

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE DENTÍSTICA**

Elizabeth da Cunha Heiderscheidt

**MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL EM RESTAURAÇÕES  
ADESIVAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia, área de concentração Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira  
Co-orientador: Prof. Dr. Gilberto Muller Arcari

Florianópolis  
2011



Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

H465m Heiderscheidt, Elizabeth da Cunha  
Microinfiltração marginal em restaurações adesivas  
[dissertação] / Elizabeth da Cunha Heiderscheidt ; orientador,  
Luiz Clovis Cardoso Vieira. - Florianópolis, SC, 2011.  
122 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-  
Graduação em Odontologia.

Inclui referências

1. Odontologia. 2. Restauração (Odontologia) - Infiltração.  
3. Resinas dentárias. I. Vieira, Luiz Clóvis Cardoso. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-  
Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU 616.314



Elizabeth da Cunha Heiderscheidt

## **MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL EM RESTAURAÇÕES ADESIVAS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 20 de dezembro de 2011.

---

Prof. Dr. Ricardo de Souza Magini  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia

### **Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira,  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Hamilton Pires Maia  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dra. Elaine Auxiliadora Vilela Maia  
Universidade Paulista



# AGRADECIMENTOS

Se a realização deste trabalho foi possível, assim como a conquista da minha formação acadêmica, foi porque tive muitas colaborações significativas. Gostaria de expressar minha mais sincera gratidão a todos que de forma direta ou indireta participaram.

Primeiramente, agradeço aos meus **pais**, minha **irmã**, **vó Asta** e **tia Gina** o carinho, confiança, as palavras amigas nas horas de aflição, sempre acreditando em minha capacidade e orgulhando-se de minhas conquistas. A vocês devo minha formação humana e profissional. Na verdade, nem sei como agradecê-los, muito menos em palavras.

Ao grupo de **professores** do curso agradeço a divisão de conhecimentos, informações, e a construção de um ambiente agradável entre todos. Mesmo que talvez não saibam, cada um de vocês teve uma participação muito importante no período em que pude desfrutar da companhia.

Ao meu orientador, **Prof. Clóvis**, muito obrigada pela confiança em mim depositada e pela liberdade concedida durante as etapas de desenvolvimento dessa dissertação. Obrigada por ser tão único, e conseguir estar presente mesmo em sua ausência. Obrigada ainda por tentar fazer com que as coisas parecessem mais fáceis, sempre.

Ao **Prof. Baratieri**, obrigada pela oportunidade. Oportunidade de crescimento pessoal e profissional. Você influencia e gera estímulo. Obrigada por nunca deixar faltar energia em mim e nos outros.

À **Prô Renata**, agradeço a doçura, a sinceridade, a humildade e outras tantas virtudes que me foram demonstradas. Obrigada por sempre demonstrar essas qualidades e deixar os dias mais gostosos. O conhecimento a mim repassado ultrapassou os limites técnicos.

Ao **Prof. Maia**, muitíssimo obrigada pelo tempo. Tanto tempo destinado a nos mostrar o que de melhor você sabe fazer. Obrigada por sempre ouvir, por elogiar e por criticar. Agradeço o estímulo, muitas vezes passado através de um simples abraço.

**Prof. Sylvio**, gostaria de agradecer as inúmeras conversas, as inúmeras risadas, o convívio sempre amigável, e o fato de ter me escolhido para sempre receber o primeiro cumprimento. Obrigada por ter desenvolvido amizade comigo e meus colegas. Obrigada por sempre ensinar.

Ao **Prof. Guilherme**, agradeço o excelente convívio, o interesse na pesquisa, a retidão dos métodos e a fonte abundante de conhecimento.

Ao **Prof. Gilberto**, obrigada por co-orientar esta pesquisa, dando importância a cada detalhe. Obrigada pelos ótimos momentos, desde a época de Especialização.

À **Prof. Sheila**, obrigada pela presença sempre prazerosa. Você sempre somou algo para mim. Obrigada por dividir tantas coisas.

**Prof. Jussara** e sua energia sem fim, obrigada por me recarregarem sempre. Agradeço a disposição, a alegria e a mão amiga sempre estendida.

Ao **Prof. Mauro**, meu agradecimento pelas tantas vezes em que conversamos e compartilhamos idéias sobre os mais variados temas. O convívio com o senhor foi sempre produtivo.

Ao **Prof. Élito**, obrigada por ser uma pessoa boa, e sempre passar isso aos seus alunos. É muito bom conviver com pessoas que valorizam o esforço e respeitam as palavras.

Aos demais **professores** que tive o prazer de conviver na UFSC, em diversas disciplinas, obrigada pela dedicação.

Aos **funcionários** da UFSC, em especial, **D. Léa** e **Bruno**, obrigada pela gentileza.

Meus colegas de mestrado, **Diogo, Caco, Gabi, Fê, Shiz, Lindi, Vane, Marcell, Buda, Baiano e Tonho**, vocês foram e são fundamentais. Compartilharam temores, anseios, felicidades, e sempre conseguiram extrair o que de melhor há em mim. Obrigada por cada qualidade e defeito característico e individual. Foi um prazer conhece-los e tê-los agora como amigos. Obrigada por toda a ajuda.

Aos **colegas de salinha** que cursam o doutorado, ou que já estão no fim, obrigada pelo convívio sempre agradável.

Ao **Programa de Pós-Graduação** em Odontologia da UFSC, na pessoa do atual coordenador *Prof. Dr. Ricardo de Souza Magini*, agradeço a valiosa oportunidade.

Aos meus **amigos extra-universidade** obrigada por existirem! Vocês tornaram tudo mais fácil.

Ao **Thiago**, por fazer de cada segundo um momento especial e tornar meu mundo melhor. Agradeço por estares comigo e por me dar a sensação de que nada mais preciso.

Enfim, a todas essas pessoas, a única coisa que posso oferecer em troca é a minha amizade e meu respeito. Contem comigo para o que precisarem...

**Obrigada, obrigada e obrigada!**



## RESUMO

HEIDERSCHIEDT, Elizabeth da Cunha. **Microinfiltração Marginal em restaurações adesivas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de concentração: Dentística) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Apesar da evolução nas características físico-mecânicas das resinas compostas, a contração gerada pela reação de polimerização continua sendo uma desvantagem, podendo levar a infiltração marginal e respostas pulpares adversas. Nesta pesquisa foi avaliado o efeito do uso de resinas compostas com baixa contração no índice de microinfiltração marginal em esmalte e dentina de restaurações Classe II. Para isso, em 60 pré-molares hígidos extraídos foram preparadas cavidades Classe II MOD padronizadas, com limites gengivais em dentina e esmalte. Os dentes preparados foram divididos em 6 grupos e restaurados com uma resina controle (G1- Filtek® Z350) ou uma de cinco resinas de baixa contração (G2- Filtek® Z350 XT; G3- Charisma® Opal; G4- IPS Empress® Direct; G5 – Tetric® N-Ceram e G6- Filtek® P90 à base de silorano). Todas foram utilizadas seguindo as recomendações de cada fabricante. Após 7 dias de armazenamento em água destilada, os espécimes foram submetidos a 500 ciclos térmicos (5°C a 55°C). Todas as superfícies foram impermeabilizadas com esmalte cosmético, deixando 1mm livre nas margens da restauração, e os protocolos para imersão em solução de nitrato de prata amoniacal foram seguidos. As amostras foram então seccionadas em sentido mesio-distal, fotografadas, e a porcentagem de microinfiltração marginal foi definida por meio de software específico. Os valores foram analisados estatisticamente pelos testes ANOVA e Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ). Os resultados mostraram que em todos os grupos houve microinfiltração em esmalte e/ou dentina, com maiores índices em dentina. Em esmalte não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, já em dentina os menores índices de microinfiltração foram obtidos por Filtek® P90.

**Palavras-chave:** microinfiltração, baixa contração, resinas compostas.



## ABSTRACT

HEIDERSCHIEDT, Elizabeth da Cunha. **Microinfiltração Marginal em restaurações adesivas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de concentração: Dentística) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Despite the progress in physical and mechanical properties of composites, the contraction generated by the polymerization reaction remains a disadvantage and can lead to leakage and adverse pulpal reactions. This study assessed the effect of the use of low shrinkage composite resins in the rate of marginal microleakage in enamel and dentin of Class II restorations. Thus, in 60 caries-free extracted premolars standardized Class II MOD cavities were prepared, with gingival floors on dentin and enamel. The prepared teeth were divided into 6 groups and restored with a control microhybrid resin (G1- Filtek® Z350) or one of five low shrinkage resins (G2- Filtek® Z350 XT; G3- Charisma® Opal; G4- IPS Empress® Direct; G5 – Tetric® N-Ceram and G6- Filtek® P90 silorane based). All were used following each manufacturer recommendations. After 7 days of storage in distilled water, the specimens were subjected to 500 thermal cycles (5°C to 55°C). All tooth surfaces were sealed with nail varnish to within 1mm from the restoration margins and protocols for immersion in ammoniacal silver nitrate were followed. The samples were then sectioned mesiodistally, photographed, and the percentage of microleakage was defined by means of specific software. Data were statistically analyzed with ANOVA and Kruskal-Wallis tests ( $p < 0.05$ ). Results revealed that all groups showed microleakage in enamel and/or dentin, with the highest rates in dentin. Evaluating the enamel margins there was no statistically significant difference between the groups, however the lowest microleakage rates in dentin were obtained by G6.

**Keywords:** microleakage; low shrinkage composite; resin composite.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Pré-molares utilizados.....	69
FIGURA 2 – Mensurações utilizando sonda periodontal milimetrada; a. Distância vestibulo-lingual; b. Distância a partir da junção esmalte-dentina; c. Largura da caixa proximal distal. ....	70
FIGURA 3 – a. Ponta diamantada #4137 posicionada para iniciar o preparo; b. Proporção entre ponta diamantada e sonda periodontal milimetrada. ....	70
FIGURA 4 – Caixa proximal com limite cervical em esmalte; a. Preparo da caixa proximal mesial com margem 1mm acima da junção esmalte-dentina; b. Análise da distância da margem em relação à junção esmalte-dentina. ....	71
FIGURA 5 – Preparo da segunda caixa proximal com margem cervical em dentina; a. Margem 1mm abaixo da junção esmalte-dentina.; b. Manutenção da largura do preparo. ....	71
FIGURA 6 – a. Mensuração da profundidade do preparo na parede pulpar; b. Preparo pronto para ser restaurado. ....	71
FIGURA 7 - Matriz e Porta-matriz tipo Tofflemire. ....	74
FIGURA 8 – a. Matriz posicionada; b. Vista oclusal da matriz adaptada ao dente com godiva de baixa fusão, simulando a presença de dentes adjacentes .....	74
FIGURA 9 - Vista distal de um dente impermeabilizado.....	78
FIGURA 10 - Corte referente a um dos espécimes do Grupo 3. As retas azuis indicam a extensão das interfaces com margem em esmalte e dentina.....	79



## LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1 - Classificação dos grupos de acordo com o sistema restaurador utilizado. Cada sistema restaurador foi formado por uma resina composta e o adesivo sugerido pelo fabricante da mesma.....72
- QUADRO 2 - Comparações individuais entre os grupos a partir do teste de Kruskal-Wallis. As colunas vermelhas indicam equivalência estatística. ....87



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Classificação das resinas compostas quanto ao tamanho das cargas.....	34
TABELA 2 - Composição básica das resinas compostas empregadas. ....	73
TABELA 3 - Índices percentuais de microinfiltração observados em esmalte, com suas respectivas médias e desvios-padrão, referentes aos seis grupos experimentais.....	83
TABELA 4 - Resultados do teste ANOVA para comparação dos índices percentuais de microinfiltração entre os seis grupos experimentais. ....	84
TABELA 5 - Índices percentuais de microinfiltração observados em dentina, com suas respectivas médias e desvios-padrão, referentes aos seis grupos experimentais.....	85



## **LISTA DE GRÁFICOS**

- GRÁFICO 1 - Médias dos índices percentuais de microinfiltração em esmalte entre os grupos. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. ....84
- GRÁFICO 2 - Médias dos índices percentuais de microinfiltração em dentina entre os grupos. O grupo 6 apresentou índice de microinfiltração significativamente menor que os demais grupos. ....86



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MOD	Mésio-ocluso-distal
Bis-GMA	Bisfenol glicidil metacrilato
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetacrilato
UDMA	Uretano dimetacrilato
BisEMA	Bis-fenol A methacrilato etoxilado
$\mu\text{m}$	Micrometro
nm	Nanometro
Å	Angstrom
mm	Milímetros
LED	Diodo Emissor de Luz



# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	29
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	33
2.1 RESINAS COMPOSTAS	34
2.1.2 Contração de Polimerização	36
2.1.3 Minimização da Contração de Polimerização	38
2.1.4 Minimização da Contração de Polimerização nas Resinas Compostas	40
2.2 MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL	48
<b>3 OBJETIVOS</b>	57
3.1 OBJETIVO GERAL	57
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	57
<b>4 JUSTIFICATIVA</b>	61
<b>5 HIPÓTESES</b>	65
<b>6 MATERIAIS E MÉTODO</b>	69
6.1 PROCEDIMENTOS RESTAURADORES	72
6.1.1 Grupo 1	75
6.1.2 Grupo 2	75
6.1.3 Grupo 3	75
6.1.4 Grupo 4	76
6.1.5 Grupo 5	76
6.1.6 Grupo 6	76
6.2 PROCEDIMENTOS DO TESTE DE MICROINFILTRAÇÃO	77
6.2.1 Ciclagem Térmica	77
6.2.2 Infiltração	78
6.2.3 Seccionamento	78
6.2.4 Critérios de Avaliação	79
6.2.5 Análise Estatística	79
<b>7 RESULTADOS</b>	83
7.1 RESULTADOS EM ESMALTE	83
7.2 RESULTADOS EM DENTINA	85
<b>8 DISCUSSÃO</b>	91
<b>9 CONCLUSÕES</b>	105
<b>REFERÊNCIAS</b>	109
<b>APÊNDICES</b>	119
<b>ANEXOS</b>	125



# Introdução



## 1 INTRODUÇÃO

Desde o fim de 1960 as resinas compostas têm sido amplamente aceitas como materiais restauradores de primeira escolha para dentes anteriores. Apenas por volta de 1980 foram introduzidas resinas compostas especialmente destinadas à restauração dos dentes posteriores (REZWANI-KAMINSKI et al., 2002). Hoje, devido às características estéticas e melhoria das propriedades físico-mecânicas dos sistemas restauradores resinosos, a restauração posterior direta se tornou procedimento clínico rotineiro.

Para os dentes posteriores, a correta indicação de uso das resinas compostas é a restauração de lesões cariosas, ou substituição de restaurações insatisfatórias, de tamanho pequeno ou médio, ou seja, cuja abertura vestibulo-lingual, tanto da cavidade oclusal, como das cavidades proximais, não ultrapasse um terço da distância intercuspídea, independentemente da terminação cavo-superficial (SENSI et al., 2006).

Mesmo que a técnica esteja corretamente indicada, e apesar do grande aprimoramento no desenvolvimento de novos materiais, o uso de resinas compostas apresenta algumas limitações, inerentes ao próprio material, dentre elas, a sensibilidade da técnica, principalmente na adesão em dentina, e a contração decorrente da polimerização (ARAUJO et al., 2006; SENSI et al., 2006).

Durante a polimerização deste material há uma concorrência entre a força de contração do compósito e a resistência de união à estrutura dental. Se a resistência de união for mais fraca que a força gerada pela contração a adesão pode falhar, formando uma fenda na interface adesiva dente-resina composta. A falta de selamento nesta região permite a infiltração de produtos do meio bucal para os tecidos dentais, que deveriam estar protegidos pelo material restaurador. (BAGIS et al., 2009; CHOI et al., 2000)

Segundo Ferracane (2008), clinicamente não existem evidências que suportem uma relação causa/efeito entre estresse de contração/falhas restauradoras e longevidade do material, porém, estudos *in vitro* mostram que a microinfiltração em restaurações pode contribuir na ocorrência de descoloração marginal, respostas pulpares adversas, e cáries recorrentes. (ARAUJO et al., 2006; CADENARO et al., 2008). A contração de

polimerização pode ainda afetar as propriedades mecânicas das resinas. Outros achados resultantes desta característica própria dos materiais que sofrem polimerização por radicais livres são a baixa resistência adesiva às paredes cavitárias, redução de microdureza e trincas na estrutura dental restaurada (FERRACANE, 2008).

Alternativas vêm sendo pesquisadas para tentar minimizar os índices de microinfiltração em restaurações de resina composta, entre elas: técnicas incrementais com inserção de menores volumes de resina e união de menor número de paredes opostas durante a aplicação; adição de nanopartículas às resinas, resultando em baixo conteúdo de monômeros e alto conteúdo de carga e conseqüentemente valores de contração linear menores que as micro-híbridas; resinas a base de silorano, que possuem melhor biocompatibilidade, adaptação marginal e menor índice de microinfiltração quando comparadas aos sistemas a base de metacrilato (BAGIS et al., 2009; LOPES, 2009; PAPADOGIANNIS et al., 2009).

Visto as conseqüências decorrentes das tensões produzidas na polimerização das resinas compostas e suas implicações clínicas, o uso de materiais com baixo poder de contração pode ser uma alternativa para o aumento da longevidade das restaurações nos dentes posteriores. Dessa forma, esta pesquisa propõe uma avaliação *in vitro* do grau de microinfiltração marginal em dentina e esmalte de seis sistemas restauradores adesivos. Estes sistemas restauradores foram formados por diferentes tipos de resinas compostas, incluindo uma resina convencional e outras comercializadas como materiais restauradores com baixo índice de contração de polimerização e os respectivos sistemas adesivos indicados pelos fabricantes.

