatura de 37°C, segundo a norma ISO/TS 11405:2015.

Foram removidos da solução do corante, lavados em água corrente e, após secagem, os dentes foram individualmente fixados a um suporte de acrílico com cola aquecida (Cola Termofusível Standart, Wurth, Portugal) e posteriormente seccionados longitudinalmente na direção ocluso-cervical, usando como referência o centro da restauração, em duas metades idênticas no micrótopo de tecidos duros Accutom-50 (Struers, Ballerup, Denmark), com um disco diamantado a baixa rotação (velocidade de 0,350 mm/s) sob constante refrigeração de água, como descrito na Figura 16 (Bolgul et al., 2017).

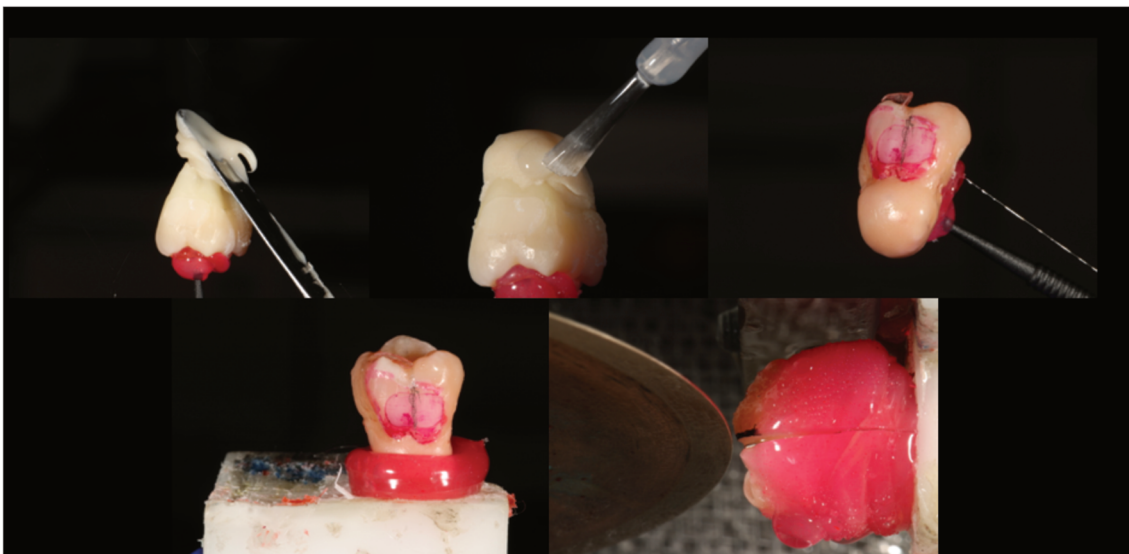


Figura 16 – Selamento e corte das amostras

Cada dente originou duas metades adjacentes (Figura 17). Em cada metade a avaliação da margem oclusal e cervical da restauração indireta, foi feita ao microscópio ótico (Leica ATC 2000, Leica Microsystems, Buffalo, USA) com 10X de magnificação, por dois observadores independentes, alheios ao material utilizado em cada grupo. Dos valores observados nas duas metades, do mesmo dente, prevaleceu o maior valor observado, decidido de forma consensual entre os dois observadores. Para a análise estatística cada margem de cada dente apresenta um só valor (Poggio, Chiesa, Scribante, Mekler, & Colombo, 2013; Yuan et al., 2015).

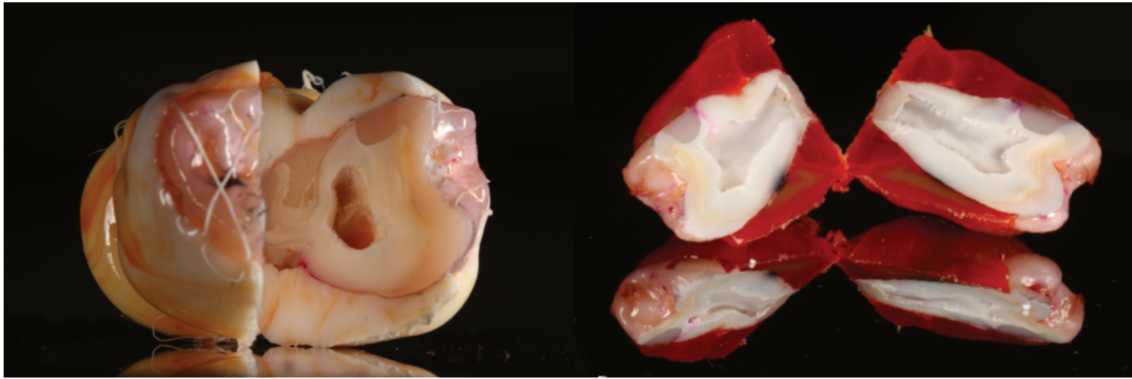


Figura 17 – Metades adjacentes do corte dos dentes

A classificação da microinfiltração marginal seguiu uma escala ordinal em concordância com a norma ISO/TS 11405:2015:

**Margens constituídas por esmalte e dentina – margem oclusal:**

- 0: Sem penetração do corante
- 1: Penetração do corante ao nível do esmalte
- 2: Penetração do corante ao nível da dentina, sem envolver parede pulpar da cavidade
- 3: Penetração do corante envolvendo a parede pulpar da cavidade

**Margens constituídas apenas por dentina – margem cervical:**

- 0: Sem penetração do corante
- 1: Penetração do corante ao nível da dentina, sem envolver parede pulpar da cavidade
- 2: Penetração do corante envolvendo a parede pulpar da cavidade

Para o tratamento estatístico dos resultados obtidos na presente investigação recorreu-se ao programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 24.0 para *Windows*.

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

De acordo com as variáveis estudadas recorreu-se a dois testes de análise estatística. Foi definido um nível de significância a partir do qual se torna possível aceitar ou rejeitar as hipóteses nulas. Esse nível de significância foi fixado em  $(\alpha) \leq 0,05$ . Por estatística diferencial foram calculadas as frequências para cada grupo e margem. Efetuou-se uma análise intergrupo, para avaliar as diferenças da distribuição de *scores* de microinfiltração entre os grupos com recurso ao teste de *Kruskal Wallis*. Através de uma análise binomial calcularam-se as taxas de sucesso/falha da restauração de acordo com a probabilidade de ocorrer ou não microinfiltração em cada um dos três materiais estudados, para as margens oclusal e cervical.

## V. Resultados

Os resultados foram classificados de acordo com o estipulado pela norma ISSO/TS 11405:2015, como apresentado na Figura 18.

