

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
MESTRADO EM DENTÍSTICA

AURÉLIO SALAVERRY

**INFLUÊNCIA DE CIMENTOS RESINOSOS AUTOADESIVOS NA DEFLEXÃO  
DE CÚSPIDES E CARGA DE FRATURA DE PRÉ-MOLARES  
RESTAURADOS COM *INLAYS* EM RESINA COMPOSTA**

Profa. Dra. Ana Maria Spohr  
Orientadora

Porto Alegre

2011

AURÉLIO SALAVERRY

**INFLUÊNCIA DE CIMENTOS RESINOSOS AUTOADESIVOS NA DEFLEXÃO  
DE CÚSPIDES E CARGA DE FRATURA DE PRÉ-MOLARES  
RESTAURADOS COM *INLAYS* EM RESINA COMPOSTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia - Área de concentração em Dentística Restauradora.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Spohr

Porto Alegre  
2011

AURÉLIO SALAVERRY

**INFLUÊNCIA DE CIMENTOS RESINOSOS AUTOADESIVOS NA DEFLEXÃO  
DE CÚSPIDES E CARGA DE FRATURA DE PRÉ-MOLARES  
RESTAURADOS COM *INLAYS* EM RESINA COMPOSTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia - Área de concentração em Dentística Restauradora.

BANCA EXAMINADORA:

---

Profa. Dra. Ana Maria Spohr – PUCRS

---

Profa. Dra. Andréa Brito Conceição – UFRGS

---

Prof. Dr. Paulo César Armani Maccari – PUCRS

## AGRADECIMENTOS

À Juliana Rolla, minha mulher, por ter sempre acreditado em mim, sempre incentivado e estimulado, mostrando minha capacidade. Por todo amor e companheirismo neste anos todos, e por todos os momentos que virão. A meu filho que ainda nem conheço, mas já amo incondicionalmente e contribuiu muito no final desta dissertação.

Aos meus pais, Antonio e Terezinha, pelo exemplo de dedicação e amor aos filhos, por tudo que me ensinaram e proporcionaram durante toda minha vida, por me mostrarem os caminhos, acreditarem em mim e sempre me incentivarem a ir em busca dos meus objetivos.

Aos meus irmãos, Maria Lúcia, Ana Cristina e Daniel, pela amizade, pelo apoio, e por servirem de exemplo.

À professora Ana Maria, minha orientadora, pela competência, dedicação e conhecimento transmitido durante todo curso. Pela disponibilidade e entrega total durante a orientação deste trabalho.

Ao professor Luiz Henrique pela amizade, exemplo e ensinamentos transmitidos durante o curso.

Ao professor José Antônio Poli de Figueiredo, coordenador do curso de Pós-Graduação em Odontologia da PUCRS, pela maneira correta e competente que comanda o PPGO da PUCRS.

A todos os funcionários da Faculdade de Odontologia da PUCRS, em especial aos funcionários da secretaria de Pós-Graduação, Ana, Davenir, Paulo e Marcos.

À CAPES que me proporcionou a bolsa que custeou meus estudos.

Aos meus colegas, Rafael, Priscila e Leandro, pela amizade, convívio e possibilidade de crescimento profissional nestes dois anos.

A todos colegas do Curso de Especialização em Dentística da UFRGS, Andréa Brito Conceição, Juliana Rolla, Rafael Melara, Ana Tolentino, Kátia Laguna e Giovani Chiossi pela amizade e possibilidade de crescimento profissional e pessoal, e em especial ao professor e amigo Ewerton Nocchi Conceição pelo exemplo, dedicação e por acreditar e confiar neste grupo.

## RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar a influência de quatro cimentos resinosos (um convencional e três autoadesivos) na deflexão de cúspides, carga de fratura e tipos de fratura de pré-molares com acesso endodôntico e restaurados com *inlays* em resina composta. Setenta e dois primeiros pré-molares foram divididos aleatoriamente em seis grupos (n=12): G1 (controle) - hígidos; G2 – cavidades sem restauração; G3 –RelyX ARC; G4 –RelyX U100; G5- Maxcem Elite; G6 –SeT. Os Grupos 2-6 receberam preparos cavitários MOD e acesso endodôntico. Os grupos 3-6 foram moldados com silicona por adição e vazados com gesso especial para confecção de *inlays* em resina composta Z350 XT. As restaurações indiretas foram cimentadas nas respectivas cavidades com carga de 1 Kg e fotoativadas. Após armazenagem em água destilada a 37° C por 72 horas, carga de 200 N foi aplicada na região oclusal com uma esfera de 8 mm de diâmetro acoplada na máquina de ensaio universal EMIC DL 2000, sendo medida a deflexão de cúspides com um micrômetro digital. Os corpos de prova foram então submetidos a 500.000 ciclos de fadiga mecânica, e novo teste de deflexão de cúspides foi realizado. Em seguida, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão até a fratura na máquina de ensaio universal. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, a maior deflexão de cúspides pré-fadiga foi obtida para o grupo 2 (69 µm), não diferindo estatisticamente do grupo 6 (51 µm). As menores deflexões de cúspides foram obtidas para o grupo 1 (4 µm), o grupo 3 (4 µm) e o grupo 4 (5 µm), os quais não diferiram estatisticamente entre si. Valor intermediário foi obtido para o grupo 5 (21 µm), não diferindo estatisticamente dos grupos 3, 4 e 6. De acordo com o teste de Wilcoxon, não houve diferença estatística entre a deflexão de cúspides pré e pós-fadiga apenas para o grupo 3 (p=0,015). De acordo com Kruskal-Wallis, a maior carga de fratura foi obtida para o grupo 1 (1902 N), diferindo estatisticamente dos outros grupos. Segundo maior valor foi obtido para o grupo 3 (980,8 N), diferindo estatisticamente dos outros grupos. Grupo 4 (670,6 N), grupo 5 (533,5 N), grupo 6 (601,3 N) e grupo 2 (526,6 N) não diferiram estatisticamente entre si. Para os grupos restaurados, houve predominância de fraturas recuperáveis. *Inlays* em resina composta cimentadas com RelyX ARC mantiveram a estabilidade da deflexão de cúspides, proporcionaram maior recuperação da resistência da estrutura dentária, assim como fraturas mais favoráveis para a reabilitação.

Palavras-chave: cimentos resinosos, resistência à fratura, deflexão de cúspides

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of four resin cements (one conventional and three self-adhesive) on cuspal deflection, fracture load and failure mode of endodontically treated teeth restored with composite resin inlays. Seventy-two maxillary premolars were randomly divided into four groups: G1 - sound teeth (control); G2 - cavities without restoration; G3 - RelyX ARC; G4 - RelyX U100; G5 - Maxcem Elite; G6 - SeT. The teeth from groups 2, 3, 4, 5 and 6 received mesio-occlusal-distal preparations and endodontic treatment. Impressions were made with vinyl polysiloxane and poured using type IV die stone in groups 3, 4, 5 and 6. Inlays with Z350 XT composite resin were built over each cast and luted with the resin cements. After storage in water at 37° C for 72 hours, a 200-N load was applied on the occlusal face using an 8 mm diameter metal sphere, and the cuspal deflection was measured using a micrometer. Following, the specimens were submitted to 500,000 cycles of mechanical fatigue, and the cuspal deflection was measured again. The specimens were then submitted to an axial load until failure. According to Kruskal-Wallis, group 2 (69 µm) had the highest cuspal deflection before mechanical fatigue, and did not differ statistically from group 6 (51 µm). Group 1 (4 µm), group 3 (4 µm) and group 4 (5 µm) obtained the lowest cuspal deflections, and did not differ between them. Intermediate value was obtained for group 5 (21 µm), and this group did not differ statistically from groups 3, 4 and 6. According to Wilcoxon test, there was no statistically difference between the cuspal deflection before and after mechanical fatigue only for group 3 (p=0,015). According to Kruskal-Wallis, group 1 (1902 N) had the highest fracture load, and differed statistically from the other groups. The second highest value was obtained for group 3 (980,8 N), and differed statistically from the other groups. Group 4 (670,6 N), group 5 (533,5 N), group 6 (601,3 N) and group 2 (526,6 N) did not differ between them. There was a predominance of recovery fractures for the restored groups. Composite resin inlays luted with RelyX ARC kept the cuspal deflection stability, obtained higher strength of the teeth, as well as fractures with good prognosis for rehabilitation.