# Revisão da Literatura



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Na existência do comprometimento de um elemento dental por atividade cariogênica ou trauma, a função original do mesmo precisa ser restaurada. O uso de **resinas compostas** para este fim em dentes posteriores já é amplamente aceito, sendo rotina clínica de muitos profissionais (LEPRINCE et al., 2010). Além das aceitáveis propriedades estéticas, a técnica de uso do material permite a restauração direta e sem desgastes excessivos de tecido dental (SENSI et al., 2006). Conjuntamente, o uso de materiais restauradores que apresentam adesão aos tecidos dentais é benéfico na manutenção da resistência à fratura do dente restaurado (MONDELLI, et al., 2007).

Uma restauração adequada envolve tanto a devolução da forma anatômica quanto da integridade estrutural perdida. Enquanto a forma anatômica garante uma efetiva mastigação e oclusão, a integridade estrutural é necessária para manter as características fisiológicas do elemento dental (BRUNTHALER et al., 2003).

Dentre os fatores relacionados à integridade estrutural está a integridade marginal de uma restauração. Danos na integridade marginal podem produzir microinfiltração, sensibilidade pós-operatória e perda de adesão, levando à redução da longevidade da restauração (BRUNTHALER et al., 2003). A infiltração marginal é uma das maiores desvantagens das restaurações de resina composta e é resultado da falha de adaptação do material à estrutura dental, muitas vezes associada ao estresse produzido durante a polimerização (AL-SALEH et al., 2010; BRAGA et al., 2006; BRUNTHALER et al., 2003; DUARTE JR.; PHARK; et al., 2009; FERRACANE, 2005, 2008; NAYIF et al., 2008; RAJA; AL-BONI, 2010; SCHNEIDER et al., 2010; TANTBIROJN et al., 2011; VAN ENDE, et al., 2010; VERSLUIS et al., 2004).

Em 2003, Brunthaler et al. publicaram um levantamento de pesquisas progressas do período compreendido entre 1996 e 2002, que abordavam a performance clínica de restaurações de resina composta em dentes posteriores. Neste estudo os autores constataram que os motivos primários de falhas destas restaurações foram a presença de cáries secundárias, fratura da resina e defeitos de margem. Concluíram que apesar de todas as melhorias observadas no desenvolvimento das resinas compostas, ainda são encontradas limitações principalmente

referentes à **contração de polimerização** e manutenção da **integridade marginal**.

## 2.1 RESINAS COMPOSTAS

As resinas compostas, basicamente, são uma combinação de partículas inorgânicas cobertas por um agente de união, inseridas numa matriz orgânica resinosa (ANUSAVICE, 2005).

O papel das partículas de carga na resina inclui a modificação do módulo de elasticidade, radiopacidade e expansão térmica (CRAMER et al., 2011). Em relação a estas partículas inorgânicas, existe variação nas resinas compostas quanto à forma, tipo, tamanho, quantidade e distribuição. Todas essas características exercem influência nas propriedades do material (LEPRINCE et al., 2010).

Quanto ao tamanho das cargas, as resinas compostas podem ser classificadas de diversas maneiras, na tabela abaixo (Tabela 1) encontra-se a classificação proposta por Anusavice, em 2005.

Tabela 1 - Classificação das resinas compostas quanto ao tamanho das cargas.

<b>Classificação das Resinas Compostas Quanto ao Tamanho das Cargas</b>	
Macroparticuladas ou Tradicionais	10 a 40 $\mu$ m
Microparticuladas	0,01 a 0,05 $\mu$ m
Híbridas	0,01 a 0,05 $\mu$ m e 15 a 20 $\mu$ m
Micro-híbridas	0,1 a 0,6 $\mu$ m

Fonte: (ANUSAVICE, 2005)

A matriz orgânica geralmente é constituída por monômeros orgânicos, fotoiniciadores, coiniçadores, inibidores de polimerização, estabilizadores UV e outros componentes que variam de acordo com a indicação de uso do produto e do fabricante. Os monômeros orgânicos tradicionalmente utilizados em resinas compostas são o Bis-GMA, TEGDMA, UDMA e BisEMA (ANUSAVICE, 2005). Como a matriz orgânica e as partículas inorgânicas não possuem afinidade química entre si, utiliza-se ainda um agente de união entre esses componentes,

que pode ser um silano (ANUSAVICE, 2005; SCHNEIDER et al., 2010).

A reação de polimerização das resinas compostas inicia com a ativação do fotoiniciador, geralmente a canforoquinona, pela luz azul (400-550nm) proveniente do aparelho fotopolimerizador, convertendo-o ao seu estado triplamente excitado. O fotoiniciador excitado reage com o co-iniciador (amina) para formar radicais livres, que são moléculas com elétrons desemparelhados. Um radical livre reativo reage com uma molécula de monômero e é então criado um centro reativo que propaga o processo de polimerização. Estas são as chamadas etapas de ativação e iniciação. A etapa de propagação envolve o crescimento da cadeia polimérica pela adição sequencial de monômeros ao centro reativo por meio de ligações covalentes, até que haja o máximo grau de conversão de duplas ligações de carbono em ligações simples (ANUSAVICE, 2005; SCHNEIDER et al., 2010).

Antes do processo de polimerização os monômeros são mantidos agrupados por meio de forças de van der Waals numa distância de aproximadamente 4Å. Durante a polimerização essas forças são substituídas por ligações covalentes e os monômeros passam a ficar numa distância de aproximadamente 1,5Å (SCHNEIDER et al., 2010). Consequentemente, ocorre uma contração volumétrica. Esta diminuição dimensional é uma manifestação inerente dos materiais com polimerização por radicais livres (BAGIS et al., 2009; VAN ENDE, et al., 2010; SCHNEIDER et al., 2010).

A quantidade de contração depende do volume de cargas espalhadas na matriz orgânica, do tamanho dos monômeros e da extensão da reação de polimerização (VAN ENDE et al., 2010; FERRACANE, 2008).

Em uma revisão crítica, Cramer e colaboradores (2011) citaram entre as maiores limitações de uso das resinas compostas a contração de polimerização e a formação de tensões advindas desta contração; a limitada resistência e a presença de monômeros não polimerizados remanescentes após a reação de polimerização.

## 2.1.2 Contração de Polimerização

A maioria das resinas compostas utilizadas na odontologia restauradora possuem sua base orgânica em metacrilatos (CRAMER et al., 2011), e as diversas resinas a base de metacrilato apresentam diminuição volumétrica de 1% a até 3% de seu volume durante a polimerização (BAGIS et al., 2009, 2009; VAN ENDE, et al., 2010; FERRACANE, 2005; SCHNEIDER et al., 2010).

A contração de polimerização presente nas resinas compostas é capaz de causar estresse residual nos dentes restaurados. Este episódio é chamado estresse de contração residual pois após a polimerização o dente restaurado é mantido sob estresse mesmo que não haja a ação de cargas funcionais (FERRACANE, 2005).

Isto acontece pois quando a resina é polimerizada sem estar aderida às paredes de uma cavidade, ela é capaz de contrair e ao mesmo tempo deformar, escoar, resultando em baixos valores de estresse. Todavia, clinicamente, durante a aplicação da resina em uma cavidade, onde a deformação que o material sofreria se torna restrita, há transferência das tensões geradas em forma de forças de tração para as regiões de interface adesiva (SCHNEIDER et al., 2010).

Dessa forma, quando uma camada de resina é colocada numa cavidade e é fotoativada, uma competição entre a força de contração do compósito e a força de adesão ao substrato tem início (CADENARO et al., 2008). Esta contração ocorre enquanto a resina composta vai adquirindo rigidez, conforme as moléculas se unem por ligações covalentes e as cadeias poliméricas vão se alongando e fazendo ligações cruzadas entre si (FERRACANE, 2008). As cadeias individuais perdem mobilidade e a resina se torna um sólido. A Lei de Hooke, que descreve uma relação linear entre a força e deformação num sólido elástico, afirma que a deformação do material resinoso produz tensões (FERRACANE, 2005). Uma vez que a tensão é o produto do módulo de elasticidade e da deformação, materiais com uma combinação de contração volumétrica elevada e alto módulo de elasticidade serão aqueles que terão os maiores índices de produção de tensões durante a polimerização (FERRACANE, 2005, 2008).

Sendo assim, a maioria das tensões são obtidas como o resultado da totalidade do material contraindo durante a reação de polimerização. As tensões internas geradas na junção de cada elo da cadeia do compósito são transferidas para a interface dente-restauração. Se não existissem paredes cavitárias, é provável que a geração de tensões seria substancialmente menor (FERRACANE, 2005, 2008; SCHNEIDER et al., 2010).

A contração volumétrica e o aumento do módulo de elasticidade (redução da capacidade de sofrer deformações elásticas) durante a polimerização, tem sido apontados como fonte principal de geração de tensões interfaciais em restaurações de resina composta (CRAMER et al., 2011; FERRACANE, 2005; GONÇALVES et al., 2008).

É esperado que a maior parte das tensões residuais seja dissipada assim que a rede polimérica formada absorva água e ocorra uma reorganização molecular (FERRACANE, 2005).

Todavia, se as forças de contração ultrapassarem as forças de união podem ser formadas fendas para alívio das tensões. Estas fendas, que nada mais são do que a falta de selamento, permitem a passagem de produtos na interface, gerando a ocorrência de microinfiltração, adaptação inadequada, sensibilidade pós-operatória, manchamento marginal, falta de integridade marginal, cáries recorrentes e patologias pulpare (BAGIS et al. 2009; VAN ENDE et al., 2010; FERRACANE, 2005; SCHNEIDER et al., 2010; TANTBIROJN et al., 2004; VERSLUIS et al., 2004). Porém, as fendas nem sempre estarão associadas às margens da restauração e podem não estar aparentes, como é o caso de microtrincas ou deformações na estrutura do dente (YAMAMOTO et al., 2009).

Assim, a presença de estresse residual resulta em mudanças na performance clínica do dente restaurado. Entretanto, é necessário salientar que o estresse não é uma propriedade isolada dos materiais restauradores e depende de fatores como: o tipo e forma da **cavidade**, tipo de **substrato** e **localização das margens**, **material restaurador** e **técnica de inserção** e **polimerização** do mesmo (ARAUJO et al., 2006; VAN ENDE et al., 2010; MEIRA et al., 2011; VERSLUIS et al., 2004).

### 2.1.3 Minimização da Contração de Polimerização

Levando em conta esses fatores, algumas observações devem ser feitas. O primeiro ponto é o tipo de cavidade. Para aliviar as tensões formadas, a matriz contraída irá escoar para superfícies livres. Assim, as tensões na interface serão menores para compósitos polimerizados em cavidades de menor tamanho e com maior quantidade superfícies livres, como em restaurações de Classe IV (BAGIS et al., 2009; FERRACANE, 2005). Quanto mais volumosa for uma restauração, ou seja, menor o número de paredes de tecido dental circundantes, menor será o nível de estresse na restauração e na interface dente-restauração. Entretanto, quanto maior a restauração, e portanto a cavidade, maior a perda de tecido dental, e conseqüentemente menor será a resistência do dente restaurado contra a contração de polimerização. Assim, maior será o estresse resultante no dente, por este estar fragilizado (TANTBIROJN et al., 2004; VERSLUIS et al., 2004).

Em relação ao material restaurador, os fatores que envolvem a composição da resina composta (matriz e carga) serão posteriormente discutidos no que diz respeito a maior ou menor produção de contração e estresse. Porém, ainda envolvendo o material restaurador, o protocolo de fotoativação a que a resina é submetida também influencia os níveis de tensão gerados na interface adesiva. A contração total sofrida pelas resinas compostas envolve o conceito das fases pré e pós-gel. Na fase pré-gel não há produção de estresse devido ao alívio causado pela baixa viscosidade do material, já na fase pós-gel há produção de estresse resultante do armazenamento elástico da deformação de contração (ANUSAVICE, 2005). Por um ponto de vista físico, a polimerização é um processo onde simultaneamente ocorre densificação e mudança do módulo de elasticidade da resina. A relação tempo-dependente entre, por um lado, contração e por outro lado perda de viscosidade e armazenamento do módulo de elasticidade irá determinar o potencial de contribuição das propriedades da resina composta na geração de estresse de contração residual. Dessa forma, o modo de polimerização pode influenciar a quantidade de tensões produzidas (ANUSAVICE, 2005; SCHNEIDER et al., 2010).

Quanto à técnica de inserção do material restaurador, um dos métodos de minimização os efeitos da contração de cura é a

inserção da resina composta na cavidade em incrementos, o que diminui o fator de configuração cavitário. O fator C é a relação entre superfícies aderidas e não aderidas de uma cavidade. Altos valores de fator C podem causar quebra na adesão entre o material restaurador e as paredes cavitárias. Assim, um menor fator C cavitário e o mínimo contato com as paredes opostas da cavidade durante a polimerização são meios de melhorar o nível de polimerização das resinas em profundidade e diminuir o efeito do confinamento no desenvolvimento do estresse de contração (BAGIS et al., 2009).

Em 2008 Nayif e colaboradores realizaram testes onde o objetivo foi avaliar a relação entre a resistência adesiva à microtração de restaurações de resina composta com o modo de inserção da mesma. Para isso, cavidades classe I em molares foram restauradas de forma incremental, com 3 incrementos iguais, ou em incremento único. Após armazenamento em água por 24h, os dentes foram seccionados e submetidos a teste de resistência à microtração, aferindo a resistência nas paredes axiais e de fundo. Os resultados mostraram que a técnica de incremento único resultou em menor resistência de união em todas as regiões da cavidade.

Um outro método de rivalizar a presença de contração nas resinas compostas é, durante a restauração, aplicar uma camada intermediária de outro material restaurador com menor módulo de elasticidade, como por exemplo resinas fluidas ou cimentos resinosos. Esta camada intermediária entre sistema adesivo e resina teria maior capacidade de resistir à contração de polimerização, sendo aliviadora de estresse, visto que possui maior capacidade de fluir e escoar antes de tomar presa completamente (CHOI et al., 2000). Ferracane (2005) sugeriu que uma camada elástica intermediária poderia aumentar a complacência das paredes cavitárias e, assim, diminuir o potencial destrutivo da contração das resinas compostas.

Na presente pesquisa os fatores: protocolo de polimerização, inserção do material restaurador e tipo e forma da cavidade foram padronizados. Portanto, as variáveis que poderiam influenciar a capacidade de selamento das restaurações foram: material restaurador (diferentes sistemas restauradores) e tipo de substrato (esmalte e dentina).

#### 2.1.4 Minimização da Contração de Polimerização nas Resinas Compostas

Como citado anteriormente, várias são as maneiras de reduzir os efeitos da contração de polimerização clinicamente. Todavia, nenhum destes métodos se mostrou totalmente efetivo na aniquilação dos efeitos da contração de polimerização. O grande número de publicações referentes a este tema indica que este ainda é um fator preocupante clinicamente (BRAGA et al., 2006; BRUNTHALER et al., 2003; CADENARO et al., 2008; CHOI et al., 2000; FERRACANE, 2005; GONÇALVES et al., 2010, 2008; HASHIMOTO et al., 2010; MEIRA et al., 2011; RAJA; AL-BONI, 2010; SCHNEIDER et al., 2010; VAN ENDE et al., 2010; VERSLUIS et al., 2004; YAMAMOTO et al., 2009). A única alternativa, portanto, seria a fabricação de uma resina composta que não contraísse. Tática essa não apresentada por nenhum fabricante até a atualidade.

Porém, de maneira palpável, direcionando o foco na diminuição da contração das resinas compostas e não na extinção dessa característica intrínseca, algumas táticas vem sendo propostas.

Pode-se afirmar que a contração dos compósitos depende de uma série de variáveis. Tratando-se das variáveis relacionadas às propriedades das resinas compostas, a literatura relata três fatores cruciais na definição da magnitude do estresse produzido: a contração volumétrica, a rigidez do material (módulo de elasticidade), e o grau de conversão de duplas ligações de carbono em ligações simples (FERRACANE, 2005; SCHNEIDER et al., 2010). A complexidade do fenômeno da contração de polimerização nas resinas está no fato de que essas três variáveis estão inter-relacionadas, tornando-se difícil identificar a relativa contribuição de cada uma delas individualmente (SCHNEIDER et al., 2010).

Se o grau de polimerização não for levado em conta (na presente pesquisa esta variável foi padronizada), a contração volumétrica dependerá principalmente da composição química da **matriz resinosa** e do percentual de **carga** presente.

A matriz resinosa tem papel importante na quantidade de contração gerada, pois está diretamente relacionada com a cinética da contração e a evolução do módulo de elasticidade da resina. A funcionalidade dos monômeros, sua estrutura

molecular, massa molecular e tamanho são os principais fatores envolvidos (GONÇALVES et al., 2008; SCHNEIDER et al., 2010).

A importância da matriz resinosa na produção de estresse de contração foi comprovada por Gonçalves et al. (2008) ao testarem diferentes resinas experimentais com o mesmo conteúdo inorgânico e diferentes frações orgânicas. Os autores verificaram que houve variação nos índices de conversão de monômeros, módulo de elasticidade e taxa de contração de polimerização quando foram alteradas as concentrações de Bis-GMA, TEGDMA e BisEMA no material restaurador.

Devido ao fato de as cargas inorgânicas serem os componentes rígidos numa resina composta, quanto maior a quantidade de cargas, maior será o módulo de elasticidade da resina (LEPRINCE et al., 2010). Conseqüentemente, o nível de estresse desenvolvido seria maior. Porém, esta relação não é tão simples, pois a matriz orgânica, apesar do baixo módulo de elasticidade se comparada à parte inorgânica, é a fração que contrai durante a polimerização. Por isso, a relação matriz/carga tem efeito dominante no desenvolvimento da contração e estresse (SARRETT, 2005).