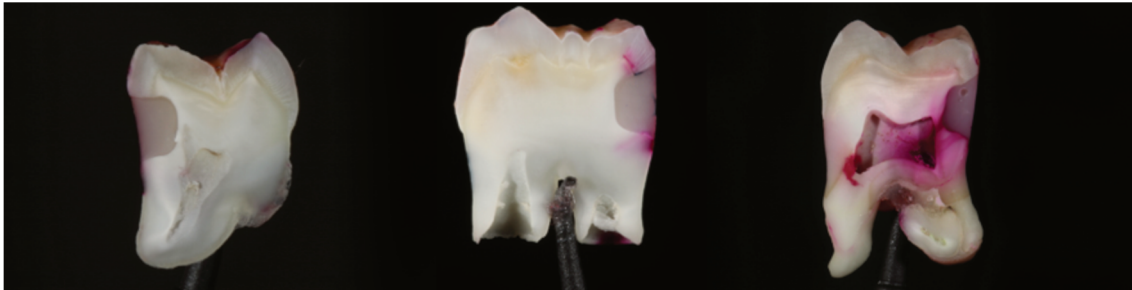


Figura 18 – Exemplo de diferentes graus de microinfiltração observados

A análise estatística dos *scores* obtidos foi feita com recurso ao teste de *Kruskal Wallis* e uma análise binomial através do *SPSS*.

Os valores tratados estatisticamente foram compilados em gráficos de barras e tabelas de forma a facilitar a sua interpretação. Os resultados de microinfiltração obtidos para as margens oclusais e cervicais de cada grupo encontram-se distribuídos na Tabela 7 e expostos por material nos gráficos 1, 2 e 3, de acordo com a classificação atribuída.

Para aceitar ou rejeitar a hipótese nula foi considerado um nível de significância de  $(\alpha) \leq 0,05$ .

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Tabela 7 – Resultados de microinfiltração obtidos para os diferentes grupos.

Nº de Dente	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Oclusal	Cervical	Oclusal	Cervical	Oclusal	Cervical
1	1	2	0	0	0	1
2	0	1	1	2	1	1
3	0	0	1	2	0	2
4	0	0	1	1	2	1
5	1	0	1	2	0	2
6	0	1	0	1	0	2
7	0	1	3	2	1	1
8	2	1	0	1	1	2
9	2	1	0	2	0	1
10	0	1	1	1	0	1

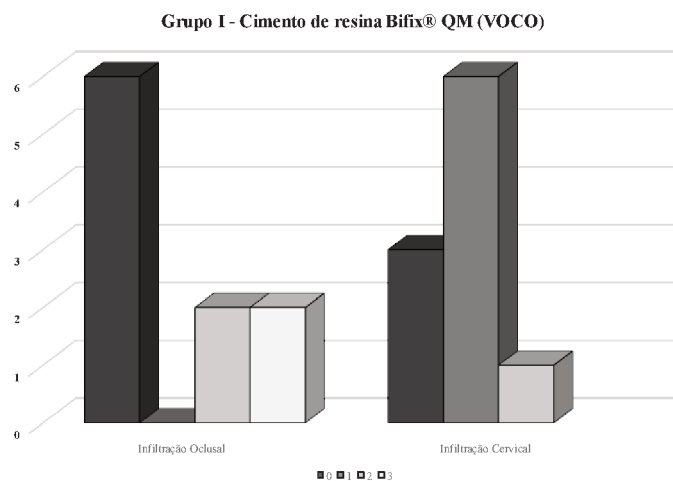


Gráfico 1 – Distribuição da microinfiltração para as margens oclusal e cervical, do grupo 1, de acordo com a classificação atribuída.

## Resultados

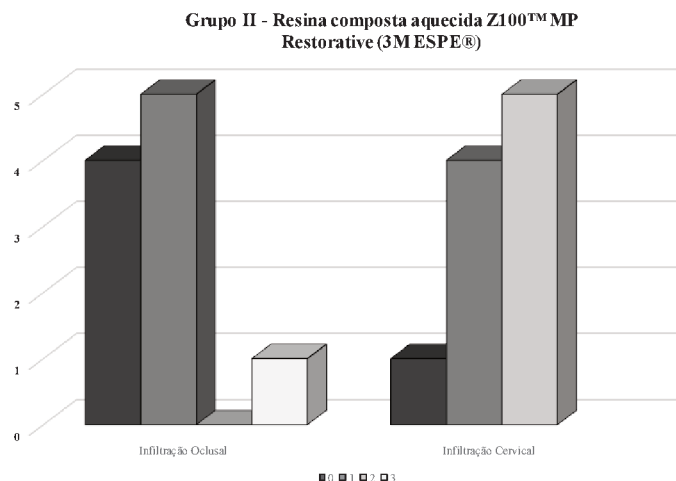


Gráfico 2 – Distribuição da microinfiltração para as margens oclusal e cervical, do grupo 2, de acordo com a classificação atribuída.

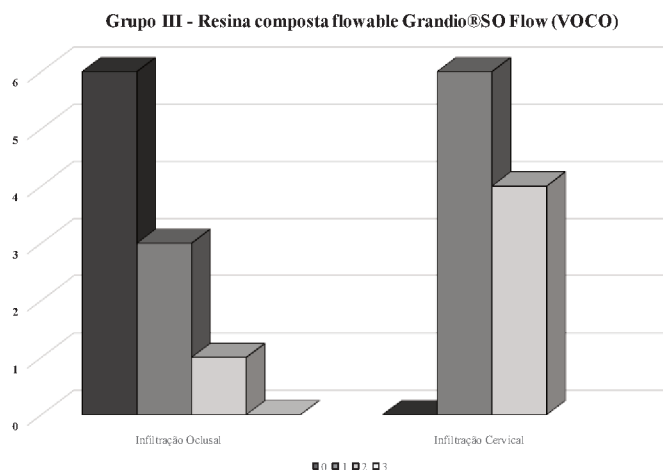


Gráfico 3 – Distribuição da microinfiltração para as margens oclusal e cervical, do grupo 3, de acordo com a classificação atribuída.

### 1. Análise de resultados – teste de *Kruskal Wallis*

Por estatística diferencial foram calculadas as frequências para cada grupo de acordo com a margem oclusal (Tabela 6) e para a margem cervical (Tabela 7). Para a análise comparativa da distribuição dos valores de microinfiltração obtidos intergrupo, aplicou-se o teste de *Kruskal Wallis*, através do qual foi possível verificar que não existem diferenças estatisticamente significativas entre eles. A distribuição de valores é semelhante entre os três grupos. Assim sendo, os diferentes agentes de cimentação adesiva testados no presente estudo não influenciaram os *scores* de microinfiltração

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

obtidos. A variável “material” não teve efeito sobre a variável dependente – *scores* – sendo possível aceitar a primeira hipótese nula.

Tabela 8 – Análise diferencial de acordo com a frequência, percentagem por grupo, e percentagem total de infiltração, para a margem oclusal, entre os diferentes grupos de estudo.

	Infiltração Oclusal	Grupo I			Grupo II			Grupo III		
		Contagem	% Grupo	% Infiltração	Contagem	% Grupo	% Infiltração	Contagem	% Grupo	% Infiltração
Não	0	6	60,0%	37,5%	4	40,0%	25,0%	6	60,0%	37,5%
Sim	1	0	-	-	5	50,0%	-	3	30,0%	-
	2	2	20,0%	-	0	-	-	1	10,0%	-
	3	2	20,0%	-	1	10,0%	-	0	-	-
	<b>Total Sim</b>	<b>4</b>	<b>40,0%</b>	<b>28,6%</b>	<b>6</b>	<b>60,0%</b>	<b>42,9%</b>	<b>4</b>	<b>40,0%</b>	<b>28,6%</b>

Tabela 9 – Análise diferencial de acordo com a frequência, percentagem por grupo, e percentagem total de infiltração, para a margem cervical, entre os diferentes grupos de estudo.