Key Words : resin cements, fracture resistance, cuspal deflection.

## LISTA DE FIGURAS, TABELAS E GRÁFICO

Figura 1: Raiz do dente incluída em resina acrílica: A) Vista Lateral B) Vista Frontal.....	48
Figura 2: Padronização dos preparos cavitários: A) Montagem da caneta de alta rotação e conjunto dente/resina acrílica na base do microscópio; B) Confecção dos preparos cavitários.....	50
Figura 3: Esvaziamento da câmara pulpar concluído.....	50
Figura 4: Moldagem dos preparos: Material de consistência pesada no cilindro de PVC e de consistência leve no preparo.....	51
Figura 5: Micrômetro posicionado para medida de deflexão de cúspides.....	54
Figura 6: Micrômetro posicionado nas esferas de resina composta e carga de 200 N na região oclusal com esferera de aço de 8 mm de diâmetro.....	55
Figura 7: Ensaio de compressão para verificar a carga de fratura.....	56
Tabela 1: Lote, composição e fabricantes dos materiais.....	46
Tabela 2: Valores medianos de deflexão de cúspides ( $\mu\text{m}$ ) pré-fadiga para os grupos .....	57
Tabela 3: Valores medianos de deflexão de cúspides ( $\mu\text{m}$ ) pós-fadiga para os grupos .....	58
Tabela 4: Valores medianos de carga de fratura (N) para os grupos .....	60
Tabela 5: Distribuição dos tipos de fraturas nos grupos.....	61
Gráfico 1: Comparação entre os valores de deflexão de cúspide pré e pós-fadiga de acordo com o teste não-paramétrico de Wilcoxon.....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
µm	Micrômetro
°C	Graus Celsius
α	Nível de significância
DO	Disto oclusal
MO	MésioOclusal
et al.	Abreviatura de etalii (e outros)
g/	mmGramas por milímetro quadrado
JCE	Junção cimento esmalte
Kg	Quilogramas
min	Minutos
mm	Milímetro
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
mm/min	Milímetro por minuto
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
MOD	Mésio-ocluso-distal
VL	Vestíbulo lingual
mW/cm <sup>2</sup>	Miliwatt por centímetro quadrado
N	Newton
KgF	Quilograma força
KN	Quilo Newton
n	Tamanho da amostra
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
PVC	Poli cloreto vinila

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	13
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	14
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	46
4.1 MATERIAIS.....	46
4.2 MÉTODO.....	47
4.2.1 Confecção dos corpos de prova.....	48
4.2.1.1 Inclusão.....	48
4.2.1.2 Preparo cavitário MOD .....	49
4.2.1.3 Esvaziamento da câmara pulpar.....	50
4.2.1.4 Confecção das restaurações de resina composta.....	51
4.2.1.5 Tratamento da superfície interna das restaurações.....	52
4.2.1.6 Tratamento da superfície dentária e cimentação .....	52
4.2.2 Teste de deflexão de cúspides.....	53
4.2.3 Carga de fratura.....	55
4.2.4 Análise do tipo de fratura.....	56
4.2.5 Análise estatística.....	56
<b>5 RESULTADOS</b> .....	57
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	62
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	69
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	70
ANEXOS.....	74

## 1 INTRODUÇÃO

Dentes tratados endodonticamente são mais susceptíveis a fraturas devido ao enfraquecimento provocado pela remoção do teto da câmara pulpar e pela instrumentação do canal que leva a perda de estrutura dental. Estes fatores, associados à perda de substância coronária, como as cristas marginais, aumentam consideravelmente a chance de fraturas na estrutura dental (REEH; MESSER; DOUGLAS, 1989; TAKAHASHI *et al.*, 2001; SOARES *et al.*, 2008; BITTER *et al.*, 2010).