Com o intuito de obter materiais com menores taxas de contração aplicam-se estratégias que envolvem modificações na formulação do material ou no seu modo de cura. As bases resinosas convencionais de Bis-GMA vêm sendo melhoradas pela adição de novos monômeros como UEDMA e BisEMA, e as partículas de carga substituídas por partículas superiores, produzindo materiais restauradores de baixa contração sem causar alterações nas propriedades mecânicas (CADENARO et al., 2008). Estas modificações incluem também a adição de partículas não unidas à matriz, esferas de polietileno, monômeros multifuncionais, entre outras (CADENARO et al., 2008; FERRACANE, 2005, 2008).

Em relação às partículas de carga, com o desenvolvimento da nanotecnologia os fabricantes de resinas compostas foram capazes de produzir nanoestruturas, que vêm sendo empregadas na fabricação de compósitos com alto conteúdo de carga inorgânica ( $\pm 70\%$  do volume) (SCHNEIDER et al., 2010). Estas resinas apresentam baixas taxas de contração, alta resistência ao desgaste e biocompatibilidade. Sua taxa de contração volumétrica fica em torno de 1,57%, que é menor se comparada a das resinas micro-híbridas (BAGIS et al., 2009).

As nanopartículas podem ser categorizadas como partículas isoladas, com dimensões aproximadas de 5 a 100nm, ou como nanoaglomerados, onde o tamanho de cada aglomerado de partículas primárias pode exceder a 100nm (CRAMER et al., 2011). Os nanoaglomerados são frequentes pois quando o tamanho das partículas é reduzido à escala nano, automaticamente há o aumento na área de superfície das mesmas e maior viscosidade da resina composta. Com isso, há também o aumento da energia livre de superfície da partícula, fazendo com que as forças entre as partículas excedem a massa das mesmas (CRAMER et al., 2011; LEPRINCE et al., 2010).

O aumento do conteúdo de carga nas resinas está associado à redução da contração volumétrica devido à diminuição do volume ocupado por matriz orgânica, e conseqüentemente do número de monômeros reativos (GONÇALVES et al., 2010).

Ainda em relação às cargas inorgânicas, as propriedades viscoelásticas do material restaurador são cruciais na longevidade das restaurações e afetam seu desempenho em diferentes aspectos. Por um lado, materiais com baixo módulo de elasticidade (pouca carga) não são capazes de suportar as cargas mastigatórias a que são submetidos, se tornando mais propensos ao desgaste. Por outra visão, compósitos que são muito rígidos podem transmitir tensões oclusais à estrutura dental, resultando em falhas catastróficas (PAPADOGIANNIS, et al., 2011).

Isso significa que os compósitos precisam ser rígidos o suficiente a fim de apresentarem características mecânicas ideais, mas não rígidos em excesso, a fim de minimizar o estresse de contração (SARRETT, 2005).

Segundo Papadogiannis e colaboradores (2011) o valor ideal de módulo de elasticidade de um compósito seria de 18GPa, que é o valor encontrado na dentina.

O desenvolvimento das resinas compostas por muitos anos esteve focado na tecnologia das partículas de carga (natureza, tipo, tamanho, modificação de superfície), enquanto a composição da matriz resinosa permaneceu pouco alterada desde a introdução do Bis-GMA (CRAMER et al., 2011). Porém, recentemente, novas combinações de monômeros e a introdução de matrizes alternativas como siloranos e ormocers vem sendo

desenvolvidas e avaliadas, no intuito de minimizar a contração de polimerização (CRAMER et al., 2011; SCHNEIDER et al., 2010).

A modificação mais recente na matriz resinosa foi baseada na adição de moléculas de silorano, que apresentam polimerização por abertura de anéis, no lugar da polimerização por radicais livres dos monômeros de dimetacrilato (YAMAZAKI et al., 2006).

Os monômeros a base de silorano foram desenvolvidos pela empresa 3M ESPE (St Paul, MN, EUA) e são derivados da combinação de siloxanos e oxiranos (3M ESPE).

Nos compósitos a base de silorano ocorre polimerização por adição, baseada nas ligações entre anéis catiônicos abertos dos monômeros de silorano. Na terminação de cada polímero existe um centro reativo onde monômeros cíclicos adicionais se ligam para formar uma longa cadeia polimérica através de propagação iônica. Especificamente a polimerização por anéis ocorre quando o centro reativo da cadeia que está se propagando é um íon com um átomo de carbono carregado positivamente. O processo de cura é iniciado com o elétron doador iniciando o mecanismo de oxidação-redução e degradando um sal em cátion ácido, que inicia o processo de abertura de anéis. Após a adição de um monômero oxirano, o anel epóxico é aberto para formar uma cadeia ou, no caso de monômeros bi ou multifuncionais, uma rede (DUARTE JR.; BOTTA et al., 2009; WEINMANN et al., 2005).

Esta abertura de anéis facilita a união para formação do polímero, já que os monômeros se conectam por abertura, planificação e extensão um em direção ao outro. Desta forma, há um menor deslocamento de monômeros para formação do polímero (WEINMANN et al., 2005).

Além disso, por meio da propriedade de abertura das estruturas moleculares ocorre uma expansão volumétrica local, o que parcial ou totalmente acaba compensando a pequena contração ocorrida durante o processo (EICK et al., 2007; LIEN; VANDEWALLE, 2010; SCHNEIDER et al., 2010).

Alguns autores (EICK et al., 2007) estudaram ainda alternativas que diminuíssem os índices de contração de polimerização da resina a base de silorano. Eles citaram a possibilidade de modificações dos monômeros a fim de alcançar maior expansão durante a polimerização.

O fabricante do compósito com matriz a base de silorano alega que seu material, a resina composta Filtek® P90<sup>1</sup>, possui índice de contração de polimerização menor que 1% em volume (3M ESPE). Weinmann e colaboradores (2005) afirmaram que a contração de polimerização desta resina é de 0,9% em volume.

Nas resinas a base de metacrilatos ocorre ligação por radicais livres, onde o deslocamento é apenas linear, o que resulta em maior amplitude de deslocamento de monômeros e redução de volume, gerando contrações que variam de 1 a 3% em volume (BAGIS et al., 2009; DUARTE JR.; BOTTA; et al., 2009; LIEN; VANDEWALLE, 2010; LOPES, 2009; TEZVERGIL-MUTLUAY et al., 2008).

Esta redução de contração é percebida pois mesmo tendo o módulo de elasticidade semelhante a de resinas a base de metacrilato, o material a base de silorano apresenta taxas mais baixas de contração. Os materiais a base de oxirano podem ainda apresentar polimerização mais lenta, contribuindo para diminuir o desenvolvimento de tensões (FERRACANE, 2005).

À resina Filtek® P90 também é atribuída maior hidrofobicidade. Isto ocorre devido às moléculas de siloxano, que apresentam esta característica, e impedem as moléculas reativas de oxirano de interagirem com as moléculas de água (EICK et al., 2007, 2006). Por este motivo também é relatada a ausência de uma camada de inibição de polimerização pelo oxigênio (DUARTE JR.; BOTTA; et al., 2009).

A redução na hidrofobicidade foi observada em estudo que visou o reconhecimento de várias propriedades mecânicas de resinas compostas de baixa contração em ambiente seco e úmido. Ao concluírem a pesquisa, Papadogiannis et al. (2011) observaram que a resina composta Filtek® P90 foi a que menos teve suas propriedades afetadas pela imersão em água.

Devido à natureza de baixa contração deste tipo de compósito, fatores como a configuração cavitária e a necessidade de uma técnica de aplicação incremental tendem a ser menos críticos (VAN ENDE et al., 2010). Todavia, a inserção incremental continua sendo indicada devido à dificuldade de polimerização em profundidade (DUARTE JR.; BOTTA; et al., 2009).

---

<sup>1</sup> Esta resina é comercializada em outros países com os nomes comerciais Filtek® LS e Filtek® Silorane, porém trata-se do mesmo material.

A vantagem principal da resina a base de silorano é a diminuição no índice de contração mantendo propriedades mecânicas semelhantes às das resinas à base de metacrilatos (DUARTE JR.; BOTTA; et al., 2009; DUARTE JR.; PHARK; et al., 2009; WEINMANN et al., 2005).

Além disso, apresenta melhor biocompatibilidade, adaptação marginal e menores índices de microinfiltração se comparada a resinas a base de metacrilato (BAGIS et al., 2009; EICK et al., 2007).

Em relação a efetividade do sistema restaurador Filtek® P90, em 2009, Duarte Jr. et al. pesquisaram a nanoinfiltração e resistência adesiva à dentina deste material. A resina composta foi aplicada em molares extraídos, sendo que foram testados quatro diferentes protocolos adesivos: utilização do sistema adesivo autocondicionante de 2 frascos que acompanha a resina composta conforme a recomendação do fabricante; uso de condicionamento ácido previamente à aplicação do mesmo sistema adesivo; aplicação do sistema adesivo Adper® Single Bond (3M ESPE, St Paul, MN, EUA) conforme recomendação do fabricante seguido por uma camada do adesivo resinoso pertencente ao sistema autocondicionante; e utilização somente do sistema Adper® Single Bond. O índice de nanoinfiltração e a resistência adesiva à microtração foram aferidos tanto após 24 horas da restauração, como depois de 20.000 ciclos térmicos. Foi observado que não houve adesão da resina a base de silorano na dentina tratada com o adesivo a base de metacrilato (Adper Single Bond). Além disso, comprovou-se que o adesivo autocondicionante específico para a resina a base de silorano possui resistência adesiva à microtração aceitável em dentina, porém, o condicionamento ácido prévio fez com que houvesse aumento da resistência. A aplicação de Adper Single Bond seguida pelo adesivo Filtek® P90 produziu valores suficientes de resistência, porém foram observados maiores índices de nanoinfiltração neste grupo após o envelhecimento artificial. Os autores concluíram que houve infiltração de sais de prata em todos os grupos testados.

Em 2011, Burke e colaboradores avaliaram clinicamente o desempenho de restaurações confeccionadas com a resina Filtek® P90. Foram avaliadas, após 2 anos, 100 restaurações Classe I e II (70% do total) que foram confeccionadas em dentes em função oclusal e sem sinais de patologias periapicais. Os

autores relataram que não houve perda de nenhuma das restaurações ou presença de cáries secundárias. Avaliaram como ótimas mais de 80% das restaurações quanto à integridade marginal, estabilidade de cor e qualidade de superfície. Assim, à resina foi atribuído desempenho clínico satisfatório.

A diminuição na contração das resinas compostas ainda faz com que haja uma diminuição de deflexão das cúspides para o centro do dente em cavidades MOD. Conseqüentemente, espera-se mínima chance de ocorrer sensibilidade pós-operatória e infiltração marginal (TANTBIROJN *et al.*, 2004; TEZVERGIL-MUTLUAY *et al.*, 2008).

Estudos anteriores vêm demonstrando que o uso destes novos compósitos com formulações diferenciadas, seja no aumento da quantidade de partículas de carga, alteração do tipo de monômeros, ou diferenças nas características físicas e mecânicas tem resultado em diminuição nos índices de contração e redução das taxas de microinfiltração *in vitro* (BAGIS *et al.*, 2009; CADENARO *et al.*, 2008; DUARTE *et al.*, 2009; FERRACANE, 2005; GONÇALVES *et al.*, 2008; VAN ENDE *et al.*, 2010).

Em um outro estudo de observação de desempenho clínico, foram avaliadas, também após 2 anos e em restaurações Classe I e II, uma resina nano-híbrida (Grandio®; VoCo GmbH, Cuxhaven, Alemanha) e uma de baixa contração com tecnologia de cargas bimodais (Quixfil®; Dentsply, Milford, DE, EUA). Foram analisadas 74 restaurações, e os pesquisadores concluíram que os dois materiais se mostraram aceitáveis clinicamente, sendo que a resina nano-híbrida apresentou maior deterioração superficial (ARHUN *et al.*, 2010).

Todavia, apesar de a propriedade de baixa contração nas resinas ser desejável, não resolverá necessariamente todos os problemas referentes à adesão. Isto foi demonstrado em 2009 por Van Dijken e Lindberg ao avaliarem clinicamente por 5 anos o desempenho de restaurações Classe II de resina composta. Neste estudo cada paciente recebeu no mínimo um par deste tipo de restaurações, sendo uma delas confeccionada com resina composta de baixa contração InTen-S® (Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein) e a outra com resina híbrida Point4® (Kerr, Orange, CA, USA). Findadas as observações, os autores concluíram que as restaurações com resina de baixa contração

apresentaram boa durabilidade, porém não foi significativamente superior à da resina controle.

Em 2010, Van Ende et al., analisaram o efeito do fator C cavitário e de diferentes protocolos de aplicação de resinas compostas. A resina Filtek® P90 foi testada quanto à efetividade adesiva em dentina humana em comparação com a resina Filtek® Z100 (3M ESPE, St Paul, MN, EUA), a base de metacrilato. Para isso, ambas as resinas foram aplicadas de forma incremental ou em bloco único tanto em superfícies lisas de dentina como em cavidades Classe I. Por meio de teste de resistência adesiva à microtração, os autores observaram que a configuração cavitária influenciou os resultados, sendo que a aplicação das resinas em cavidades fez com que houvesse diminuição da resistência adesiva. Além disso, a aplicação em bloco único também não favoreceu a união adesiva entre resina e dentina. Os autores recomendaram que a técnica incremental seja utilizada, mesmo em resinas de baixa contração, pois a efetividade de polimerização pode ficar comprometida em camadas muito espessas de resina.

Da mesma forma, Marchesi et al. (2010) em pesquisa onde foi analisado o estresse de contração de resinas de baixa contração (Filtek® P90 e Venus® Diamond (Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha)) em comparação a resinas convencionais, observaram que o estresse de contração foi alto para todos os materiais testados. Foram utilizadas duas técnicas de mensuração que contaram ou não com a complacência de um tensiômetro. Os autores afirmaram que a simples redução da contração das resinas compostas não garante redução do desenvolvimento de estresse.

Em pesquisa desenvolvida por Lopes et al. (2011) foi avaliado o estresse de polimerização gerado pela resina composta Filtek® P90 em comparação às resinas convencionais Filtek® Z350 (3M ESPE, St Paul, MN, EUA) e Filtek® Z350 Flow (3M ESPE, Saint Paul, EUA). As mensurações foram realizadas por técnica de fotoelasticidade e além das resinas foi aferido o estresse gerado pelos adesivos (Primer e adesivo Filtek® P90 e Adesivo Single Bond® 2 (3M ESPE, Saint Paul, EUA)). Foi observado que Filtek® P90 não demonstrou redução de estresse de contração quando comparado às resinas convencionais. Além disso, o sistema adesivo da resina a base de silorano apresentou maior formação de estresse que Single Bond® 2.

Ambos autores acima citados justificaram os altos valores de estresse ao alto módulo de elasticidade e alta rigidez da resina a base de silorano.

## 2.2. MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL

Estudos clínicos longitudinais têm identificado a perda de integridade interfacial como uma das principais causas na reposição de restaurações de resina composta (BAGIS et al., 2009; BRUNTHALER et al., 2003; GONÇALVES et al., 2008; PAPADOGIANNIS et al., 2009; REZWANI-KAMINSKI et al., 2002).

O estresse gerado pela contração de polimerização pode alcançar valores de 13 a 17MPa. Este alto estresse pode causar falhas adesivas, com conseqüente formação de fendas (AL-SALEH et al., 2010).

Nakabayashi e Pashley (2000) afirmaram que a microinfiltração é a difusão de uma substância para dentro de uma fenda preenchida por fluido ou de um defeito entre o material restaurador e a estrutura dentária. Os mesmos autores citaram que a maioria dos sistemas adesivos é suficientemente efetivo a ponto de não haver ocorrência de nenhuma fenda entre o material adesivo e a estrutura do dente, a menos que forças de contração de polimerização excedam a força de união à dentina.

O grau de microinfiltração na interface dente/restauração pode ser monitorado pela penetração de agentes sinalizadores e corantes nestas fendas (ANUSAVICE, 2005).

Por conta da contração de polimerização, inerente às resinas compostas, os índices de microinfiltração vem sendo constantemente avaliados em restaurações com esse tipo de material. Desde a década de 1980, estudos que envolvem este tipo de análise vem sendo citados, sempre buscando o melhor protocolo na diminuição dos efeitos deletérios da contração (CRIM, 1989).

Com a evolução das resinas compostas, as técnicas e materiais utilizados foram alterados, porém o mesmo tipo de avaliação continua sendo praticada.

Em 2002, Lopes, Franke e Maia avaliaram *in vitro* se os procedimentos de acabamento poderiam afetar a capacidade de selamento de dois tipos de resinas compostas. Assim, em restaurações Classe V confeccionadas com resinas compostas

híbrida e microparticulada foi realizado acabamento com pontas diamantadas finas ou discos de lixa de óxido de alumínio imediatamente ou após 24 horas do término da confecção. Os índices de microinfiltração de azul de metileno nas interfaces de dentina e esmalte foram qualificados por escores. Para a resina híbrida não houve diferença entre os protocolos de acabamento. O melhor método de acabamento para a resina microparticulada foi utilizando pontas diamantadas 24 horas após a restauração, sendo que este grupo obteve os menores índices de microinfiltração dentre todos os testados.

Com o mesmo intuito de chegar a um protocolo que resultasse mínima infiltração Wahab e Shaini (2003) compararam a capacidade de selamento de restaurações Classe II de resina composta adicionando ou não incrementos pré-polimerizados. Assim, em molares extraídos as restaurações foram feitas de forma incremental de maneira convencional ou inserindo fragmentos pré-polimerizados de 1mm de diâmetro e 3mm de profundidade ou 1,25x3mm. O índice de microinfiltração foi expresso em escores e o uso de incrementos já polimerizados melhorou a capacidade de selamento das restaurações.