	Infiltração Cervical	Grupo I			Grupo II			Grupo III		
		Contagem	% Grupo	% Infiltração	Contagem	% Grupo	% Infiltração	Contagem	% Grupo	% Infiltração
Não	0	3	30,0%	75,0%	1	10,0%	25,0%	0	-	-
Sim	1	6	60,0%	-	4	40,0%	-	6	60,0%	-
	2	1	10,0%	-	5	50,0%	-	4	40,0%	-
	<b>Total Sim</b>	<b>7</b>	<b>70,0%</b>	<b>26,9%</b>	<b>9</b>	<b>90,0%</b>	<b>34,6%</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>	<b>38,5%</b>

### Comparar a microinfiltração na margem oclusal entre os diferentes grupos

Através dos resultados apresentados na Tabela 10, verificou-se que a distribuição de valores para a infiltração na margem oclusal entre os diferentes grupos foi semelhante ( $p=0,711$ ).

Tabela 10 – Teste de Kruskal-Wallis de amostras independentes – margem oclusal

Nº Total	30
Estatística de teste	0,683
Graus de liberdade	2
Sig. assintótico (teste de 2 lados)	0,711

### Comparar a microinfiltração na margem cervical entre os diferentes grupos

Através dos resultados apresentados na Tabela 11, verificou-se que a distribuição de valores para a infiltração na margem cervical foi semelhante entre os diferentes grupos ( $p=0,071$ ).

Assim é possível aceitar a primeira hipótese nula, uma vez que tanto para a margem oclusal como para a cervical  $p>0,05$ , não apresenta significância estatística.

Tabela 11 – Teste de Kruskal-Wallis de amostras independentes – margem cervical

Nº Total	30
Estatística de teste	5,287
Graus de liberdade	2
Sig. assintótico (teste de 2 lados)	0,071

### 2. Análise de resultados – análise binomial

No gráfico 4 encontra-se atribuída a percentagem de sucesso (não – não ocorreu infiltração) e a percentagem de falha (sim – ocorreu infiltração) para as restaurações do grupo 1 cimentadas adesivamente com cimento de resina. A infiltração da margem oclusal no grupo 1 ocorre com uma probabilidade de  $\pm 50\%$  ( $p=0,754 > p=0,05$ ). O mesmo acontece para a margem cervical ( $p=0,344 > p=0,05$ ).

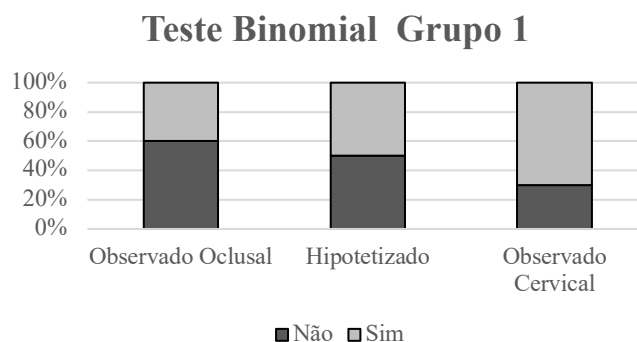


Gráfico 4 - Análise binomial da margem oclusal e cervical do grupo 1

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

No gráfico 5 encontra-se atribuída a percentagem de sucesso (não – não ocorreu infiltração) e a percentagem de falha (sim – ocorreu infiltração) para as restaurações do grupo 2 cimentadas adesivamente com resina composta aquecida. Ocorrer infiltração na margem oclusal do grupo 2 apresenta uma probabilidade de 50% ( $p=0,754 > p=0,05$ ). Na margem cervical a probabilidade de ocorrer ou não microinfiltração não se traduz em 50% ( $p=0,021 < p=0,05$ ).

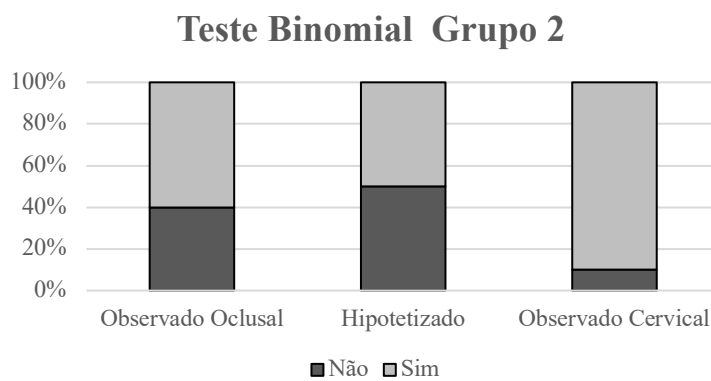


Gráfico 5 - Análise binomial da margem oclusal e cervical do grupo 2

No gráfico 6 encontra-se atribuída a percentagem de sucesso (não – não ocorreu infiltração) e a percentagem de falha (sim – ocorreu infiltração) para as restaurações do grupo 3 cimentadas adesivamente com resina composta *flowable*. Para o grupo 3, a infiltração na margem oclusal ocorre ou não com uma probabilidade de 50% ( $p=0,754 > p=0,05$ ). No entanto, para a margem cervical a infiltração ocorre com uma probabilidade diferente de 50% ( $p=0,002 < p=0,05$ ).

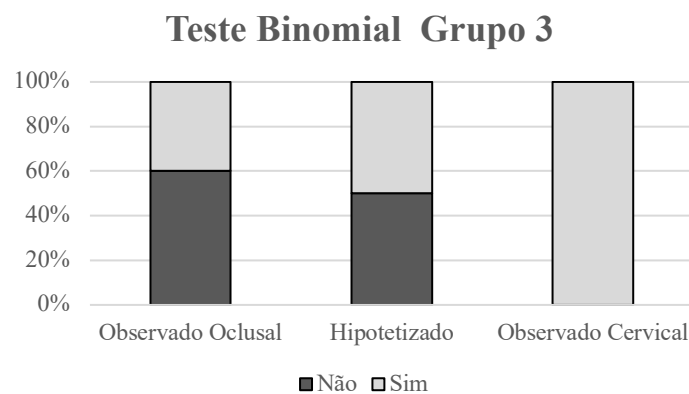


Gráfico 6 - Análise binomial da margem oclusal e cervical do grupo 3

## VI. Discussão

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de uma resina composta *flowable* como agente de cimentação adesiva de restaurações indiretas em resina composta, através da ocorrência de *microinfiltração* marginal em margens de esmalte e dentina, comparando-a a uma resina composta aquecida e um cimento de resina.