Esta maior probabilidade de fraturas está diretamente relacionada com a menor resistência do dente (MONDELLI *et al.*, 1980; SANTOS; BEZERRA, 2005 ) e com o aumento da flexão dental frente às cargas oclusais, o que reduz a rigidez do dente (REEH; MESSER; DOUGLAS, 1989; JANTARAT *et al.*, 2001; CERUTTI *et al.*, 2004; GONZÁLEZ-LÓPEZ *et al.*, 2005; LEE *et al.*, 2006). Desta forma, a combinação de procedimentos restauradores extensos e altas cargas oclusais aumentam consideravelmente a chance de fraturas (SOARES *et al.*, 2008).

Inúmeras técnicas e materiais foram sugeridos para aumentar a resistência dos dentes tratados endodonticamente (STEELE; JOHNSON, 1999; TAKAHASHI *et al.*, 2001; MONGA *et al.* 2009). Dentes com cavidades amplas méso-ocluso-distais restaurados com amálgama apresentam frequentemente menor resistência à fratura, devido à inabilidade deste material reforçar a estrutura debilitada (CAMACHO; GONÇALVES; NOKATA, 2007). No entanto, em virtude das exigências estéticas atuais, os materiais de maior eleição são as resinas compostas e as cerâmicas. Estes materiais, associadas aos sistemas adesivos e cimentos resinosos, favorecem o reforço da estrutura dental fragilizada (MORIN; DELONG; DOUGLAS, 1984; DALPINO *et al.*, 2002; SANTOS; BEZERRA, 2005; CAMACHO; GONÇALVES; NOKATA, 2007; ).

Restaurações indiretas do tipo *inlay* e *onlay* são mais indicadas quando comparadas às restaurações diretas de resina composta para restaurar dentes com amplas cavidades. Essa maior indicação deve-se a muitas vantagens, como melhor adaptação marginal e forma anatômica e um melhor controle da contração de polimerização.

No procedimento de cimentação destas restaurações, os cimentos resinosos ganharam grande popularidade nos últimos anos devido às suas excelentes propriedades (resistência à compressão, baixa solubilidade, maior resistência ao desgaste), estética e possibilidade de união ao material restaurador quando comparados com os cimentos convencionais. Os cimentos resinosos podem ser classificados de acordo com o tamanho das partículas de carga, a viscosidade e a forma de polimerização. Estes podem ser ativados quimicamente, fotoativados ou duais (ANUSAVICE, 1996; MAK *et al.*, 2002; YANG *et al.*, 2006).

Recentemente foram introduzidos no mercado os cimentos resinosos autoadesivos, que não necessitam de nenhum pré-tratamento da superfície dental. Esta nova categoria de cimentos resinosos tem ganhado preferência do clínico pela facilidade de uso e menor tempo empregado nos procedimentos de cimentação. Estes dispensam a utilização de condicionamento ácido prévio, lavagem, secagem e aplicação de sistema adesivo, eliminando assim parte da sensibilidade da técnica. No entanto, apesar da maior facilidade para aplicação, é importante que estes materiais autoadesivos tenham a capacidade de unirem-se adequadamente tanto às estruturas dentárias como ao material restaurador, proporcionando resistência ao dente.

A maioria dos estudos avalia a resistência de união dos cimentos resinosos autoadesivos ao esmalte e à dentina (DE MUNCK *et al.*, 2004; ABO-HAMAR *et al.*, 2005), assim como suas propriedades mecânicas (KUMBULOGLU *et al.*, 2004). Porém, não há estudos evidenciando a influência destes cimentos sobre a deflexão de cúspides e a resistência final de dentes tratados endodonticamente.

Este estudo foi realizado sob a hipótese nula de que não há diferença na magnitude da deflexão de cúspides e na carga de fratura de pré-molares

tratados endodonticamente quando restaurados com *inlays* em resina composta fixadas ao preparo com diferentes cimentos resinosos.