Braga et al. (2006) realizaram um estudo que visou determinar a influência das dimensões cavitárias no desenvolvimento de estresse de contração e microinfiltração marginal. Para isso, cavidades com diferentes profundidades e diâmetros confeccionadas em incisivos bovinos foram restauradas com incremento único de resina composta micro-híbrida. Os autores avaliaram o estresse e a microinfiltração produzidos nos espécimes e verificaram que estes achados foram mais expressivos em restaurações com maiores profundidades e diâmetros. Ao fim, concluíram que a microinfiltração está mais relacionada com o volume de material restaurador utilizado do que com o fator C cavitário propriamente dito.

Também em 2006 Araújo, Vieira e Monteiro Júnior avaliaram a influência da cor da resina composta e localização da margem gengival (esmalte ou dentina) na microinfiltração de restaurações envolvendo as paredes proximais de molares extraídos. Os dentes foram divididos em 6 grupos de acordo com a tonalidade de resina usada e a microinfiltração foi quantificada por escores. A cor da resina não afetou de maneira significativa o grau de microinfiltração entre os grupos. Comparando-se a

localização da margem gengival, os resultados mostraram uma significativa diminuição de microinfiltração nas margens localizadas em esmalte quando comparadas às localizadas em dentina.

Yamazaki et al. (2006) compararam os índices de microinfiltração *in vitro* de uma resina composta experimental de baixa contração a base de silorano (Hermes; 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), uma nanoparticulada (Filtek® Supreme; 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) e uma híbrida (Tetric® Ceram; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). A resina experimental foi precursora da resina Filtek® P90. Para o experimento, foram confeccionadas restaurações Classe I de forma incremental ou em bloco único com os materiais acima citados. Metade dos espécimes foram submetidos a 200.00 ciclos de cargas de 50N, simulando a função oclusal, e as taxas de microinfiltração de todos foram avaliadas contabilizando por escores a infiltração de azul de metileno. Todos os sistemas restauradores apresentaram microinfiltração, independentemente das variáveis aplicadas. A técnica de inserção incremental resultou em menores índices de microinfiltração para todos os grupos. A aplicação de cargas afetou as restaurações confeccionadas incrementalmente, com exceção para a resina experimental.

Buscando comparar a efetividade de selamento de diferentes resinas compostas, em 2009, Bagis, Baltacioglu e Kahyaogullari compararam *in vitro* os efeitos de duas resinas compostas com diferentes monômeros (uma nanoparticulada a base de metacrilato e uma micro-híbrida a base de silorano) na microinfiltração em dentina e esmalte de cavidades Classe II. Além das diferentes resinas, foram empregadas duas diferentes técnicas incrementais de aplicação, sendo elas a vertical e a oblíqua. Os autores observaram que não houve infiltração nos espécimes restaurados com a resina a base de silorano, independentemente da técnica restauradora utilizada. Em contrapartida, foi observada microinfiltração de fucsina básica nos espécimes restaurados com resina a base de metacrilato, com piores resultados para a técnica oblíqua nas margens de esmalte.

Em 2010, Alptekin et al. compararam os índices de microinfiltração em restaurações Classe I preparadas *in vitro* e *in vivo* com amálgama e resina composta. Para isso, no grupo *in vivo*, 72 molares foram restaurados com os seguintes materiais

(n=12): amálgama; verniz cavitário seguido de amálgama; sistema adesivo autocondicionante seguido de amálgama; sistema adesivo próprio para amálgama seguido de amálgama; sistema adesivo autocondicionante seguido de resina; sistema adesivo autocondicionante recomendado pelo fabricante seguido de resina. Os dentes foram extraídos após 7 dias. Os mesmos procedimentos foram realizados em outros 72 molares já extraídos para o grupo *in vitro*. Todos os espécimes foram imersos em fucsina básica para análise de microinfiltração. Não foi observada diferença estatística entre os grupos *in vivo* e *in vitro*, assim como entre os grupos restaurados com amálgama precedidos ou não por bases cavitárias. Todavia, a aplicação de adesivos fez com que não houvesse qualquer infiltração marginal em amálgama. Não houve diferença entre os grupos restaurados com resina, porém, ao compará-los com os grupos com amálgama, exceto G2 *in vivo*, houve maior índice de microinfiltração.

Em 2010, Al Saleh e seus colaboradores avaliaram a capacidade de selamento em restaurações de resina composta com a utilização de cimentos resinosos autocondicionantes servindo como sistema adesivo e base cavitária simultaneamente. Foi observado que esta tática foi efetiva em dentina, porém em esmalte os resultados não foram favoráveis, resultando em maiores índices de microinfiltração se comparado ao uso de sistema adesivo convencional de três passos.

Raja e Al-Boni, em 2010 realizaram pesquisa *in vitro* que comparou a microinfiltração recorrente ao uso da resina Filtek® P90, a base de silorano, à de duas resinas a base de metacrilato, sendo elas Filtek® Z250 (3M ESPE, St Paul, MN, EUA) e Amelogen Plus® (UltraDent Products, South Jordan UT, EUA). Para isso, cavidades classe I padronizadas (4 x 2,5 x 3mm profundidade), confeccionadas em pré-molares, foram restauradas de forma incremental com as resinas acima citadas e seus respectivos sistemas adesivos. Os dentes restaurados foram submetidos a 200 ciclos térmicos (5-55°C) e imersão em azul de metileno por 30min. Os espécimes foram seccionados e a microinfiltração foi avaliada através de escores. Foi observado que apesar de todas as resinas apresentarem infiltração, Filtek® P90 resultou em melhor selamento das cavidades se comparada às demais resinas, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

De forma semelhante, Klautau et al. (2011) avaliaram a capacidade de selamento da resina composta Filtek® P90 comparando a resinas convencionais e de baixa contração: Aelite® LS posterior (Bisco Inc., Schaumburg, IL, EUA), Filtek® Z350, Filtek® Z-350 Flow e Premisa (Kerr Corporation, Orange, CA, EUA). Para isso as resinas foram aplicadas em cavidades amplas (5mm de diâmetro e 2,5mm de profundidade), com margens em esmalte e em dentes bovinos, e logo após a fotoativação os dentes foram imersos em fucsina básica. Os autores concluíram que a capacidade de selamento da resina a base de silorano foi semelhante a das demais resinas compostas.

Em 2011 Tantbirojn et al. descreveram em uma pesquisa o objetivo de comprovar se as resinas comercializadas como sendo de baixa contração seriam realmente efetivas na redução dos efeitos da contração de polimerização. Para isso utilizaram as resinas Filtek® P90, GC Kalore® (GC Corporation, Tóquio, Japão), Premise® Opaque (Kerr Corporation, Orange, CA, EUA) e RefleXions® XLS (Bisco Inc., Schaumburg, IL, EUA), todas de baixa contração, e a convencional Filtek® Supreme Plus Universal (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) como controle, na restauração MOD de pré-molares extraídos. As cavidades foram escaneadas para aferir a deflexão das cúspides, e a capacidade de selamento das resinas foi verificada por teste de microinfiltração com fucsina básica. Além disso, a contração total, contração pós-gel, grau de conversão e módulo de elasticidade de cada resina foram determinados. Os resultados mostraram que apenas as resinas Filtek®P90 e GC Kalore® apresentaram redução significativa de deflexão de cúspides se comparadas à resina controle. Esta deflexão foi relacionada ao módulo de elasticidade e à contração pós-gel, mostrando a complexidade dos fatores que envolvem a redução de estresse. Além disso, os autores concluíram que nem sempre um material dito de baixa contração conseguirá sobrepor os efeitos deletérios da polimerização.

Krifka et al. (2011) analisaram a integridade marginal de restaurações Classe V com resinas a base de metacrilato e silorano com diferentes viscosidades por meio da microinfiltração. Para isso, molares extraídos receberam restaurações com as seguintes resinas: Filtek® P90; Tetric® EvoCeram e Tetric® Evoflow (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein); ELS® e ELS®

flow (Saremco); Grandio® e Ultraseal XT Plus® (Ultradent, South Jordan, UT, EUA). Foram utilizados um sistema adesivo convencional e um autocondicionante para as restaurações, com exceção da resina a base de silorano, onde foi utilizado sistema adesivo autocondicionante próprio. Os dentes restaurados foram submetidos a ciclos termomecânicos e a microinfiltração do nitrato de prata foi contabilizada. A microinfiltração foi maior nas margens de dentina em comparação com esmalte. Nas resinas a base de metacrilatos a microinfiltração foi influenciada pelo tipo de sistema adesivo utilizado, com melhores resultados para o sistema convencional. A resina a base de silorano mostrou o melhor selamento marginal.

Outros autores também analisaram os índices de microinfiltração em cavidades Classe V restauradas com resina a base de silorano. Umer e colaboradores (2011) compararam a diferença nos índices de microinfiltração marginal *in vitro* de restaurações Classe V com resina composta convencional (Valux® Plus; 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) e Filtek® P90. A resina composta convencional foi empregada com dois diferentes sistemas adesivos, sendo um com condicionamento ácido e outro autocondicionante. Os espécimes foram submetidos a 200 ciclos térmicos e o corante utilizado para o teste foi azul de metileno. O índice de microinfiltração foi menor para a resina Valux® Plus utilizada com o sistema adesivo convencional. Os piores resultados para a resina a base de silorano foram justificados pelas características do sistema adesivo utilizado com este material.



**OBJETIVOS**



### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar *in vitro* a capacidade de selamento de 6 técnicas restauradoras adesivas.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a capacidade de selamento de seis resinas compostas e seus respectivos sistemas adesivos em cavidades classe II MOD;
- Comparar a capacidade de selamento destas restaurações em diferentes substratos (esmalte e dentina);
- Confrontar a capacidade de selamento de um sistema restaurador controle, com cinco outros sistemas comercializados como materiais de baixa contração;



**JUSTIFICATIVA**



#### **4 JUSTIFICATIVA**

Visando à diminuição de falhas decorrentes do uso de restaurações diretas em dentes posteriores, o desenvolvimento de materiais com baixa contração e com características físico-mecânicas semelhantes à estrutura dental vem sendo proposto. A certificação, por meio de testes laboratoriais, das propriedades gerais destes materiais proferidas pelos fabricantes é de fundamental relevância para a previsibilidade de resultados clínicos.



HIPÓTESES



## 5 HIPÓTESES

As hipóteses testadas foram:

- As resinas compostas de baixa contração irão gerar menores índices de microinfiltração.
- Diferentes substratos irão gerar diferentes índices de microinfiltração.



# MATERIAIS E MÉTODOS



## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados pré-molares humanos extraídos por indicação ortodôntica e obtidos com o consentimento de seus doadores (Anexo B). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEPsh) da Universidade Federal de Santa Catarina (Projeto Número XXX) (Anexo A).

Nos dentes obtidos foi feita remoção de debris com cureta periodontal e profilaxia com auxílio de escova Robison e pasta de pedra pomes e água. Todos foram analisados quanto à presença de cáries, trincas ou restaurações, e aqueles que não se apresentaram íntegros foram descartados.

Ao total, foram selecionados 60 pré-molares superiores e inferiores, sendo que o tempo entre a extração e utilização na pesquisa não ultrapassou 60 dias. Neste tempo os dentes foram armazenados em recipiente com água destilada em estufa a 37°C.



Figura 1 – Alguns pré-molares utilizados.

Em todos os dentes foram preparadas cavidades classe II MOD padronizadas, utilizando pontas diamantadas cilíndricas (#4137 – KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) montadas em alta rotação, sob refrigeração hidráulica. Cada ponta diamantada foi utilizada para o preparo de dois dentes.

A largura das cavidades abrangeu  $\frac{1}{3}$  da medida vestibulo-lingual tanto na face oclusal quanto nas caixas proximais, enquanto sua profundidade oclusal foi de aproximadamente 2mm. Em cada espécime, o limite cervical de uma das caixas

proximais ficou localizado 1mm aquém da junção esmalte-dentina, enquanto na outra caixa teve extensão de 1mm além deste limite. Foi utilizada sonda periodontal milimetrada para mensurar as distâncias durante os preparos (Figuras 2 a 6).

Entre cada passo dos procedimentos os dentes foram mantidos imersos em recipiente com água destilada em temperatura ambiente.

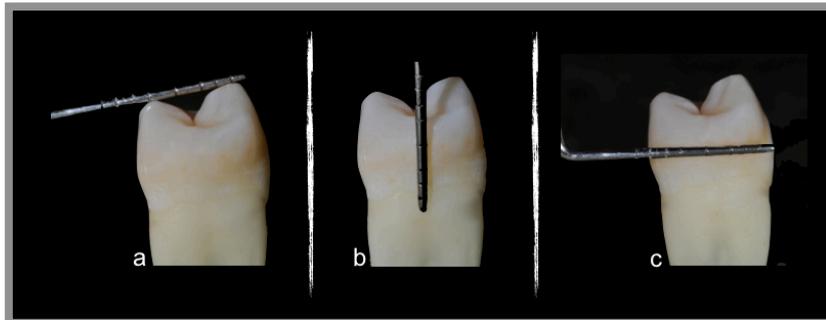


Figura 2 – Mensurações utilizando sonda periodontal milimetrada; a. Distância vestibulo-lingual; b. Distância a partir da junção esmalte-dentina; c. Largura da caixa proximal distal.

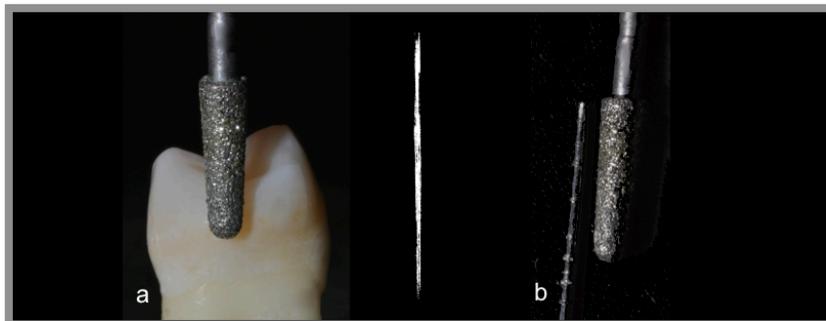


Figura 3 – a. Ponta diamantada #4137 posicionada para iniciar o preparo; b. Proporção entre ponta diamantada e sonda periodontal milimetrada.

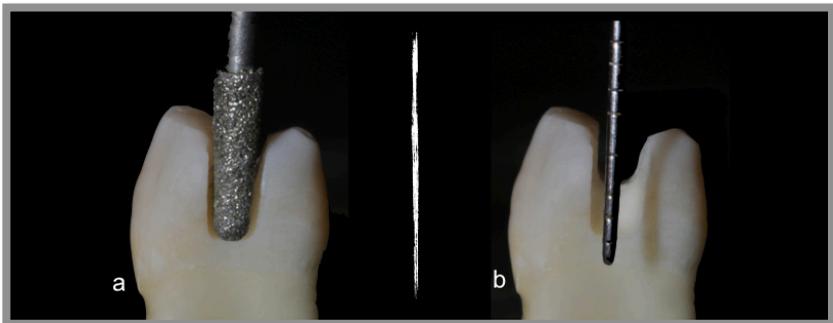


Figura 4 – Caixa proximal com limite cervical em esmalte; a. Preparo da caixa proximal mesial com margem 1mm acima da junção esmalte-dentina; b. Análise da distância da margem em relação à junção esmalte-dentina.

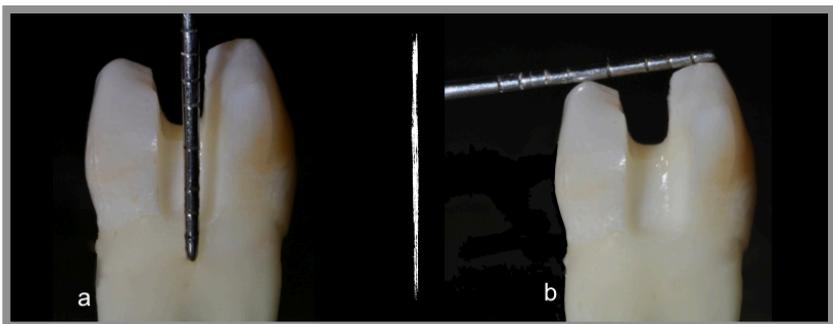


Figura 5 – Preparo da segunda caixa proximal com margem cervical em dentina; a. Margem 1mm abaixo da junção esmalte-dentina.; b. Manutenção da largura do preparo.

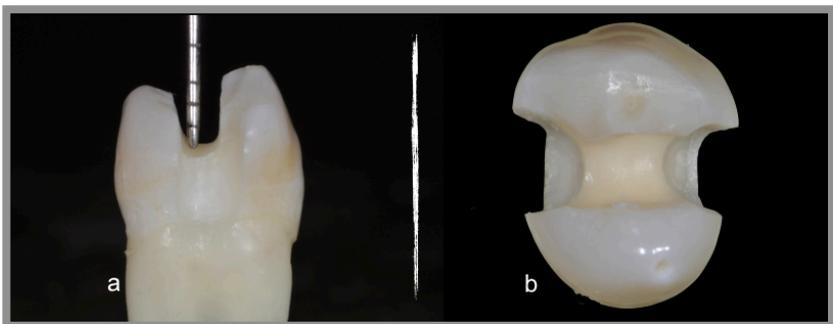


Figura 6 – a. Mensuração da profundidade do preparo na parede pulpar; b. Preparo pronto para ser restaurado.

## 6.1 PROCEDIMENTOS RESTAURADORES

Após a execução dos preparos, os dentes foram divididos aleatoriamente em 6 grupos, contendo 10 dentes cada (n=10).