A introdução de sistemas adesivos na prática clínica levou à crescente utilização de resinas compostas como material restaurador, não sendo necessárias cavidades retentivas para materiais como a amálgama. O conceito de adesão tornou possível a preservação do máximo de estrutura dentária saudável, sendo dada especial atenção a técnicas minimamente invasivas (Staehele et al., 2015; Zaruba et al., 2014)

A resina composta sendo um material resistente e estético está indicado para situações de dentes posteriores e anteriores. Os valores de contração de polimerização apresentados pelas resinas constituem uma preocupação, principalmente em cavidades extensas e localizadas próximo da margem cervical, por causarem a formação de *gaps* marginais que promovem a microinfiltração (Solow, 2017).

Para ultrapassar essa limitação, surgiu a utilização de resinas compostas para restaurações indiretas, submetidas a polimerização externa e assim, a contração de polimerização está apenas dependente da camada de agente utilizado para cimentação adesiva (Magne, Malta, Enciso, & Monteiro-Junior, 2015). Em 2009 Poskus et al., demonstraram que restaurações indiretas em resina composta submetidas a polimerização adicional apresentavam melhores resultados de resistência ao desgaste e adaptação marginal.

As restaurações indiretas podem ser executadas em resina composta ou em cerâmica, e ambas apresentam bons resultados estéticos e funcionais (Barabanti et al., 2015). Ainda assim, Magne e Knezevic (2009) reportaram que as peças fabricadas em resina composta apresentavam melhor resistência às cargas mastigatórias do que as fabricadas em cerâmica, apesar do baixo módulo de elasticidade.

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

A técnica das semi-diretas foi introduzida nos anos 80 e corresponde a um método simplificado das restaurações indiretas, aliando a melhoria nas propriedades mecânicas do material, com o custo reduzido, menor tempo e número de consultas e melhor adaptação marginal da peça por ser fabricada “diretamente” na cavidade a restaurar (Alharbi et al., 2014; Soares et al., 2018). No caso de existirem margens apenas em dentina, como as margens cervicais na presente investigação, as restaurações fabricadas de forma semi-direta apresentam melhores resultados de adaptação marginal e na formação de *gaps* do que as produzidas na forma semi-indireta ou indireta (Poskus et al., 2009), razão pela qual se escolheu esta técnica. Para a execução das peças protéticas, a cavidade pode ser isolada apenas com glicerina (Hironaka et al., 2018) ou com teflon e vaselina (Soares et al., 2018). O método descrito por Soares et al (2018) foi o utilizado neste estudo, uma vez que o teflon constitua uma barreira entre a superfície dentária e o material restaurador, e a vaselina ajuda a adaptar o teflon à cavidade, reduzindo a possibilidade de se formarem defeitos na superfície interna da restauração.

Vários autores sugerem a utilização de uma resina composta *flowable* para a adesão de peças protéticas baseada na sua baixa viscosidade (Almeida, Schmitt, Kaizer, Boscato, & Moraes, 2015; Prieto, Tereza, Araújo, Junior, & Pierote, 2018), que lhe permite uma melhor adaptação à cavidade e a formação de uma camada de cimentação fina, impedindo a formação de bolhas de ar no seu interior. Está indicado o uso de materiais com grande flexibilidade em zonas sujeitas a um elevado desgaste, como a área cervical, uma vez que estes apresentam menor tendência a sofrer desadaptação durante esse *stress* (Baroudi & Rodrigues, 2015).

A longevidade de uma restauração é afetada pela microinfiltração. Quando a interação entre o substrato dentário, o sistema adesivo e o material restaurador se encontra comprometida, pode originar a falha de uma restauração (de Santi Alvarenga et al., 2015). A avaliação da microinfiltração representa uma das formas para testar sistemas adesivos e materiais restauradores (Yuan et al., 2015).

O tipo de substrato dentário influencia o grau de microinfiltração (Trajtenberg et al., 2008). A dificuldade em obter uma ligação estreita entre o sistema adesivo e a dentina, devido ao seu conteúdo elevado em água e matéria orgânica, favorece a ocorrência de

## Discussão

fenômenos de microinfiltração em margens com ausência de esmalte, onde a adesão ocorre de forma estável e previsível (Perdigão et al., 2013).

As lesões de classe V podem surgir por diferentes causas, como a presença de cáries cervicais, a abrasão, a atrição, erosão, doença periodontal que origina exposição da margem cervical, ou forças de deflexão nas cúspides vestibulares e linguais (Jacker-Guhr et al., 2016). O acesso e isolamento limitado, o difícil controle da humidade, a proximidade à junção amelo-cementária, as margens em dentina e as forças a que está sujeita durante a mastigação, comprometem a longevidade de restaurações efetuadas na zona cervical. Devido ao elevado fator C de cavidades classe V, estas são mais suscetíveis de sofrerem microinfiltração (Gupta et al., 2017). Assim, estudos de microinfiltração em lesões de classe V apresentam elevada relevância clínica (Jacker-Guhr et al., 2016).

Durante a preparação de cavidades para restaurações semi-diretas ou indiretas, vários estudos suportam a aplicação de IDS (Hironaka et al., 2018; Magne et al., 2005; Rocca, Dent, Krejci, & Dent, 2007), uma vez que esta técnica apresenta melhorias na resistência adesiva, atua como dessensibilizante e protege a superfície dentária exposta, facilita a verificação da peça em boca, o *try-in*, e a inserção final da mesma (Magne et al., 2012). Para esta técnica foi utilizado o sistema adesivo Optibond™ FL (Kerr™, Scafati, Italy), seguindo cuidadosamente as instruções do fabricante, de forma a uniformizar a interface adesiva criada entre todos os grupos (Fruits, Knapp, & Khajotia, 2006; Magne et al., 2012).

A utilização do silano e o seu aquecimento no pré-tratamento da superfície interna das restaurações indiretas demonstrou melhorias ao nível da resistência adesiva (Santos et al., 2017).

Foi realizada termociclagem para simular o envelhecimento fisiológico que ocorre nas condições da cavidade oral, expondo os dentes restaurados a temperaturas frias e quentes extremas (Morresi et al., 2014; Naumova et al., 2016). As alterações térmicas repetitivas induzem a hidrólise e conseqüente degradação da interface adesiva entre o substrato dentário e a restauração, devido ao coeficiente de expansão destes. A literatura refere que basta um número reduzido de ciclos para favorecer a microinfiltração marginal (Yuan et

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

al., 2015) mas ainda assim, alguns autores afirmam que para reproduzir o envelhecimento térmico são necessários cerca de 10 000 ciclos, não existindo consenso na atribuição de um número determinado de ciclos a um ano. Também o intervalo de temperaturas difere entre autores, baseado no princípio do efeito tampão da saliva, que impede a superfície dentária de atingir temperaturas extremas por períodos prolongados, e que a sua utilização nos testes pode interferir nos resultados (Morresi et al., 2014). No presente estudo foram realizados 500 ciclos, de acordo com a norma ISO/TS 11405:2015.