Os grupos foram formados de acordo com o sistema restaurador utilizado, composto por adesivo e resina composta (Quadro 1). Todas as resinas compostas utilizadas eram resinas para reconstrução de dentina na cor A2, com diferentes características e composições (Tabela 2). Foram utilizadas juntamente ao sistema adesivo indicado por cada fabricante. Todos os materiais foram aplicados conforme as recomendações constantes nas embalagens, exceto para os materiais do Grupo 6, onde foi feito condicionamento ácido das margens em esmalte previamente à aplicação do sistema adesivo autocondicionante.

---

Quadro 1 - Classificação dos grupos de acordo com o sistema restaurador utilizado. Cada sistema restaurador foi formado por uma resina composta e o adesivo sugerido pelo fabricante da mesma.

<b>GRUPOS</b>	<b>SISTEMA ADESIVO</b>	<b>RESINA COMPOSTA</b>
<b>G1</b>	Adper® SingleBond 2	Filtek® Z350
<b>G2</b>	Adper® SingleBond 2	Filtek® Supreme XT
<b>G3</b>	Gluma® Comfort Bond Desensitizer	Charisma® Opal
<b>G4</b>	Excite F®	IPS Empress® Direct
<b>G5</b>	Tetric® N-Bond	Tetric® N-Ceram
<b>G6</b>	Sist. Adesivo Filtek® P90	Filtek® P90

---

Tabela 2 - Composição básica das resinas compostas empregadas.

RESINA	COR	COMPOSIÇÃO	TIPO DE CARGA	VOLUME DE CARGA	TAMANHO DA CARGA
<b>Filtek® Z350</b>	A2	BisGMA UDMA BisEMA TEGDMA	Sílica Zircônia	59,5%	0,6 a 1,4µm
<b>Filtek® Z350 XT</b>	A2	BisGMA UDMA BisEMA TEGDMA PEGDMA	Sílica Zircônia	63,3%	4 a 20nm
<b>Charisma® Opal</b>	A2	BisGMA	Vidro de bário e alumínio Sílica	58%	0,02 a 2µm
<b>IPS Empress® Direct</b>	A2	Dimetacrilatos	Vidro de bário Trifluoreto de itérbio Óxidos mistos Dióxido de silício Copolímeros	52 a 59%	40 a 3000nm
<b>Tetric® N-Ceram</b>	A2	Dimetacrilatos	Vidro de bário Trifluoreto de itérbio Óxidos mistos Copolímeros	55 a 57%	40 a 3000nm
<b>Filtek® P90</b>	A2	Siloxano Oxirano	Zircônia Sílica YF <sub>3</sub>	55%	0,1 a 2µm

Fonte: Os dados foram extraídos das bulas de cada material, seguindo as características técnicas fornecidas por cada fabricante.

Após todas as etapas de preparo, cada dente foi envolto por matriz metálica do tipo Tofflemire (TDV, Pomerode, SC, Brasil) aprisionada em porta-matriz também do tipo Tofflemire (Golgran, São Caetano do Sul, SP, Brasil) (Figura 7), envolvendo as caixas proximais do preparo (Figura 8). Depois disso, com pressão digital, a matriz foi adaptada à cavidade e estabilizada com godiva de baixa fusão. Dessa forma a pressão foi mantida, simulando uma situação clínica de restauração Classe II MOD com dentes adjacentes (Figura 9).



Figura 7 - Matriz e porta-matriz tipo Tofflemire.

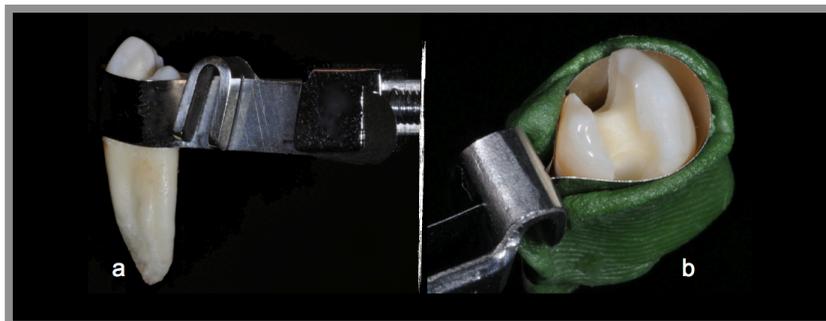


Figura 8 – a. Matriz posicionada; b. Vista oclusal da matriz adaptada ao dente com godiva de baixa fusão, simulando a presença de dentes adjacentes

Com o aparato preparado, cada dente foi submetido aos passos referentes à restauração, de acordo com o grupo a que pertencia.

Em todos os grupos foi utilizado aparelho fotoativador LED com potência de  $1250\text{mW/cm}^2$  (LITEX 696, Dentamerica, CA, EUA), aferida no início do procedimento restaurador em cada grupo.

### **6.1.1 Grupo 1**

Foi constituído por 10 espécimes, restaurados com compósito microhíbrido fotopolimerizável Filtek® Z350 (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) e seu respectivo sistema adesivo. Os preparos de cada espécime foram condicionados com gel de ácido fosfórico a 37% (Total Etch; Ivoclar Vivadent, AG, Liechtenstein), inicialmente nas margens de esmalte por 15s e depois em dentina, por mais 15s, totalizando 30s em esmalte. Depois disso o ácido foi enxaguado com água destilada por 30s e foi feita secagem com papel absorvente, deixando a superfície de dentina úmida. Esta etapa foi seguida pela aplicação de duas camadas do adesivo de frasco único Adper® SingleBond (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), acompanhadas por jatos de ar por 5s e fotoativação por 10s. Na sequência foi aplicada a resina composta seguindo os princípios da técnica incremental oblíqua (incrementos de 2mm) acompanhada de fotoativação de 20s para cada incremento. Ao final, foi aplicado gel bloqueador de oxigênio e feita fotoativação adicional de 60s.

### **6.1.2 Grupo 2**

Este grupo foi constituído por 10 espécimes, restaurados com compósito nanoparticulado fotopolimerizável Filtek® Z350 XT (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) e seu respectivo sistema adesivo. A técnica de aplicação dos materiais foi a mesma utilizada para o grupo 1.

### **6.1.3 Grupo 3**

Também constituído por 10 espécimes, onde as restaurações foram confeccionadas com compósito fotopolimerizável Charisma® Opal (Heraeus Kulzer, Hanau,

Alemanha), classificado pelo fabricante como sub-micro-híbrido<sup>2</sup> e seu respectivo sistema adesivo. Os preparos de cada espécime receberam condicionamento ácido idêntico ao do Grupo 1. Esta etapa foi seguida pela aplicação de 3 camadas consecutivas do sistema adesivo Gluma® Confort Bond Desensitizer (Heraeus Kulzer, Hanau Alemanha), uma espera de 15s, jato de ar por 5s e fotoativação por 20s. Na sequência foi confeccionada a restauração, seguindo os mesmo passos citados nos grupos anteriores.

#### **6.1.4 Grupo 4**

Como os demais, este grupo foi constituído por 10 pré-molares extraídos. As restaurações foram realizadas com compósito nano-híbrido fotopolimerizável IPS Empress® Direct (Ivoclar Vivadent, AG, Liechtenstein) e seu respectivo sistema adesivo. Em cada espécime, foi feito condicionamento com ácido fosfórico como citado para os grupos anteriores. Depois disso, foi realizada a aplicação de uma camada do sistema adesivo de frasco único Excite F® (Ivoclar Vivadent, AG, Liechtenstein), acompanhada por fricção durante 10s, jato de ar por 5s e fotoativação por 10s. A restauração foi idêntica à dos grupos anteriores, mudando apenas a resina composta.

#### **6.1.5 Grupo 5**

Um total de 10 espécimes foram restaurados com compósito nanohíbrido fotopolimerizável Tetric® N-Ceram (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e seu respectivo sistema adesivo. A técnica de aplicação dos materiais foi a mesma utilizada para o grupo 4.

#### **6.1.6 Grupo 6**

Este grupo foi constituído por 10 espécimes, restaurados com o compósito micro-híbrido fotopolimerizável a base de silorano Filtek® P90, e o sistema adesivo autocondicionante que acompanha o sistema. Foi feito condicionamento ácido apenas

---

<sup>2</sup> Esta categoria não existe na classificação de Anusavice (Anusavice, 2005). Segundo esta classificação esta resina seria melhor categorizada como micro-híbrida.

nas margens de esmalte por 30s com o mesmo gel de ácido fosfórico utilizado nos grupos anteriores, enxágue com água destilada por 30s e secagem. Depois disso, foi feita aplicação do primer do sistema durante 15s, fotoativação por 10s, aplicação do adesivo, jato de ar por 5s e fotoativação por mais 10s. A técnica restauradora aplicada foi a mesma descrita para todos os grupos, com exceção do tempo de fotoativação, que foi de 30s para cada incremento. Mesmo não havendo a existência de uma camada de polimerização inibida por oxigênio nesta resina, procedeu-se da mesma forma dos demais grupos, utilizando uma camada de gel a base de água na última fotoativação.

Nas recomendações do fabricante para o uso do sistema restaurador Filtek® P90 não consta o condicionamento ácido do esmalte. Porém, optou-se por esta metodologia, visto que estudos anteriores alcançaram melhores resultados e recomendam esta prática (BAGIS *et al.*, 2009; DUARTE JR.; BOTTA; *et al.*, 2009; DUARTE JR.; PHARK; *et al.*, 2009; LOPES, 2009; RAJA; AL-BONI, 2010).

## 6.2 PROCEDIMENTOS DO TESTE DE MICROINFILTRAÇÃO

### 6.2.1 Ciclagem térmica

Concluídas as restaurações, os dentes foram armazenados por 7 dias em estufa a 37°C em um recipiente contendo água destilada. Cada grupo foi submetido a 500 ciclos térmicos com temperatura variando entre um mínimo de 5°C ± 2°C e máximo de 55°C ± 2°C, em máquina termocicladora.

Após a termociclagem, todos os dentes foram impermeabilizados com 2 camadas de esmalte cosmético, deixando livre apenas 1mm em volta das margens das restaurações. Foram utilizadas diferentes cores de esmalte para cada grupo. Os ápices das raízes foram selados com cera rosa nº7.



Figura 9 - Vista distal de um dente impermeabilizado.

### 6.2.2 Infiltração

Terminados os processos anteriormente citados, os espécimes foram novamente deixados em água destilada a 37° durante 10 minutos para promover a reidratação. Depois disso, em recipiente plástico escuro com fundo preenchido por cera utilidade, os espécimes foram posicionados verticalmente, com seus ápices presos pela cera. Assim, foram imersos em solução de nitrato de prata amoniacal, por 24 horas neste recipiente e em ambiente escuro. A solução de nitrato de prata foi preparada de acordo com o protocolo preconizado por Tay et al. (2002).

Na sequência, os espécimes foram enxaguados vigorosamente em água destilada e imersos em solução reveladora para filmes radiológicos (Eastman Kodak Company, Rochester, USA) por 8 horas sob luz fluorescente. Este processo fez com que houvesse redução dos íons de prata em grãos de prata metálica depositados ao longo dos espaços vazios presentes na interface adesiva.

### 6.2.3 Seccionamento

Os dentes foram então seccionados longitudinalmente em direção méso-distal em máquina de corte (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, EUA), utilizando discos diamantados (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) e sob refrigeração hidráulica. Este processo gerou

para cada espécime duas fatias para avaliação da microinfiltração na interface adesiva.

#### 6.2.4 Critérios de Avaliação

Todas as fatias obtidas foram fotografadas com máquina fotográfica digital (Nikon D5000, 105mm) em distância padronizada e com aproximação de 1:2.8.

As imagens foram analisadas por meio do software Image J (NHI, EUA), onde foi feita a mensuração da extensão total da parede gengival do preparo (esmalte ou dentina), e a mensuração da extensão onde houve presença de prata. A partir desses dois valores foi obtida a porcentagem de infiltração em ambos os substratos para cada grupo avaliado.

Das duas amostras obtidas a partir de cada espécime, apenas os maiores índices de microinfiltração foram utilizados.

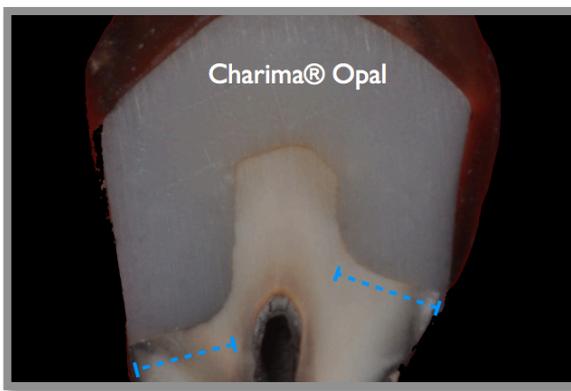


Figura 10 - Corte referente a um dos espécimes do Grupo 3. As linhas azuis indicam a extensão das interfaces com margem em esmalte e dentina.

#### 6.2.5 Análise Estatística

Os valores percentuais de microinfiltração em cada um dos substratos e para cada um dos sistemas restauradores foram analisados estatisticamente através dos testes ANOVA e Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).



# RESULTADOS



## 7 RESULTADOS

Os índices de microinfiltração, avaliados por meio de fotografias e software específico, foram mensurados tomando-se como referência a porcentagem de área infiltrada por sais de prata nas superfícies de esmalte e de dentina. Os dados crus de aferição em milímetros das extensões totais de dentina, esmalte, e infiltração de prata encontram-se nos Apêndices A e B.

### 7.1 RESULTADOS EM ESMALTE

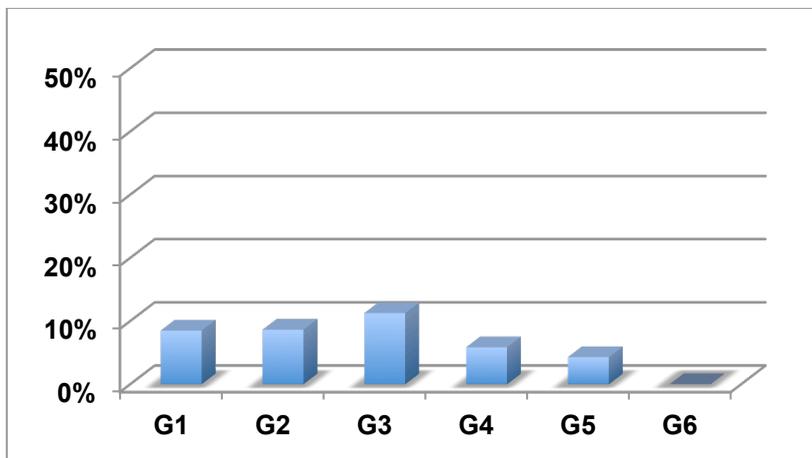
Os índices de microinfiltração observados em esmalte, com suas respectivas médias e desvios-padrão, estão apresentados na tabela abaixo (Tabela 3).

Tabela 3 - Índices percentuais de microinfiltração observados em esmalte, com suas respectivas médias e desvios-padrão, referentes aos seis grupos experimentais.

		GRUPOS					
		G1	G2	G3	G4	G5	G6
ESPÉCIMES	1	0%	0%	0%	0%	3,44%	0%
	2	18,18%	0%	0%	6,25%	0%	0%
	3	0%	39,13%	25,92%	0%	0%	0%
	4	27,27%	0%	0%	0%	0%	0%
	5	0%	5%	0%	17,64%	12%	0%
	6	4%	0%	0%	34,48%	0%	0%
	7	15,38%	30%	13,79%	0%	0%	0%
	8	8%	0%	56,66%	0%	0%	0%
	9	0%	12%	16%	0%	15,3%8	0%
	10	12%	0%	0%	0%	12%	0%
	Média	8,48%	8,61%	11,24%	5,84%	4,28%	0%
	Desvio-padrão	9,52	9,52	18,46	11,54	6,26	0

Uma representação dos valores médios apresentados acima está caracterizada no gráfico abaixo (Gráfico 1):

Gráfico 1 - Médias dos índices percentuais de microinfiltração em esmalte entre os grupos. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos.



Estes resultados apresentaram grande variabilidade, com coeficientes de variação acima de 100% (resultados variando de 0% a 100%), por isso, um fator de conversão foi aplicado na tentativa de diminuir a variabilidade. Assim, a raiz quadrada dos valores foi aplicada aos valores originais e os resultados foram submetidos ao teste de análise de variância (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados do teste ANOVA para comparação dos índices percentuais de microinfiltração entre os seis grupos experimentais.

FV	SQ	GL	QM	F
Entre grupos	783,95	5	156,74	1,16 (p = 0,3401) n-s
Dentro de grupos	7290,5	54	135,01	
Total	8074,45	59		

Com estes resultados foi visto que não houve diferença significativa entre os grupos quando analisados os índices percentuais de microinfiltração em esmalte.

Para confirmação do resultado foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis, equivalente não paramétrico do ANOVA.

O resultado obtido foi de  $t = 7,67$  e  $p = 0,1750$  (n-s).

Após esta análise os resultados foram submetidos a um teste de proporções a fim de identificar se a quantidade de corpos de prova com alguma infiltração, independentemente de sua quantidade, foi significativa. O resultado mostrou significância para comparação entre o grupo 6 (resina composta Filtek® P90), que não apresentou microinfiltração, e os grupos que apresentaram 4 corpos de prova com algum índice de microinfiltração (com  $p= 0,0246$ ), mas não para o grupo IV (resina composta IPS Empress® Direct), que teve apenas 3 corpos de prova que apresentaram microinfiltração.

## 7.2 RESULTADOS EM DENTINA

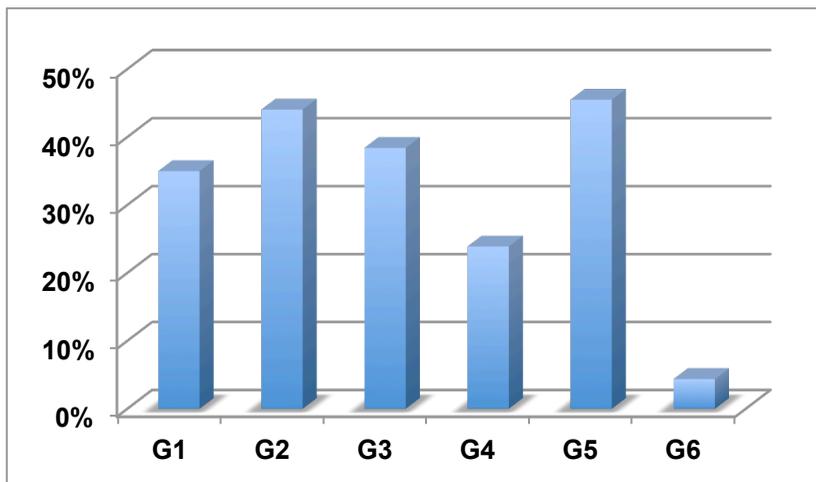
Após as análises em esmalte, procedeu-se à análise dos índices de microinfiltração em dentina, mantendo-se o mesmo planejamento estatístico. Os índices de microinfiltração observados em dentina, com suas respectivas médias e desvios-padrão, estão apresentados na tabela abaixo (Tabela 5).

Tabela 5 - Índices percentuais de microinfiltração observados em dentina, com suas respectivas médias e desvios-padrão, referentes aos seis grupos experimentais.

		GRUPOS					
		G1	G2	G3	G4	G5	G6
ESPÉCIMES	1	50%	0%	4,5%	20%	93,1%	0%
	2	21,7%	79,16%	25,8%	13,33%	96,77%	0%
	3	44%	27,27%	95%	0%	45,45%	11,53%
	4	62,9%	64%	88,46%	0%	10,71%	0%
	5	0%	64%	24%	78,78%	25,92%	16%
	6	43,47%	0%	24%	20%	20%	7,69%
	7	18,75%	31,81%	45%	8,3%	41,37%	0%
	8	22,22%	19,04%	16%	56,66%	55%	8,33%
	9	0%	65%	33,33%	25%	23,07%	0%
	10	86,66%	90%	27,72%	16,66%	43,47%	0%
	Média	34,97%	44,03%	38,38%	23,87%	45,48%	4,36%
	Desvio-padrão	27,65	32,52	30,03	25,09	29,35	6,04

Uma representação dos valores médios apresentados na tabela está caracterizada no gráfico 2.

Gráfico 2 - Médias dos índices percentuais de microinfiltração em dentina entre os grupos. o Grupo 6 apresentou índice de microinfiltração significativamente menor que os demais grupos.



Como esses resultados apresentaram grande variabilidade, com coeficientes de variação acima de 50%, foi aplicado um fator de conversão para tentar diminuir a variabilidade. Assim, a raiz quadrada dos valores foi aplicada aos valores originais.

Porém, um dos grupos (grupo 6) ainda apresentou variabilidade muito diferente dos demais. Optou-se então por aplicar o teste de Kruskal-Wallis, que é o equivalente não paramétrico da análise de variância. O resultado do teste foi  $t=19,67$  ( $p=0,0014$ ).

As comparações individuais estão demonstrados no quadro 2, sendo que as colunas vermelhas indicam equivalência estatística.

Quadro 2 - Comparações individuais entre os grupos a partir do teste de Kruskal-Wallis. As colunas vermelhas indicam equivalência estatística.

GRUPOS	RESINA COMPOSTA	Média
G6	Filtek® P90	1,31
G4	Empress® Direct	4,09
G1	Filtek® Z350	5,12
G2	Filtek® Supreme XT	5,77
G3	Charisma® Opal	5,79
G5	Tetric® N-Ceram	6,43

Estes resultados mostraram que o sistema restaurador referente ao grupo 6 (Filtek® P90) apresentou percentuais médios de microinfiltração significativamente menores que os demais grupos em dentina. Além disso, o grupo 5 (Tetric® N-Ceram) apresentou índices maiores que o grupo 4 (IPS Empress® Direct).

Assim, os resultados seguiram a seguinte ordem crescente de índices percentuais de microinfiltração em dentina:

$$G6 < G4 \leq G1 \leq G2 \leq G3 \leq G5$$



DISCUSSÃO



## 8 DISCUSSÃO

As resinas compostas vem sendo utilizadas como material restaurador em dentes posteriores há aproximadamente 30 anos. Neste breve tempo as publicações referentes a este material revelam dificuldades clínicas e taxas de insucesso maiores que as das pregressas restaurações de amálgama (SARRETT, 2005).

Diversos autores vêm citando a contração de polimerização como principal causadora do insucesso das restaurações de resina composta (AL-SALEH et al., 2010; CRAMER et al., 2011; FERRACANE, 2005, 2008; GONÇALVES et al., 2008; SCHNEIDER et al., 2010; VAN ENDE et al., 2010). O processo de polimerização deste material é acompanhado por contração volumétrica, resultado da conversão de moléculas de monômeros em uma longa rede polimérica. Este processo induz tensões no complexo dente/restauração (SCHNEIDER et al., 2010). Quando as tensões produzidas pela contração ultrapassam a resistência adesiva do material restaurador às paredes cavitárias, o selamento interfacial é perdido, o que pode resultar no surgimento de desordens pós-operatórias, como manchamento marginal, sensibilidade e desenvolvimento de cáries secundárias (BRUNTHALER et al., 2003).

No presente estudo, o objetivo central foi avaliar a capacidade de selamento de resinas compostas aplicadas em cavidades Classe II MOD. Foram avaliados seis sistemas restauradores, sendo que cada um foi formado por uma resina composta e o sistema adesivo recomendado pelo fabricante da mesma. Dentre eles, foi utilizado um sistema restaurador controle (G1), contendo uma resina micro-híbrida a base de metacrilato, que foi comparado a cinco sistemas comercializados como sendo de baixa contração (G2 a G6). Estes sistemas que formaram os grupos de teste foram formados por resinas do tipo nanohíbrida, nanoparticulada, microparticulada (todas com matriz de metacrilato) e microhíbrida a base de silorano.

Dessa forma, pode-se perceber que cada uma das resinas compostas pertencentes aos sistemas restauradores representa uma diferente tática de redução de contração, seja na alteração de carga ou de matriz orgânica.

O impacto clínico da contração de polimerização é algo controverso, visto que os sintomas associados são

manifestações secundárias em que o estresse de contração não necessariamente é o primeiro mecanismo de geração (SARRETT, 2005). Por isso, a contração de polimerização continua sendo um assunto bastante debatido. Além de seu impacto clínico não ser totalmente comprovado, a forma de determinação da magnitude do estresse gerado por um procedimento restaurador não tem um protocolo totalmente esclarecido e recomendado (MEIRA et al., 2011; TANTBIROJN et al., 2011). As mensurações das quantidades de estresse podem apenas ser conduzidas indiretamente, e mantiveram-se evasivas em grande parte devido ao fato de o estresse ser muito mais um fator relacionado ao meio como um todo do que uma propriedade específica dos materiais (MEIRA et al., 2011).

De qualquer forma, durante uma restauração, a adição de estresse residual sobre o estresse funcional que a estrutura dental já precisa suportar não pode ser vista como sendo uma situação benéfica ao sucesso de um procedimento. Assim, torna-se viável e sustentável toda e qualquer manobra na minimização da geração do estresse não funcional (TANTBIROJN et al., 2011).

Partindo do princípio de que a maior formação de estresse nas restaurações MOD levaria a uma maior formação de fendas marginais, (isto é, falta de selamento interfacial) optou-se pela utilização da análise de microinfiltração marginal por penetração de traçador de cor contrastante como meio de avaliação. Neste método as fendas produzidas na interface entre dente e sistemas restauradores são supostamente preenchidas por imersão do espécime em um traçador químico ou corante. Depois desse processo faz-se a contabilização das mesmas (GOES; MONTES, 2004).

Essas fendas teriam ligação com a tensão produzida durante a polimerização, e visto que a produção dessas tensões depende de múltiplos fatores referentes tanto ao meio quanto ao material restaurador, este tipo de teste passa a ser apenas subjetivo. Neste caso foi utilizado para determinar a influência das resinas empregadas na diminuição da formação de tensões pela polimerização. Este é um dos métodos mais comuns na avaliação da eficiência de selamento dos materiais restauradores (SCHNEIDER *et al.*, 2010).

Por mais que a extrapolação clínica dos resultados não possa ser afirmada, uma vez que o estresse de contração

depende de múltiplos fatores, os resultados dos estudos *in vitro* de microinfiltração, inclusive do presente, estão próximos da realidade clínica, uma vez que dentes humanos e protocolos clínicos vêm sendo empregados (SARRETT, 2005; SCHNEIDER et al., 2010).

Em relação à metodologia e objetivo da presente pesquisa, visou-se avaliar apenas a influência do substrato e do material restaurador utilizado na capacidade de selamento de restaurações em dentes posteriores. Para que apenas os fatores citados acima pudessem ser avaliados, outros foram padronizados, como: dentes empregados; forma e tamanho das cavidades e restaurações; propriedades dos tecidos dentais e protocolos de restauração.

Ainda sobre a metodologia, foram utilizadas resinas compostas comercializadas como sendo de baixo índice de contração (Filtek® Supreme XT; Charisma® Opal; Empress® Direct; Tetric®-N Ceram e Filtek® P90), que foram comparadas a uma resina convencional (Filtek® Z350). A diminuição da contração de polimerização das resinas compostas é um método suportável na redução do estresse residual. Pode-se perceber que este tipo de resinas apresentam os mesmos índices de conversão de monômeros de resinas convencionais, mantendo baixos índices de contração (PAPADOGIANNIS et al., 2011). Entre as resinas selecionadas, optou-se por avaliar diferentes estratégias no alcance dessa diminuição do índice de contração, como a alteração da matriz resinosa ou alterações no volume e tipo de cargas inorgânicas. Em comparação com a resina utilizada como controle (Tabela 2), as resinas Tetric®-N Ceram e Empress® Direct tiveram alterações no tipo e tamanho de cargas (menores). Na resina composta Charisma® Opal a alteração ficou por conta do tipo de partículas, arranjo dos tamanhos utilizados e diminuição do volume das mesmas. A resina Filtek® Supreme XT teve o tamanho das partículas diminuído e apresentou volume das mesmas aumentado. Já na resina Filtek® P90 as alterações aconteceram tanto nas cargas inorgânicas, pela diminuição do volume e emprego de diferentes partículas, como na matriz, pela substituição de dimetacrilatos por silorano. Todas as resinas foram utilizadas conforme a recomendação de seus fabricantes, inclusive utilizando o sistema adesivo sugerido. Assim, para efeito de análise, os resultados apresentados são referentes ao sistema restaurador como um todo, ou seja, o

conjunto “sistema adesivo + resina composta”, já que a resina composta (parte do conjunto que foi alterada a fim de diminuir o índice de contração) não pode ser utilizada sem um sistema adesivo.

Alguns autores, quando da avaliação de diferentes resinas compostas, optam por empregar um mesmo sistema adesivo universal em todas as situações, a fim de excluir esta variável (TANTBIROJN et al., 2011). Porém, nesta pesquisa, optou-se por avaliar o conjunto sugerido pelo fabricante e avaliá-lo como sistema restaurador. Principalmente pelo fato de a resina Filtek® P90 possuir sistema adesivo próprio, não podendo ser utilizada em dupla com um sistema adesivo universal.

A capacidade de selamento destas resinas foi aferida em cavidades Classe II MOD. Sabe-se que a condição mais desfavorável e de maior produção de estresse para uma resina composta é a aplicação da mesma em cavidades Classe I, devido ao alto fator C (SENSI et al., 2006). Porém, foram utilizadas cavidades Classe II MOD por estas proporcionarem margens em esmalte e em dentina nas caixas proximais, possibilitando a avaliação nos diferentes substratos. Em adição, na situação de restaurações Classe II, a resistência de união na margem gengival é tipicamente menos favorável que nas demais paredes, sendo esta margem mais suscetível à formação de falhas adesivas e microinfiltração (AL-SALEH et al., 2010).

Nas restaurações não foram executados os passos de acabamento e polimento para prevenir uma possível abertura dos túbulos dentinários nas margens em dentina, levando a falsos resultados. Além disso, diferentes tipos de resina podem apresentar maiores índices de microinfiltração sob um mesmo protocolo de acabamento (LOPES; FRANKE; et al., 2002).

Uma das hipóteses testadas na pesquisa foi a de que os índices de microinfiltração seriam diferentes em esmalte e dentina. Esta hipótese foi confirmada pela presença de maiores índices de microinfiltração em dentina para todos os sistemas restauradores. Este já era um resultado esperado, devido ao fato de que a maioria dos casos de microinfiltração marginal ocorre em margens gengivais localizadas em dentina ou cimento (SCHNEIDER et al., 2010). Isto ocorre em parte pela dificuldade de acesso para realizar a restauração, dificuldade de controle da umidade, e ainda por estes dois tecidos não apresentarem as mesmas qualidades de adesão demonstradas pelo esmalte.

Margens em dentina apresentam menor conteúdo mineral que o esmalte e maior umidade, gerando maior chance de ocorrer infiltração. Em dentina a perda de adesão entre resina/substrato ocorre mais facilmente (ARAUJO *et al.*, 2006; BAGIS *et al.*, 2009).

Além do substrato dentinário apresentar maiores dificuldades de adesão, as caixas proximais com limite em dentina apresentaram maior extensão devido à localização do limite marginal, demandando o uso de maior quantidade de material restaurador e revelando uma condição completamente desfavorável a um efetivo selamento. De acordo com Braga *et al.* (2006) os índices de microinfiltração estão mais ligados ao volume de material restaurador utilizado do que com o fator C cavitário propriamente dito.

Outro fator a ser analisado diz respeito à técnica do teste de microinfiltração. O protocolo seguido incluiu a imersão vertical dos espécimes, como o proposto por Mente *et al.* (2009), fazendo com que esse maior índice de infiltração em dentina não possa ser justificado por erro técnico. Caso houvesse imersão dos espécimes na posição horizontal dentro do recipiente, poderia haver maior infiltração em um dos lados das restauração (caixas proximais com margem em esmalte ou dentina) gerando falsos resultados.

A outra hipótese avaliada foi a de que as resinas de baixa contração teriam índices de microinfiltração menores que a resina convencional utilizada como controle. Esta hipótese foi parcialmente rejeitada para ambos os substratos.

Em esmalte, todas as resinas apresentaram índices percentuais de microinfiltração semelhantes, sem diferença estatística entre os grupos. Isto significa que tanto as resinas de baixa contração como a resina convencional tiveram o mesmo comportamento. Provavelmente, os resultados se justificam pela boa performance do substrato, conhecido pela aceitação aos procedimentos adesivos (LOPES *et al.*, 2002).

No estudo de Klautau *et al.* (2011) os resultados de microinfiltração em esmalte utilizando resinas convencionais e a base de silorano foram semelhantes aos encontrados na presente pesquisa. Porém, no estudo acima citado foram utilizados dentes bovinos no lugar de humanos e a mensuração da microinfiltração foi feita utilizando como corante a fucsina básica no lugar do nitrato de prata amoniacal. Quando são feitas

comparações entre pesquisas que utilizaram diferentes corantes e traçadores químicos pode-se chegar a conclusões equivocadas. Diferentes substâncias possuem diferentes tamanhos moleculares e conseqüentemente maior ou menor poder de penetração e infiltração nos tecidos dentais (MENTE *et al.*, 2009). Assim, baixos índices de microinfiltração em uma determinada pesquisa podem não ser baixos em outra. Como exemplo, na pesquisa de Bagis *et al.* (2009) não foi encontrada presença de microinfiltração em dentina com o uso da resina composta Filtek® P90. Esses dados são diferentes dos achados da presente pesquisa, porém os autores acima citados utilizaram a fucsina básica como corante, que possui moléculas maiores que as do nitrato de prata. O nitrato de prata é capaz de se difundir pelas margens das restaurações para dentro da camada híbrida através de defeitos interligados, porosidades e fendas que existem entre a camada híbrida e a dentina desmineralizada subjacente (NAKABAYASHI; PASHLEY, 2000). Portanto, os dados não podem ser relacionados.

Na presente pesquisa foi utilizada a solução de nitrato de prata amoniacal, tendo em vista que o hidróxido de amônia adicionado atua na neutralização do pH e quelação de complexos iônicos, evitando que em pHs baixos haja dissolução de cálcio e fosfato, o que resultaria em porosidades, levando a falsos resultados (TAY *et al.*, 2002).

Ainda sobre a metodologia do teste empregado, na pesquisa de Klautau *et al.* (2011) a imersão dos espécimes no corante foi feita logo após a fotoativação. Não houve armazenamento posterior ou termociclagem, como o proposto na presente pesquisa, onde os espécimes foram submetidos a 500 ciclos térmicos (ISO TR 11405). Alguns autores afirmam que as imersões quentes ( $55^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ) podem acelerar a hidrólise do sistema adesivo, com conseqüente absorção de água e lixiviação dos monômeros não completamente polimerizados, alterando a interpretação dos resultados (HASHIMOTO *et al.*, 2010).

Ainda sobre a análise em esmalte, além da observação da extensão da microinfiltração apresentada entre os grupos, foi aplicado teste de proporções e avaliada também a simples presença ou ausência de microinfiltração, independentemente de sua extensão, visto que a simples ocorrência de infiltração já pode ser considerada falta de selamento. Nessa avaliação foi

observado que os grupos G4 e G6 apresentaram similaridade estatística. Especificamente, ao utilizar os sistemas restauradores Filtek® P90 e Empress® Direct a chance de ocorrer microinfiltração em margens de esmalte é a mesma. E essa chance de ocorrência se mostrou menor que nos outros sistemas restauradores avaliados.