Para o estudo *in vitro* da microinfiltração podem ser utilizadas várias técnicas como o uso de marcadores químicos, bacterianos ou radioativos. O recurso à penetração de corantes corresponde ao mais utilizado, devido à sua facilidade e custo reduzido (Heintze, 2013; Jacker-Guhr et al., 2016). Esta técnica apresenta uma limitação na viabilidade dos resultados, uma vez que o peso molecular dos corantes utilizados é menor que o das bactérias presentes na cavidade oral. Assim, o corante é capaz de penetrar em espaços onde clinicamente poderia não haver infiltração bacteriana, conduzindo a valores de microinfiltração superiores à realidade (Patel et al., 2015). Para a utilização desta técnica é necessário o isolamento de toda a estrutura dentária do dente, excetuando a que envolve as margens da restauração, de forma a controlar a penetração do corante e a pigmentação da interface dente-restauração, para que esta tenha ocorrido pela face vestibular e não por qualquer outro ponto de entrada (Taylor & Lynch, 1992). De acordo com Madani et al., (2018) e Yuan et al., (2015) o ápex dos dentes em estudo deve ser selado com recurso a uma resina acrílica autopolimerizável como o TAB 2000 (Kerr™, Scafati, Italy) e toda a área em torno da restauração deve ser isolada com duas camadas de verniz incolor.

Gupta et al. (2017) para o estudo da microinfiltração em restaurações indiretas em cavidades classe V utilizaram como corante o azul de metileno a 2%. No presente estudo optou-se pela Fucsina básica a 0,5% (Lockhande et al., 2014; Poggio et al., 2013), uma vez que Heintze (2013) refere que a solução química do azul de metileno se comporta de forma instável quando exposta à luz e temperatura ambiente. A norma ISO/TS 11405:2015 que estabelece *guidelines* para a avaliação da infiltração marginal, não estipula qual o corante a ser utilizado, mencionando vários que são aceites. Vários autores afirmam que a escolha do corante a utilizar não constitui um fator significativo para os resultados a obter (Heintze, 2013; Lockhande, 2014; Moosavi et al., 2013). As diferenças

de valores de microinfiltração entre um mesmo grupo, tratado e cimentado segundo o mesmo protocolo e materiais, pode ser justificado com a configuração de cada dente, que varia e interfere com a cavidade onde é efetuado o procedimento. A existência discrepante entre valores de “0” e de “3” deve ter em conta que apenas uma secção da restauração foi observada e que a microinfiltração não segue um padrão homogêneo, variando entre diferentes áreas (Alhabdan, 2017, Politi, McHugh, Al-Fodeh, & Fleming, 2018)8).

A observação dos espécimes para avaliação da microinfiltração é feita através de um microscópio ótico, por um ou mais operadores. Os valores são atribuídos de acordo com uma escala ordinal semi-quantitativa, estabelecida pela norma ISO/TS 11405:2015, e por isso, os resultados obtidos encontram-se sujeitos à apreciação subjetiva humana (Politi et al., 2018). De forma a reduzir a subjetividade associada, vários autores descrevem a avaliação recorrendo a dois observadores independentes, como aplicado no presente estudo (de Santi Alvarenga et al., 2015; Köken, Juloski, Sorrentino, Grandini, & Ferrari, 2018; Poggio et al., 2013). Foram observadas e avaliadas duas metades adjacentes de cada dente. O maior valor obtido prevaleceu sobre o outro, tendo por base o princípio que se a infiltração atingiu aquele valor numa zona específica da restauração, então ocorreu extensão da infiltração até esse valor (Ferreira & Vieira, 2008; Madani et al., 2018). Quando a avaliação é realizada por meio de dois observadores, podem ser registados dois valores para cada dente e efetuar o tratamento estatístico através do teste Kappa (de Santi Alvarenga et al., 2015), ou após observações independentes, os valores obtidos por um e por outro são comparados, e aqueles que diferem são novamente avaliados e é obtido um valor final consensual. Para o tratamento de dados existe um valor para cada margem de cada dente. Este último método, utilizado no presente estudo, foi descrito por Poggio (2013) e Yuan (2015).

Não é possível fazer uma comparação direta dos resultados obtidos com outros estudos na literatura, uma vez que diferem os materiais exemplificativos de cada grupo, o tipo de cavidades testadas, os protocolos de tratamento da superfície dentária e da peça protética, a técnica utilizada para confecção das restaurações, a simulação do envelhecimento das amostras, o teste de microinfiltração utilizado, o corante escolhido, o instrumento para avaliação das margens, e a classificação utilizada para esse fim. Assim a comparação de resultados foi feita de forma indireta.

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

De acordo com os resultados obtidos, não foram registadas diferenças estatisticamente significativas nos valores de microinfiltração marginal entre os três materiais testados, confirmando assim a primeira hipótese nula. Ainda assim é possível aferir diferenças entre os materiais utilizados. Nas margens oclusais, compostas por esmalte e dentina, registou-se uma tendência para maiores níveis de infiltração nas restaurações cimentadas com resina composta aquecida (42,9%) em relação aos outros dois grupos (28,6%). Alharbi et al. (2014) concluiu que o uso de resina composta híbrida pré-aquecida apresentava menor contração de polimerização do que o cimento de resina ou uma resina com menor carga inorgânica, sendo expectável uma menor microinfiltração da restauração. Nas margens cervicais, localizadas apenas em dentina, o material com o qual se verificou maior infiltração foi a resina composta *flowable* (38,5%), seguida da resina composta aquecida (34,6%) e por último o cimento de resina (26,9%), apesar de Trelles, J, & K, 2012) relatarem que não foram observadas diferenças significativas quando comparada a microinfiltração entre uma resina *flowable* e uma resina composta híbrida. Peutzfeldt & Asmussen (2002) demonstraram que o uso de uma resina *flowable* melhorava a capacidade de selamento das margens e assim reduzia os valores de microinfiltração, contrariamente ao observado no presente estudo. Estes resultados podem estar relacionados com a elevada contração de polimerização dos materiais *flowable* (Prieto et al., 2018).

É possível observar que todos os materiais utilizados obtiveram valores mais elevados de microinfiltração nas margens cervicais em relação às margens oclusais, como seria de esperar, uma vez que a adesão em esmalte é mais estável e previsível (Bertrand et al., 2008; Gupta et al., 2017; Heintze, 2013). A segunda hipótese nula é assim rejeitada, uma vez que nos grupos 2 e 3, a resina composta aquecida e a resina *flowable*, respetivamente, apresentam uma probabilidade de ocorrer microinfiltração na margem cervical, superior a 0,5, ou seja, a probabilidade de falha dessas restaurações é superior a 50%.

Existe um elevado número de estudos de microinfiltração marginal em restaurações indiretas e não existe consenso em vários parâmetros. Diferem no tipo de corante utilizado, nas percentagens em que se encontram, no tempo de imersão, na necessidade ou não de realizar termociclagem, diferindo neste caso no número de ciclos, no intervalo

## Discussão

de temperaturas, no tempo de cada banho e entre banhos (Heintze, 2013). Assim, existem vários estudos acerca dos materiais estudados individualmente, cabendo ao clínico um discernimento não apenas clínico, mas também apoiado por evidência científica relevante para a escolha do material a utilizar para a cimentação de restaurações indiretas em resina composta (Prieto et al., 2018).