Estes resultados, em relação ao substrato esmalte, estão em desacordo com os achados de Tantibirojn, et al. (2011). Nesta pesquisa os índices de microinfiltração em esmalte da resina Filtek® P90 foram maiores que o de outras resinas de baixa contração. Estes autores justificaram o resultado pelo uso do sistema adesivo autocondicionante que acompanha a resina. O primer autocondicionante do sistema adesivo Filtek® P90 possui pH 2.7, podendo ser classificado como suave. (DUARTE JR.; BOTTA; et al., 2009; VAN ENDE et al., 2010). Outros autores (VAN LANDUYT et al., 2007) também desmotivaram o uso de adesivos autocondicionantes em esmalte, e vários trabalhos (DUARTE JR.; BOTTA; et al., 2009; ERMIS et al., 2010) citam a necessidade de condicionamento ácido prévio deste tecido quando do uso deste tipo de protocolo de hibridização.

Certamente os melhores índices encontrados nos resultados do presente trabalho justificam-se pelo protocolo adesivo empregado, visto que nesta pesquisa foi utilizado o condicionamento prévio das margens de esmalte com ácido fosfórico a 37%, como proposto em trabalhos anteriores (BAGIS et al., 2009; DUARTE JR.; BOTTA; et al., 2009; DUARTE JR.; PHARK; et al., 2009; LOPES, 2009; RAJA; AL-BONI, 2010).

Em dentina, houve diferença estatística entre os grupos analisados.

O grupo G6 (Filtek® P90) obteve os menores índices de infiltração se comparado aos demais grupos. Estes resultados estão em regularidade com os obtidos por Raja e Al-Boni (2010), Bagis et al. (2009) e Yamazaki et al. (2006) onde em comparações do grau de microinfiltração da resina composta Filtek® P90 com resinas a base de metacrilato observaram menores índices para a resina a base de silorano.

Os menores índices de microinfiltração observados no grupo G6 em comparação aos demais grupos, com resinas com matrizes a base de metacrilato, podem ser atribuídos à polimerização por aberturas de anéis inerente aos monômeros de

silorano. Este tipo de polimerização, se comparada à polimerização linear por radicais livres das resinas a base de metacrilato, pode compensar a redução de volume causada pela aproximação das moléculas. Esta menor contração se manifesta como uma diminuição do estresse na interface dente/restauração (EICK et al., 2007).

A resina composta Filtek® P90, em sua composição, combinou as duas principais vantagens de seus componentes: baixa contração de polimerização inerente ao oxirano e aumento da hidrofobicidade devido à presença de siloxano (RAJA; AL-BONI, 2010).

No estudo de Duarte Jr. et al. (2009) também foi aferida a capacidade de selamento em dentina da resina composta Filtek® P90, porém utilizando a abordagem de análise de nanoinfiltração e mensurando a quantidade de infiltração por meio de escores. Foi utilizada a mesma solução traçadora utilizada na presente pesquisa, porém os espécimes analisados foram filetes seccionados para teste de resistência adesiva à microtração. Os autores observaram que houve depósitos de sais de prata, principalmente abaixo da camada híbrida, indicando porosidade da mesma. Em relação à técnica, o uso de escores, no lugar da quantificação por porcentagem, pode mascarar alguns resultados, fazendo com que não haja diferença significativa entre os grupos na análise estatística dos dados. Quanto ao tipo de traçador químico utilizado, o ideal é que sejam empregadas substâncias em que o tamanho das partículas coincida com o tamanho de algumas espécies de bactérias (MENTE et al., 2009). As partículas de nitrato de prata são menores que muitas bactérias, mas assim como na presente pesquisa, Duarte Jr. e colaboradores escolheram essa substância por sua alta solubilidade inicial, e porque uma vez difundido para dentro da região de falha e reduzido a prata metálica, ele permanece nesse local sem sofrer diluição (apagar), como é frequente com tinturas solúveis em água (NAKABAYASHI; PASHLEY, 2000).

Além das características benéficas referentes à resina composta do sistema restaurador do grupo G6, o sistema adesivo autocondicionante deste grupo também apresentou menor sensibilidade técnica de aplicação se comparado aos sistemas de condicionamento ácido total das resinas a base de metacrilato. Isto pode ter contribuído para a melhora na qualidade adesiva e resultado na quase inexistência de

microinfiltração nas cavidades MOD restauradas com Filtek® P90.

A aplicação do sistema adesivo em dois passos e fotoativação em separado da camada hidrofóbica de adesivo pode ter sido vantajosa na manutenção do selamento da interface. Mine et al. (2010) em estudo envolvendo a caracterização desse sistema adesivo em microscopia eletrônica de transmissão observaram interface sem presença de falhas tanto em dentina como em esmalte, indicando efetiva união do substrato dental com a resina hidrofóbica a base de silorano.

Além disso, o adesivo do sistema Filtek® P90 possui alta viscosidade e conteúdo de carga, e o fabricante recomenda a aplicação de dupla camada. Esta espessa camada de adesivo aplicada na superfície do preparo dental pode ter agido como um amortecedor elástico, facilitando a dissipação de tensões (SANTINI; MILETIC, 2008).

Choi e colaboradores (2000) possuem a mesma opinião, e defendem que o estresse de contração gerado durante a confecção de uma restauração de resina composta contribui significativamente para a ocorrência de infiltração marginal, e este estresse pode ser de certo modo absorvido e aliviado pela aplicação de uma maior espessura de sistema adesivo de baixa rigidez.

Outro aspecto referente a este sistema restaurador é a alta hidrofobicidade da resina, que pode ter influenciado sua resistência aos ciclos térmicos em água. Em estudo que visou o reconhecimento de várias propriedades mecânicas de resinas compostas de baixa contração em ambiente seco e úmido, Papadogiannis et al. (2011) observaram que a resina composta Filtek® P90 foi a que menos teve suas propriedades afetadas pela imersão em água. Assim como Weinmann et al. (2005), estes autores afirmaram que a resina a base de silorano apresenta baixos índices de sorção de água e solubilidade.

Depois do grupo G6, o segundo grupo com menor índice de microinfiltração foi G4 (Empress® Direct), sendo que este grupo apresentou semelhança estatística com os demais, exceto G5 (Tetric®-N Ceram). Ou seja, G4 obteve resultados inferiores a Filtek® P90, porém superiores a Tetric®-N Ceram.

Os melhores resultados de G4 em relação à G5 não possuem relação clara. Ambas as resinas compostas pertencem ao mesmo fabricante e possuem tamanho, tipo e volume de

cargas semelhantes. Além disso, os sistemas adesivos utilizados também são similares, ambos utilizam álcool como solvente e possuem conteúdo de carga. Porém, o fabricante não fornece detalhes da composição da matriz orgânica destes materiais, e uma das causas pode ser uma maior capacidade da resina Empress® Direct de sofrer expansão higroscópica. Esta expansão pode reduzir ou eliminar as fendas marginais causadas pela contração de polimerização e está relacionada ao conteúdo hidrofílico do material (LOGUERCIO et al., 2006).

O grupo controle G1, composto pela resina micro-híbrida Filtek® Z350 apresentou maiores valores de microinfiltração que G6. Este resultado já era esperado, visto que o estresse de contração de polimerização de materiais restauradores a base de metacrilatos é maior que o da resina a base de silorano (EICK et al., 2007). Assim, a maior microinfiltração em restaurações com resinas a base de metacrilato pode ser explicada pelas maiores forças de contração de polimerização e/ou dificuldades técnicas na aplicação dos sistemas adesivos de condicionamento ácido total, que apresentam maior sensibilidade.

O sucesso da resina composta Filtek® P90 pode então ser atribuído à composição química da resina composta com polimerização por abertura de anéis; à natureza do adesivo que compõe o sistema restaurador e à bem sucedida junção de resina e adesivo como sistema restaurador.

Todavia, é importante salientar que o grupo controle G1 apresentou índices de microinfiltração semelhantes aos dos grupos G2, G3, G4 e G5, todos formados por resinas comercializadas como sendo de baixa contração. A similaridade dos resultados entre as resinas a base de metacrilato pode ser justificada pela semelhança de composições e pela utilização de sistemas adesivos que envolvem o condicionamento ácido da dentina. A hipótese de que haveria menor índice de microinfiltração nas resinas de baixa contração, portanto, não foi completamente comprovada em dentina, pois apenas Filtek® P90 pôde ser incluída nesta afirmação.

O grupo G2 (Filtek® Supreme XT) apresentou índices de microinfiltração semelhantes a G1, ou seja, maiores que G6 e semelhantes aos demais. Esta resina, dentre as empregadas neste estudo, é a que apresenta o maior conteúdo de carga (63,3% em volume) e as menores partículas. O alto conteúdo de carga pode estar relacionado a efeitos negativos no grau de

conversão das resinas compostas. Uma possível explicação para os resultados inferiores é a possibilidade de ter ocorrido restrição de mobilidade das espécies reativas e espalhamento difuso da luz ativadora (GONÇALVES et al., 2010).

No grupo G3 (Charisma® Opal) foram observados índices de microinfiltração também semelhantes a G1 (controle), ou seja, maiores que G6 e semelhantes aos demais.

Já o grupo G5 (Tetric® N-Ceram) apresentou os piores resultados. Os índices de microinfiltração foram maiores que G6, como em todos os outros grupos, porém foram também maiores que G4 (Empress® Direct).

Pode-se então afirmar que o uso de resinas de baixa contração é válido na tentativa de minimizar as tensões decorrentes da polimerização em restaurações de resina composta. Principalmente se o mecanismo de redução de contração estiver ligado a alterações na constituição da matriz resinosa orgânica.

Em um estudo, desenvolvido por Marchesi e colaboradores (2010), que avaliou o estresse de contração de várias resinas compostas, os índices mais baixos foram também apresentados por uma resina com modificação na matriz orgânica. A resina em questão (Venus Diamond®; Heraeus Kulzer, Hannau, Alemanha) possui uma modificação nas ligações de hidrogênio de seus monômeros.

Em linhas gerais, considera-se que a magnitude de estresse produzido é dependente da quantidade de contração que o material sofre e seu módulo de elasticidade. Por esse motivo a composição química da matriz resinosa tem papel importante, pois participa na cinética e magnitude da contração e na evolução do módulo de elasticidade (SCHNEIDER et al., 2010; WEINMANN et al., 2005).

São necessários estudos adicionais no âmbito do completo entendimento da geração de estresses, pois esta é uma condição que não é determinada apenas pelo índice de contração do material restaurador, e o uso de resinas com menor poder de contração não é capaz de reduzir o estresse gerado pelo todo. Sarrett em 2005 sugeriu que, além da fabricação de resinas compostas com baixo teor de contração, deveria ser levada em consideração a adição de substâncias antibacterianas, a fim de minimizar as cáries secundárias, que são os principais motivos de insucesso e substituição de restaurações de resina composta.

A resina a base de silorano se mostrou boa alternativa na restauração ampla de dentes posteriores, porém sua universalidade de uso ainda é limitada pela necessidade de sistema adesivo específico.

**CONCLUSÕES**



## 9 CONCLUSÕES

Visto todo o exposto, e levando em consideração as limitações apresentadas por este estudo *in vitro*, foi possível alcançar as seguintes conclusões:

- Todos os sistemas restauradores avaliados apresentaram algum índice de microinfiltração em esmalte e/ou dentina.
- Não houve diferença estatística entre a capacidade de selamento dos sistemas restauradores testados em esmalte.
- Os índices percentuais de microinfiltração para todos os sistemas restauradores avaliados foram maiores em dentina. Em relação ao sistema restaurador controle, apenas o grupo G6 (Filtek® P90) apresentou menores valores de microinfiltração.



# REFERÊNCIAS



AL-BONI, R.; RAJA, O. M. Microleakage Evaluation of Silorane Based Composite Versus Methacrylate Based Composite. **Journal of Conservative Dentistry**, v.13, n.3, p.152-155, Jul. 2010.

AL-SALEH, M.; EL-MOWAFY, O.; TAM, L.; FENTON, A. Microleakage of Posterior Composite Restorations Lined with Self-adhesive Resin Cements. **Operative Dentistry**, v. 35, p. 556-563, Sep. 2010.

ALPTEKIN, T.; OZER, F.; UNLU, N.; COBANOGLU, N.; BLATZ, M. B. In Vivo and In Vitro Evaluations of Microleakage Around Class I Amalgam and Composite Restorations. **Operative Dentistry**, v. 35, p. 641-648, Nov. 2010.

ANUSAVICE, K. **Phillips Materiais Dentários**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

ARAUJO, F. O.; VIEIRA, L. C. C.; MONTEIRO JUNIOR, S. Influence of Resin Composite Shade and Location of The Gingival Margin on the Microleakage of Posterior Restorations. **Operative Dentistry**, v. 31, n. 5, p. 556-561, Oct. 2006.

ARHUN, N.; CELIK, C.; YAMANEL, K. Clinical Evaluation of Resin-based Composites in Posterior Restorations: Two-year Results. **Operative Dentistry**, v. 35, p. 397-404, Jul. 2010.

BAGIS, Y. H.; BALTACIOGLU, I. H.; KAHYAOGULLARI, S. Comparing Microleakage and the Layering Methods of Silorane-Based Resin Composite in Wide Class II MOD Cavities. **Operative Dentistry**, v. 34, n. 5, p. 578-585, Out. 2009.

BARATIERI, L. N.; MONTEIRO JUNIOR, S.; ANDRADA, M. A. C. *et al.* **Odontologia restauradora : fundamentos e possibilidades**. 1a. ed., 2a. reimpr. ed. São Paulo: Livraria Santos Editora ; Quintessence Editora, 2002.

BRAGA, R.; BOARO, L.; KUROE, T.; AZEVEDO, C.; SINGER, J. Influence of Cavity Dimensions and their Derivatives (Volume and "C" Factor) on Shrinkage Stress Development and Microleakage

of Composite Restorations. **Dental Materials**, v. 22, p. 818-823, Sep. 2006.

BRUNTHALER, A.; KÖNIG, F.; LUCAS, T.; SPERR, W.; SCHEDLE, A. Longevity Of Direct Resin Composite Restorations in Posterior Teeth: A Review. **Clinical Oral Investigations**, v. 7, p. 63-70, 27 May 2003.

BURKE, F. J. T.; CRISP, R. J.; JAMES, A. *et al.* Two Year Clinical Evaluation of a Low-Shrink Resin Composite Material in UK General Dental Practices. **Dental Materials**, v. 27, p. 622-630, Jul. 2011.

CADENARO, M.; BIASOTTO, M.; SCUOR, N. *et al.* Assessment of Polymerization Contraction Stress of Three Composite Resins. **Dental Materials**, v. 24, n. 5, p. 681-685, May 2008.

CHOI, K. K.; CONDON, J. R.; FERRACANE, J. L. The Effects of Adhesive Thickness on Polymerization Contraction Stress of Composite. **Journal of Dental Research**, v. 79, n. 3, p. 812-817, Mar. 2000.

CRAMER, N. B.; STANSBURY, J. W.; BOWMAN, C. N. Recent Advances and Developments in Composite Dental Restorative Materials. **Journal of Dental Research**, v. 90, p. 402-416, 5 Oct. 2011.

CRIM, G. A. Effect of Substrate Age on Microleakage of Dentine Adhesive Agents. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 16, n. 6, p. 555-557, Nov. 1989.

DUARTE JR., S.; BOTTA, A. C.; PHARK, J.-H.; SADAN, A. Selected Mechanical and Physical Properties and Clinical Application of a New Low-Shrinkage Composite Restoration. **Quintessence International**, v. 40, n. 8, p. 631-638, Sep. 2009.

DUARTE JR., S.; PHARK, J.-H.; VARJÃO, F. M.; SADAN, A. Nanoleakage, Ultramorphological Characteristics, and Microtensile Bond Strengths of a New Low-Shrinkage Composite to Dentin After Artificial Aging. **Dental Materials**, v. 25, p. 589-600, May 2009.

EICK, J. D.; KOTHA, S. P.; CHAPPELOW, C. C. *et al.* Properties of Silorane-Based Dental Resins and Composites Containing a Stress-Reducing Monomer. **Dental Materials**, v. 23, p. 1011-1017, Aug. 2007.

EICK, J. D.; SMITH, R. E.; PINZINO, C. S.; KOSTORYZ, E. L. Stability of Silorane Dental Monomers in Aqueous Systems. **Journal of Dentistry**, v. 34, p. 405-410, Jul. 2006.

ERMIS, R. B.; TEMEL, U. B.; CELIK, E. U.; KAM, O. Clinical Performance of a Two-step Self-etch Adhesive with Additional Enamel Etching in Class III Cavities. **Operative Dentistry**, v. 35, p. 147-155, Mar. 2010.

FERRACANE, JACK L. Developing a More Complete Understanding of Stresses Produced in Dental Composites During Polymerization. **Dental Materials**, v. 21, n. 1, p. 36-42, Jan. 2005.

FERRACANE, JACK L. Buonocore Lecture. Placing Dental Composites - A Stressful Experience. **Operative Dentistry**, v. 33, n. 3, p. 247-257, Jun. 2008.

GOES, M. F.; MONTES, M. A. J. R. Evaluation of Silver Methenamine Method for Nanoleakage. **Journal of Dentistry**, v. 32, p. 391-398, Jul. 2004.

GONÇALVES, F.; KAWANO, Y.; BRAGA, R. R. Contraction Stress Related to Composite Inorganic Content. **Dental Materials**, v. 26, p. 704-709, Jul. 2010.