Por se tratar de um estudo *in vitro*, os resultados obtidos na presente investigação apresentam determinadas vantagens e limitações próprias, que podem não corresponder à realidade clínica.



## VII. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos na presente investigação *in vitro* é possível concluir que:

1. A distribuição dos diferentes graus de microinfiltração nas margens em esmalte e dentina, não se alterou de acordo com os materiais avaliados.
2. A taxa de sucesso de uma restauração semi-direta cimentada adesivamente, de acordo com a probabilidade de sofrer microinfiltração, apresentou-se material-dependente, uma vez que houve diferenças nos diferentes materiais.
3. A ocorrência de microinfiltração marginal em restaurações semi-diretas apresenta maior propensão em margens localizadas apenas em dentina.

### Relevância clínica

A procura pela estética e por abordagens minimamente invasivas, com o máximo de preservação das estruturas dentárias aumentou a utilização da técnica de restaurações indiretas, por se apresentarem como uma alternativa acessível, resistente, semelhante ao dente e com bons resultados a longo prazo.

De forma a diminuir o tempo e o número de consultas, e o preço associado à execução em laboratório, as restaurações semi-diretas apresentam-se como uma alternativa viável, apesar de estarem restritas a cavidades com paredes divergentes.

Com a preocupação inerente à adesão em substratos dentinários, surge a necessidade de encontrar um material adesivo que se comporte de forma semelhante quer no esmalte como na dentina.

Os estudos levados a cabo no decorrer dos últimos anos demonstram uma extensa variedade de abordagens, técnicas e materiais. Nesta investigação, foi demonstrado que a

## Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

cimentação adesiva de uma restauração em resina composta, através da técnica semi-direta, poderá ser feita com qualquer um dos materiais utilizados.

### **Perspetivas futuras**

Nesta linha de investigação, poderia ser pertinente:

- Avaliar a microinfiltração através de um método quantitativo, eliminando o fator subjetividade do observador;
- Comparar resinas *flowable* com diferentes constituições;
- Comparar a microinfiltração de restaurações semi-diretas com restaurações semi-indiretas, e avaliar se existem diferenças nas margens de restaurações da mesma cavidade;
- Avaliar a influência da espessura da camada de agente de cimentação, na microinfiltração da restauração;

## VIII. Bibliografia

Alhabdan, A. A. (2017). Review of Microleakage Evaluation Tools. *Journal of International Oral Health*, 9(4), 141–145.

Alharbi, A., Rocca, G. T., Dietschi, D., & Krejci, I. (2014). Semidirect composite onlay with cavity sealing: A review of clinical procedures. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 26(2), 97–106. <https://doi.org/10.1111/jerd.12067>

Almeida, J. R., Schmitt, G. U., Kaizer, M. R., Boscato, N., & Moraes, R. R. (2015). Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(2), 272–277. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.01.008>

Anusavice, K., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillips' Science of Dental Materials* (12th ed.). St. Louis, Missouri: Elsevier.

Armstrong, S., Breschi, L., Özcan, M., Pfefferkorn, F., Ferrari, M., & Van Meerbeek, B. (2017). Academy of Dental Materials guidance on in vitro testing of dental composite bonding effectiveness to dentin/enamel using micro-tensile bond strength ( $\mu$ TBS) approach. *Dental Materials*, 33(2), 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.11.015>

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–e59. <https://doi.org/10.4317/jced.51604>

Baroudi, K., & Rodrigues, J. C. (2015). Flowable resin composites: A systematic review and clinical considerations. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(6), ZE18-ZE24. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/12294.6129>

Bedran-Russo, A., Leme-Kraus, A. A., Vidal, C. M. P., & Teixeira, E. C. (2017). An Overview of Dental Adhesive Systems and the Dynamic Tooth–Adhesive Interface. *Dental Clinics of North America*, 61(4), 713–731. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.001>

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Bertrand, M.-F., Brulat, N., Lazzarini, V., Marcato, G., Namour, S., & Rocca, J.-P. (2008). Er: YAG Laser Cavity Preparation and Semi-Direct Composite Resin Restoration: A Microleakage Study. *Photomedicine and Laser Surgery*, *26*(5), 473–477.

Bolgul, B., Ayna, B., Simsek, I., Çelenk, S., Şeker, O., & Kiliç, G. (2017). Leakage testing for different adhesive systems and composites to permanent teeth. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, *20*(7), 787–791. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.171417>

Cristian, A. C., Jeanette, L., Francisco, M. R., & Guillermo, P. (2016). Correlation between Microleakage and Absolute Marginal Discrepancy in Zirconia Crowns Cemented with Four Resin Luting Cements: An In Vitro Study. *International Journal of Dentistry*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/8084505>

D’Amario, M., De Angelis, F., Vadini, M., Marchili, N., Mummolo, S., & D’Arcangelo, C. (2015). Influence of a Repeated Preheating Procedure on Mechanical Properties of Three Resin Composites. *Operative Dentistry*, *40*–2, 181–189.

D’Arcangelo, C., Vanini, L., Casinelli, M., Frascaria, M., De Angelis, F., Vadini, M., & D’Amario, M. (2015). Adhesive Cementation of Indirect Composite Inlays and Onlays: A Literature Review. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, *36*(8), 570–7; quiz 578. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26355440>

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. <https://doi.org/10.1177/154405910508400204>

de Santi Alvarenga, F. A., Pinelli, C., & Monteiro Loffredo, L. de C. (2015). Reliability of marginal microleakage assessment by visual and digital methods. *European Journal of Dentistry*, *9*(1), 1–5. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.149628>

Deb, S., Di Silvio, L., MacKler, H. E., & Millar, B. J. (2011). Pre-warming of dental composites. *Dental Materials*, *27*(4), e51–e59. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.11.009>

Dietschi, D., Monasevic, M., Krejci, I., & Davidson, C. (2002). Marginal and internal

## Bibliografia

adaptation of class II restorations after immediate or delayed composite placement. *Journal of Dentistry*, 30(5–6), 259–269.

Donovan, Sulaiman, Oliveira, Bayne & Thompson: Dental Biomaterials. In Ritter, A.V., Boushell, L.W., Walter, R.: Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry, seventh edition, St. Louis, Missouri, 2018, Elsevier, pp 453-510

Fabianelli, A., Pollington, S., Davidson, C., Cagidiaco, M., & Goracci, C. (2007). The Relevance of Micro-Leakage Studies. *International Dentistry SA*, 9(3), 64–74.

Felden, A., Schmalz, G., & Hiller, K. A. (2000). Retrospective clinical study and survival analysis on partial ceramic crowns: results up to 7 years. *Clinical Oral Investigations*, 4(4), 199–205. <https://doi.org/10.1007/s007840000082>

Ferracane, J. L. (2011). Resin composite - State of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>

Ferracane, J. L., Hilton, T. J., Stansbury, J. W., Watts, D. C., Silikas, N., Ilie, N., ... Hickel, R. (2017). Academy of Dental Materials guidance—Resin composites: Part II—Technique sensitivity (handling, polymerization, dimensional changes). *Dental Materials*, 33(11), 1171–1191. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.08.188>

Ferreira, M. C., & Vieira, R. S. (2008). Marginal leakage in direct and indirect composite resin restorations in primary teeth: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 36(5), 322–325. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.01.016>

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. <https://doi.org/10.2341/05-148>

Going, R. E. (1972). Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *Journal of American Dental Association*, 84, 1349–1357.

Goldberg, M. (2011). Dentin structure composition and mineralization. *Frontiers in Bioscience*, E3(2), 281. <https://doi.org/10.2741/e281>

Görüş, Z. (2018). Examination of the Effect of Preheating Process on Microtensile Bond Strength in the Cementation of Indirect Restorations. *International Dental Research*,

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

8(1), 15–21. <https://doi.org/10.5577/intdentres.2018.vol8.no1.3>

Gupta, A., Tavane, P., Gupta, P. K., Tejolatha, B., Lakhani, A. A., Tiwari, R., ... Garg, G. (2017). Evaluation of microleakage with total etch, self etch and universal adhesive systems in class V restorations: An *in vitro* study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(4), ZC53-ZC56. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/24907.9680>

Heintze, S. D. (2013). Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dental Materials*, 29(1), 59–84. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.07.158>

Hironaka, N. G. L., Ubaldini, A. L. M., Sato, F., Giannini, M., Terada, R. S. S., & Pascotto, R. C. (2018). Influence of immediate dentin sealing and interim cementation on the adhesion of indirect restorations with dual-polymerizing resin cement. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(4), 678.e1-678.e8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.02.001>

Imai, A., Takamizawa, T., Sugimura, R., Tsujimoto, A., Ishii, R., Kawazu, M., ... Miyazaki, M. (2019). Interrelation among the handling, mechanical, and wear properties of the newly developed flowable resin composites. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 89, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.09.019>

Jacker-Guhr, S., Ibarra, G., Oppermann, L. S., Lührs, A. K., Rahman, A., & Geurtsen, W. (2016). Evaluation of microleakage in class V composite restorations using dye penetration and micro-CT. *Clinical Oral Investigations*, 20(7), 1709–1718. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1676-0>

Jongsma, L. A., & Kleverlaan, C. J. (2015). Influence of temperature on volumetric shrinkage and contraction stress of dental composites. *Dental Materials*, 31(6), 721–725. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.03.009>

K, T., J, A., & T, E.-T. (2012). Microleakage in Class V cavities with self-etching adhesive system and conventional rotatory or laser Er,Cr:YSGG. *Laser Therapy*, 21(4), 255–268. <https://doi.org/10.5978/islsm.12-OR-14>

Karaarslan, E. S., Usumez, A., Ozturk, B., & Cebe, M. A. (2012). Effect of cavity preparation techniques and different preheating procedures on microleakage of class V

## Bibliografia

resin restorations. *European Journal of Dentistry*, 6(1), 87–94.

Köken, S., Juloski, J., Sorrentino, R., Grandini, S., & Ferrari, M. (2018). Marginal sealing of relocated cervical margins of mesio-occluso-distal overlays. *Journal of Oral Science*, 1–9. <https://doi.org/10.2334/josnusd.17-0331>

Li, Q., Jepsen, S., Albers, H. K., & Eberhard, J. (2006). Flowable materials as an intermediate layer could improve the marginal and internal adaptation of composite restorations in Class-V-cavities. *Dental Materials*, 22(3), 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.04.011>

Lokhande, N. A., Padmai, A. S., Rathore, V. P. S., Shingane, S., Jayashankar, D. N., & Sharma, U. (2014). Effectiveness of flowable resin composite in reducing microleakage - an in vitro study. *Journal of International Oral Health: JIOH*, 6(3), 111–114. <https://doi.org/10.3141/2076-12>

Loomans, B., & Özcan, M. (2016). Intraoral Repair of Direct and Indirect Restorations: Procedures and Guidelines. *Operative Dentistry*, 41(S7), S68–S78. <https://doi.org/10.2341/15-269-LIT>

Lynch, C. D., Opdam, N. J., Hickel, R., Brunton, P. A., Gurgan, S., Kakaboura, A., ... Wilson, N. H. F. (2014). Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. *Journal of Dentistry*, 42(4), 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.01.009>

Madani, L., Sarkisians, E., Kiomarsi, N., Kharazifard, M. J., & Chiniforush, N. (2018). Effect of antimicrobial photodynamic therapy on microleakage of class cavities restored with composite resin. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 23(May), 78–82. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2018.06.010>

Magne, P. (2017). Noninvasive bilaminar CAD / CAM composite resin veneers : a semi- ( in ) direct approach, 134–155.

Magne, P., Boff, L. L., Oderich, E., & Cardoso, A. C. (2012). Computer-aided-design/computer-assisted-manufactured adhesive restoration of molars with a compromised cusp: Effect of fiber-reinforced immediate dentin sealing and cusp overlap on fatigue strength. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 24(2), 135–146.

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

<https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2011.00433.x>

Magne, P., Kim, T. H., Cascione, D., & Donovan, T. E. (2005). Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, *94*(6), 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.10.010>

Magne, P., Malta, D. A. M. P., Enciso, R., & Monteiro-Junior, S. (2015). Heat Treatment Influences Monomer Conversion and Bond Strength of Indirect Composite Resin Restorations. *The Journal of Adhesive Dentistry*, *17*(6), 559–566. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a35258>

Magne, P., & Nielsen, B. (2009). Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *Journal of Prosthetic Dentistry*, *102*(5), 298–305. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60178-5](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60178-5)

Magne, P., So, W. S., & Cascione, D. (2007). Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. *Journal of Prosthetic Dentistry*, *98*(3), 166–174. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(07\)60052-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(07)60052-3)

Marcondes, M., & Souza, N. (2016). Clinical Evaluation of Indirect Composite Resin Restorations Cemented with Different Resin Cements. *Adhesive Dentistry*, *18*(1), 59–68. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00229-5](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00229-5)

Marshall, S. J., Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P., & Marshall, G. W. (2010). A review of adhesion science. *Dental Materials*, *26*(2), 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.157>

Matinlinna, J. P., Lung, C. Y. K., & Tsoi, J. K. H. (2018). Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dental Materials*, *34*(1), 13–28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002>

Mente, J., Ferk, S., Dreyhaupt, J., Deckert, A., Legner, M., & Staehle, H. J. (2010). Assessment of different dyes used in leakage studies. *Clinical Oral Investigations*, *14*(3), 331–338. <https://doi.org/10.1007/s00784-009-0299-8>

Morimoto, S., Rebello De Sampaio, F. B. W., Braga, M. M., Sesma, N., & Özcan, M. (2016). Survival Rate of Resin and Ceramic Inlays, Onlays, and Overlays: A Systematic

## Bibliografia

Review and Meta-analysis. *Journal of Dental Research*, 95(9), 985–994.  
<https://doi.org/10.1177/0022034516652848>

Morresi, A. L., D'Amario, M., Capogreco, M., Gatto, R., Marzo, G., D'Arcangelo, C., & Monaco, A. (2014). Thermal cycling for restorative materials: Does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 29, 295–308.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2013.09.013>

Murata, T., Maseki, T., & Nara, Y. (2018). Effect of immediate dentin sealing applications on bonding of CAD/CAM ceramic onlay restoration. *Dental Materials Journal*. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-377>

Nakabayashi, N., & Pashley, D. H. (1998). *Hybridization of dental hard tissues*.