GONÇALVES, F.; PFEIFER, C. S.; FERRACANE, J L; BRAGA, R. R. Contraction Stress Determinants in Dimethacrylate Composites. **Journal of Dental Research**, v. 87, n. 4, p. 367-371, Apr. 2008.

HASHIMOTO, M.; FUJITA, S.; NAGANO, F.; OHNO, H.; ENDO, K. Ten-Years Degradation of Resin-Dentin Bonds. **European Journal of Oral Sciences**, v. 118, n. 4, p. 404-410, Aug. 2010.

ISO TR 11405 Dental Materials Guidance on Testing of Adhesion to Tooth Structure. Geneva: International Organization for Standardization

KLAUTAU, E. B.; CARNEIRO, K. K.; LOBATO, M. F.; MACHADO, S. M. M.; SILVA E SOUZA, M. H., Jr. Low Shrinkage Composite Resins: Influence on Sealing Ability in Unfavorable C-Factor Cavities. **Brazilian Oral Research**, v. 25, n. 1, p. 5-12, Feb. 2011.

KRIFKA, S.; FEDERLIN, M.; HILLER, K.-A.; SCHMALZ, G. Microleakage of Silorane- and Methacrylate-Based Class V Composite Restorations. **Clinical Oral Investigations**, 27 Sep. 2011.

LEPRINCE, J.; PALIN, W. M.; MULLIER, T. *et al.* Investigating Filler Morphology and Mechanical Properties of New Low-Shrinkage Resin Composite Types. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 37, p. 364-376, May 2010.

LIEN, W.; VANDEWALLE, K. S. Physical Properties of a New Silorane-Based Restorative System. **Dental Materials**, v. 26, n. 4, p. 337-344, Apr. 2010.

LOGUERCIO, A. D.; REIS, A.; BORTOLI, G. *et al.* Influence of Adhesive Systems on Interfacial Dentin Gap Formation in vitro. **Operative Dentistry**, v. 31, p. 431-441, Jul. 2006.

LOPES, G. C. Novas Tendências: Resina Composta de Baixa Contração. **Clínica - Internacional Journal of Brazilian Dentistry**, v. 5, n. 1, p. 12-16, Mar. 2009.

LOPES, G. C.; FRANKE, M.; MAIA, H. P. Effect of Finishing Time and Techniques on Marginal Sealing Ability of Two Composite Restorative Materials. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 88, p. 32-36, Jul. 2002.

LOPES, G. C.; BARATIERI, L. N.; ANDRADA, M. A. C. DE; VIEIRA, L. C. C. Dental Adhesion: Present State of The Art and Future Perspectives. **Quintessence International**, v. 33, n. 3, p. 213-224, Mar. 2002.

LOPES, M. B.; VALARINI, N.; MOURA, S. K.; GUIRALDO, R. D.; GONINI JÚNIOR, A. Photoelastic Analysis of Stress Generated by a Silorane-Based Restoration System. **Brazilian Oral Research**, v. 25, n. 4, p. 302-306, Aug. 2011.

MARCHESI, G.; BRESCHI, L.; ANTONIOLLI, F. *et al.* Contraction Stress of Low-Shrinkage Composite Materials Assessed with Different Testing Systems. **Dental Materials**, v. 26, p. 947-953, Oct. 2010.

MEIRA, J. B. C.; BRAGA, R. R.; BALLESTER, R. Y.; TANAKA, C. B.; VERSLUIS, A. Understanding Contradictory Data in Contraction Stress Tests. **Journal of Dental Research**, v. 90, n. 3, p. 365-370, Nov. 2011.

MENTE, J.; FERK, S.; DREYHAUPT, J. *et al.* Assessment of Different Dyes Used in Leakage Studies. **Clinical Oral Investigations**, v. 14, p. 331-338, Jun. 2009.

MINE, A.; MUNCK, J. DE; ENDE, A. VAN; *et al.* TEM Characterization of a Silorane Composite Bonded to Enamel/Dentin. **Dental Materials**, v. 26, p. 524-532, Jun. 2010.

MONDELLI, ET AL., J. Tooth Structure and Fracture Strength of Cavities. **Brazilian Dental Journal**, v. 18, n. 2, p. 134-138, 2007.

NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, DAVID H. **Hibridização dos Tecidos Dentais Duros**. 1. ed. [S.l.]: Quintessence, 2000.

NAYIF, M.; NAKAJIMA, M.; FOXTON, R.; TAGAMI, J. Bond Strength and Ultimate Tensile Strength of Resin Composite Filled into Dentine Cavity; Effect of Bulk and Incremental Filling Technique. **Journal of Dentistry**, v. 36, p. 228-234, Mar. 2008.

PAPADOGIANNIS, D.; KAKABOURA, A.; PALAGHIAS, G.; ELIADES, G. Setting Characteristics and Cavity Adaptation of Low-Shrinking Resin Composites. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 25, n. 12, p. 1509-1516, Dec. 2009.

PAPADOGIANNIS, D.; TOLIDIS, K.; LAKES, R.;  
PAPADOGIANNIS, Y. Viscoelastic Properties of Low-Shrinking  
Composite Resins Compared to Packable Composite Resins.  
**Dental Materials Journal**, v. 30, n. 3, p. 350-357, Jun. 2011.

REZWANI-KAMINSKI, T.; KAMANN, W.; GAENGLER, P.  
Secondary Caries Susceptibility of Teeth with Long-Term  
Performing Composite Restorations. **Journal of Oral  
Rehabilitation**, v. 29, n. 12, p. 1131-1138, Dec. 2002.

SANTINI, A.; MILETIC, V. Comparison of the Hybrid Layer  
Formed by Silorane Adhesive, One-Step Self-Etch and Etch And  
Rinse Systems Using Confocal Micro-Raman Spectroscopy and  
SEM. **Journal of Dentistry**, v. 36, p. 683-691, Sep. 2008.

SARRETT, D. Clinical Challenges and the Relevance of Materials  
Testing for Posterior Composite Restorations. **Dental Materials**,  
v. 21, p. 9-20, Jan. 2005.

SCHNEIDER, L. F. J.; CAVALCANTE, L. M.; SILIKAS, N.  
Shrinkage Stresses Generated during Resin-Composite  
Applications: A Review. **Journal of Dental Biomechanics**, v. 1,  
p. 131630-131630, Jan. 2010.

SENSI, L. G.; MARSON, F. C.; SOUZA, S. M.; ARAÚJO, E.;  
BARATIERI, L. N. **Restaurações com compósitos em dentes  
posteriores**. 1. ed. São José: Ponto, 2006.

TANTBIROJN, D.; PFEIFER, C. S.; BRAGA, R. R.; VERSLUIS,  
A. Do Low-shrink Composites Reduce Polymerization Shrinkage  
Effects? **Journal of Dental Research**, v. 90, p. 596-601, 31 Jan.  
2011.

TANTBIROJN, D.; VERSLUIS, A.; PINTADO, M. R.; DELONG,  
R.; DOUGLAS, W. H. Tooth Deformation Patterns in Molars After  
Composite Restoration. **Dental Materials**, v. 20, p. 535-542, Jul.  
2004.

TAY, F. R.; PASHLEY, D H; YOSHIYAMA, M. Two Modes of  
Nanoleakage Expression in Single-Step Adhesives. **Journal of  
Dental Research**, v. 81, n. 7, p. 472-476, Jul. 2002.

TEZVERGIL-MUTLUAY, A.; LASSILA, L. V. J.; VALLITTU, P. K. Incremental Layers Bonding of Silorane Composite: The Initial Bonding Properties. **Journal of Dentistry**, v. 36, n. 7, p. 560-563, Jul. 2008.

UMER, F.; KHAN, F.; NAZ, F. An in vitro Evaluation of Microleakage in Class V Preparations Restored with Hybrid versus Silorane Composites. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 14, p. 103, Apr. 2011.

VAN DIJKEN, J. W. V.; LINDBERG, A. Clinical Effectiveness of a Low-Shrinkage Resin Composite: A Five-Year Evaluation. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 11, n. 2, p. 143-148, Apr. 2009.

VAN ENDE, A.; MUNCK, J. DE; MINE, A.; LAMBRECHTS, P.; MEERBEEK, B. VAN. Does a Low-Shrinking Composite Induce Less Stress at the Adhesive Interface? **Dental Materials**, v. 26, n. 3, p. 215-222, Mar. 2010.

VAN LANDUYT, K. L. ; SNAUWAERT, J.; MUNCK, J. DE; *et al.* Systematic Review of the Chemical Composition of Contemporary Dental Adhesives. **Biomaterials**, v. 28, p. 3757-3785, Sep. 2007.

VERSLUIS, A.; TANTBIROJN, D.; PINTADO, M. R.; DELONG, R.; DOUGLAS, W. H. Residual Shrinkage Stress Distributions in Molars After Composite Restoration. **Dental Materials**, v. 20, n. 6, p. 554-564, Jul. 2004.

WAHAB, F. K.; SHAINI, F. J. Evaluation of the Microleakage at the Proximal Walls of Class II Cavities Restored Using Resin Composite and Precured Composite Inserts. **Quintessence International**, v. 34, n. 8, p. 600-606, Sep. 2003.

WEINMANN, W.; THALACKER, C.; GUGGENBERGER, R. Siloranes in Dental Composites. **Dental Materials**, v. 21, n. 1, p. 68-74, Jan. 2005.

YAMAMOTO, T.; FERRACANE, JACK L; SAKAGUCHI, R. L.; SWAIN, M. V. Calculation of Contraction Stresses in Dental Composites by Analysis of Crack Propagation in the Matrix Surrounding a Cavity. **Dental Materials**, v. 25, n. 4, p. 543-550, Apr. 2009.

YAMAZAKI, P. C. V.; BEDRAN-RUSSO, A. K. B.; PEREIRA, P. N. R.; SWIFT, E. J. Microleakage Evaluation of a New Low-shrinkage Composite Restorative Material. **Operative Dentistry**, v. 31, p. 670-676, Nov. 2006.

3M ESPE AG. Filtek™ LS: Low Shrink Posterior Restorative System. Disponível em: [http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/em\\_US/3MESPE/dentalprofessionals/products/category/direct-restorative/filtek-ls/](http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/em_US/3MESPE/dentalprofessionals/products/category/direct-restorative/filtek-ls/). Acesso em: 12.06.2010.

# APÊNDICES



**APÊNDICE A**  
**TABELAS COM OS VALORES EM MILÍMETROS DA**  
**MICROINFILTRAÇÃO PARA CADA GRUPO EM ESMALTE E**  
**DENTINA**

GRUPO 1			
Esmalte		Dentina	
Interface mm	Infiltração mm	Interface mm	Infiltração mm
2,7	0,0	2,2	1,1
2,2	0,4	2,3	0,5
2,6	0,0	2,5	1,1
2,2	0,6	2,7	1,7
2,6	0,0	2,9	0,0
2,5	0,1	2,3	1,0
2,6	0,4	3,2	0,6
2,5	0,2	2,7	0,6
2,3	0,0	2,2	0,0
2,5	0,3	3,0	2,6

GRUPO 2			
Esmalte		Dentina	
Interface mm	Infiltração mm	Interface mm	Infiltração mm
2,5	0,0	2,3	0,0
3,0	0,0	2,4	1,9
2,3	0,9	2,2	0,6
2,5	0,0	2,5	1,6
2,0	0,1	2,5	1,6
2,6	0,0	2,0	0,0
2,0	0,6	2,2	0,7
2,3	0,0	2,1	0,4
2,5	0,3	2,0	1,3
2,6	0,0	2,0	1,8

GRUPO 3			
Esmalte		Dentina	
Interface mm	Infiltração mm	Interface mm	Infiltração mm
1,97	0,0	2,2	0,1
3,0	0,0	3,1	0,8
2,7	0,7	2,0	1,9
2,7	0,0	2,6	2,3
2,9	0,0	2,5	0,6
2,0	0,0	2,5	0,6
2,9	0,4	2,0	0,9
3,0	1,7	2,5	0,4
2,5	0,4	2,4	0,8
2,7	0,0	2,2	0,5

GRUPO 4			
Esmalte		Dentina	
Interface mm	Infiltração mm	Interface mm	Infiltração mm
2,8	0,0	2,0	0,4
3,2	0,2	3,0	0,4
2,2	0,0	2,6	0,0
2,2	0,0	2,0	0,0
3,4	0,6	3,3	2,6
2,9	1,0	3,0	0,6
2,8	0,0	2,4	0,2
3,0	0,0	3,0	1,7
2,7	0,0	2,4	0,6
2,4	0,0	3,0	0,5

GRUPO 5			
Esmalte		Dentina	
Interface mm	Infiltração mm	Interface mm	Infiltração mm
2,9	0,1	2,9	2,7
2,7	0,0	3,1	3,0
2,4	0,0	2,2	1,0
2,7	0,0	2,8	0,3
2,5	0,3	2,7	0,7
2,9	0,0	2,5	0,5
3,0	0,0	2,9	1,2
2,4	0,0	2,0	1,1
2,6	0,4	2,6	0,6
2,5	0,3	2,3	1,0

GRUPO 6			
Esmalte		Dentina	
Interface mm	Infiltração mm	Interface mm	Infiltração mm
2,4	0,0	2,6	0,0
2,9	0,0	2,5	0,0
2,0	0,0	2,6	0,3
2,6	0,0	2,8	0,0
2,0	0,0	2,5	0,4
3,0	0,0	2,6	0,2
2,8	0,0	2,4	0,0
2,4	0,0	2,4	0,2
2,1	0,0	2,2	0,0
2,2	0,0	2,5	0,0

**APÊNDICE B****TABELA COM OS LOTES CORRESPONDENTES AOS SISTEMAS ADESIVOS E RESINAS COMPOSTAS UTILIZADOS**

<b>SISTEMA ADESIVO</b>	<b>NÚMERO DE LOTE</b>
Adper® Single Bond 2	BPBR
Gluma® Comfort Bond Desensitizer	010020
Excite F®	N11163
Tetric® N-Bond	N40889
Primer Sist. Adesivo Filtek® P90	N130675
Adesivo Sist. Adesivo Filtek® P90	N139734

<b>RESINA COMPOSTA</b>	<b>NÚMERO DE LOTE</b>
Filtek® Z350	N133914
Filtek® Z350 XT	N205761
Charima® Opal	010023
IPS Empress® Direct	N21727
Tetric® N-Ceram	N54575
Filtek® P90	N139697



**ANEXOS**



## ANEXO A

## Autorização do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFSC



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão  
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

**CERTIFICADO** Nº 2308

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, instituído pela PORTARIA N.º 0584/GR/99 de 04 de novembro de 1999, com base nas normas para a constituição e funcionamento do CEPSH, considerando o contido no Regimento Interno do CEPSH, **CERTIFICA** que os procedimentos que envolvem seres humanos no projeto de pesquisa abaixo especificado estão de acordo com os princípios éticos estabelecidos pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP.

**APROVADO**

PROCESSO: 2308      FR: 470931

**TÍTULO:** Avaliação da infiltração marginal em esmalte e dentina com seis sistemas restauradores adesivos

**AUTOR:** Luiz Clovis Cardoso Vieira, Elizabeth da Cunha Heiderscheidt

FLORIANÓPOLIS, 21 de Dezembro de 2011.

\_\_\_\_\_  
Coordenador do CEPSH/UFSC



## ANEXO B

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO – DENTÍSTICA**

**Nome do(a) participante: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

As informações contidas neste documento foram fornecidas por Elizabeth C. Heiderscheidt, sob orientação do Prof. Dr. Luiz Clóvis Cardoso Vieira e do Prof. Dr. Gilberto Muller Arcari, com objetivo de firmar por escrito, que o voluntário da pesquisa autoriza a participação, com pleno consentimento dos procedimentos e riscos a que será submetido, com capacidade de livre arbítrio.

**1) Título da pesquisa Avaliação da infiltração marginal em esmalte e dentina com seis sistemas restauradores adesivos "**

**2) Objetivos**

Testar em dentes extraídos a eficiência do selamento de materiais utilizados em restaurações. Os materiais testados serão resinas compostas, comumente utilizadas em procedimentos clínicos.

**3) Justificativa**

A certificação, por meio de testes laboratoriais, das propriedades destes materiais é de fundamental importância para a previsibilidade de resultados clínicos.

**4) Procedimentos da pesquisa**

Esta pesquisa será desenvolvida com a doação de 60 pré-molares humanos extraídos por razões ortodônticas, que serão usados na fase laboratorial da pesquisa.

**5) Desconforto**

Nenhum, pois estes dentes serão extraídos por razões ortodônticas.

**6) Benefícios do estudo**

Obter um resultado laboratorial sobre qual material restaurador seria o mais apropriado para restaurações de dentes posteriores, em relação à infiltração nas margens da restauração.

**7) Informações**

Os doadores dos dentes terão garantia de que receberão resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento de qualquer dúvida em relação aos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa.

**8) Retirada do consentimento**

O voluntário tem total liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar da pesquisa.

**9) Telefone para contato com o pesquisador**

Elizabeth C. Heiderscheidt – (48) 99979679

**10) Aspecto legal:**

Este manual foi elaborado de acordo com as diretrizes e normas que regulamentam as pesquisas envolvendo seres humanos, atendendo às resoluções 196/96 e 251/97 do Conselho Nacional de saúde - Brasília-DF.

**11) Consentimento pós-informação**

Eu,.....,RG,..... certifico que li as informações acima, fui esclarecido pela mestrandia Elizabeth C. Heiderscheidt e pelo Prof. Dr. Luiz Clóvis Cardoso Vieira, e estou plenamente de acordo com a realização deste estudo, autorizando assim, minha participação.

Florianópolis, \_\_\_\_de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

Assinatura:

\_\_\_\_\_.