Nanci, A. (2012). *Ten Cate's Oral Histology* (8th ed.). Elsevier.

Naumova, E. A., Ernst, S., Schaper, K., Arnold, W. H., & Piwowarczyk, A. (2016). Adhesion of different resin cements to enamel and dentin. *Dental Materials Journal*, 35(3), 345–352. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-174>

Packham DE: Adhesion. In Packham DE, editor: *Handbook of adhesion*, Essex, UK, 1992, Longman Scientific & Technical, pp 18-20

Patel, M. U., Punia, S. K., Bhat, S., Singh, G., Bhargava, R., Goyal, P., ... Raiyani, C. M. (2015). An in vitro evaluation of microleakage of posterior teeth restored with amalgam, composite and zirconomer – A stereomicroscopic study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(7), ZC65-ZC67. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/13024.6225>

Perdigão, J., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2013). Dentin adhesion and MMPs: A comprehensive review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(4), 219–241.  
<https://doi.org/10.1111/jerd.12016>

Perdigão, J., Walter, R., Miguez, P.A., Swift, E.J.: *Fundamental Concepts of Enamel and Dentin Adhesion*. In Ritter, A.V., Boushell, L.W., Walter, R.: *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*, seventh edition, St. Louis, Missouri, 2018, Elsevier, pp 136-169

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

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, Patologia Oral y Cirugia Bucal*, *18*(5), 793–798. <https://doi.org/10.4317/medoral.18344>

Politi, I., McHugh, L. E. J., Al-Fodeh, R. S., & Fleming, G. J. P. (2018). Modification of the restoration protocol for resin-based composite (RBC) restoratives (conventional and bulk fill) on cuspal movement and microleakage score in molar teeth. *Dental Materials*, *34*(9), 1271–1277. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.05.010>

Poskus, L. T., Latempa, A. M. A., Chagas, M. A., Silva, E. M. Da, Leal, M. P. D. S., & Guimarães, J. G. A. (2009). Influence of post-cure treatments on hardness and marginal adaptation of composite resin inlay restorations: an in vitro study. *Journal of Applied Oral Science: Revista FOB*, *17*(6), 617–622. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572009000600015>

Prieto, L. T., Tereza, C., Araújo, P. De, Junior, J., & Pierote, A. (2018). Evaluation of degree of conversion and the effect of thermal aging on the color stability of resin cements and flowable composite. *Journal of Conservative Dentistry*, *21*(1), 47–51. <https://doi.org/10.4103/JCD.JCD>

Qanungo, A., Aras, M. A., Chitre, V., Mysore, A., Amin, B., & Daswani, S. R. (2016). Immediate dentin sealing for indirect bonded restorations. *Journal of Prosthodontic Research*, *60*(4), 240–249. <https://doi.org/10.1016/j.jpjor.2016.04.001>

Rippe, M. P., Monaco, C., Volpe, L., Bottino, M. A., Scotti, R., & Valandro, L. F. (2017). Different Methods for Inlay Production: Effect on Internal and Marginal Adaptation, Adjustment time and contact point. *Operative Dentistry*, *42–4*, 436–444.

Rocca, G. T., Dent, M., Krejci, I., & Dent, P. M. (2007). Masters project work plan (1), (7), 543–553.

Rohr, N., & Fischer, J. (2017). Tooth surface treatment strategies for adhesive cementation. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, *9*(2), 85. <https://doi.org/10.4047/jap.2017.9.2.85>

Rueggeberg, F. A., Daronch, M., Browning, W. D., & De Goes, M. F. (2010). In vivo

## Bibliografia

temperature measurement: Tooth preparation and restoration with preheated resin composite. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 22(5), 314–322. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2010.00358.x>

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

Skrtic, D., & Antonucci, J. M. (2007). Effect of Chemical Structure and Composition of the Resin Phase on Vinyl Conversion of Amorphous Calcium Phosphate-filled Composites. *Polym Int.*, 56(4), 497–505. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.02.014>

Soares, C. J., Faria-e-silva, A. L., Rodrigues, M. de P., Vilela, A. B. F., Pfeifer, C. S., Tantbirojn, D., & Versluis, A. (2017). Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements – What do we need to know? *Brazilian Oral Research*, 31(suppl 1), 49–63. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2017.vol31.0062>

Soares, L. M., Razaghy, M., & Magne, P. (2018). Optimization of large MOD restorations: Composite resin inlays vs. short fiber-reinforced direct restorations. *Dental Materials*, 34(4), 587–597. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.01.004>

Solow, R. A. (2017). Direct composite resin onlays: Rationale and Clinical Application, 19–24.

Somani, R., Jaidka, S., & Arora, S. (2016). Comparative evaluation of microleakage of newer generation dentin bonding agents: An in vitro study. *Indian Journal of Dental Research*, 27(1), 86. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.179837>

Spencer, P., Ye, Q., Park, J., Topp, E. M., Misra, A., Wang, Y., ... Katz, J. L. (2011). Adhesive/Dentin Interface: The Weak Link in the Composite Restoration. *Ann Biomed Eng.*, 38(6), 1989–2003. <https://doi.org/10.1007/s10439-010-9969-6>

Staeble, H. J., Wolff, D., & Frese, C. (2015). More conservative dentistry: clinical long-term results of direct composite resin restorations. *Quintessence Int*, 46(5), 373–380. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a33718>

Estudo *in vitro* da Microinfiltração Marginal de uma Resina Composta *Flowable* usada na Adesão de Restaurações Indiretas em Resina Composta

Taylor, M. J., & Lynch, E. (1992). Microleakage, 3–10.

Turk, A. G., Sabuncu, M., Unal, S., Onal, B., & Ulusoy, M. (2016). Comparison of the marginal adaptation of direct and indirect inlay restorations with optical coherence tomography. *Journal of Applied Oral Science*, 383–390.

Yuan, H., Li, M., Guo, B., Gao, Y., Liu, H., Li, J., & Professor, C. (2015). Evaluation of Microtensile Bond Strength and Microleakage of a Self-adhering Flowable Composite Performed the experiments in partial fulfillment of requirements for a degree. *J Adhes Dent*, 1710(17), 535–54315. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a35253>

Zaruba, M., Kasper, R., Kazama, R., Wegehaupt, F., Ender, A., Attin, T., & Mehl, A. (2014). Marginal adaptation of ceramic and composite inlays in minimally invasive mod cavities. *Clinical Oral Investigations*, 18(2), 579–587.

Zimmerli, B., Strub, M., Jeger, F., Stadler, O., & Lussi, A. (2010). Composite materials: composition, properties and clinical applications. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 120(11), 972–979. <https://doi.org/smfz-2010-11-30>