## 2 OBJETIVO

O objetivo do estudo foi avaliar a influência de quatro cimentos resinosos (um convencional e três autoadesivos) em pré-molares tratados endodonticamente e restaurados com *inlays* em resina composta, nas seguintes variáveis dependentes:

- deflexão de cúspides antes e após fadiga mecânica;
- carga de fratura e tipo de fratura;

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Devido aos diferentes enfoques, a revisão da literatura foi subdividida em tópicos: resistência à fratura; resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente; cimentos resinosos; deflexão de cúspides.

#### 3.1 Resistência à Fratura

Mondelli *et al.* (1980) avaliaram a resistência à fratura de pré-molares superiores com distintas aberturas oclusais. Os dentes receberam diferentes preparos cavitários, tendo como variável independente o comprimento vestibulo-palatino. Os dentes preparados foram submetidos à carga compressiva em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/min. Uma esfera de aço de 4 mm de diâmetro contactou simultaneamente as cúspides vestibulares e palatinas, simulando o contato oclusal com o pré-molar inferior. Os resultados mostraram que os dentes do grupo controle (hígidos) proporcionaram as maiores médias de resistência à fratura (140,8 Kgf). À medida que os tecidos duros foram removidos, os valores médios da resistência foram diminuindo. Os autores concluíram que todos os tipos de preparos oclusais diminuíram a resistência à fratura dos dentes. O preparo oclusal classe I apresentou resistência à fratura maior do que a obtida no preparo classe II de igual largura.

Trinta pré-molares superiores foram selecionados para o estudo de Stampalia *et al.* (1986) com o objetivo de determinar a magnitude de resistência à fratura. Foram criados três grupos: 1- hígido; 2: preparo MOD e restaurado com amálgama de prata; Grupo 3: preparo MOD e restaurado com resina composta. Os corpos de prova foram submetidos ao teste de resistência à fratura em máquina de ensaio universal com velocidade constante de 5 mm/min. Uma barra cilíndrica com diâmetro que variou de 3,9 a 5mm foi posicionada na vertente das cúspides vestibular e palatina, sem contato com a restauração. O grupo 1 apresentou os maiores valores de resistência à fratura

(127,8 Kg), sendo estatisticamente superior aos dentes restaurados. Os grupos 2 (78,7 Kg) e 3 (78,3 Kg) não apresentaram diferenças significativas entre si. Praticamente não houve fratura das restaurações de amálgama, mas fratura das estruturas dentais. Seis das restaurações do grupo 3 foram completamente separadas das estruturas dentais, enquanto que as outras cinco tiveram um bloco ou fragmento de resina aderido à estrutura dental. Os resultados demonstram que a fratura dental, nesse estudo, esteve dependente apenas do remanescente dentário, já que as fraturas ocorreram com a mesma intensidade de carga. Devido a uma variação observada no gráfico os autores puderam constatar uma segunda força, a qual agiu sobre a interface adesiva, determinando a falência adesiva. Segundo os autores isso demonstrou que a adesividade é limitada pela força máxima de resistência à fratura. Assim, a conclusão dos autores relata que a deflexão de cúspide esteve reduzida enquanto forças fisiológicas estiveram aplicadas, contudo quando este limiar foi ultrapassado observaram-se falhas adesivas. Restaurações adesivas reduzem a propagação de trincas, o que diminui as falhas por fadiga devido à diminuição do seu estresse interno.

Khera *et al.* (1991) avaliaram a influência do estresse compressivo, variando a dimensão de três diferentes parâmetros em um preparo cavitário MOD: a largura do istmo, a profundidade e a espessura do remanescente dentário no sentido mesio/distal. Uma carga vertical de 170 N foi aplicada, e a maior tensão compressiva demonstrada no dente hígido foi denominada de máxima tensão compressiva. Comparando com o dente hígido, foram observados níveis mais altos de tensão compressiva na região do esmalte imediatamente abaixo do assoalho pulpar nos modelos cavitários. Na dentina, entretanto, observou-se um padrão único de tensão levemente mais alto daquele obtido para o dente hígido. Comparando todos os parâmetros entre si, os autores concluíram que a profundidade do preparo cavitário é o fator mais crítico em relação à fratura do dente ou das cúspides, enquanto que a largura do istmo, isoladamente, é o menos crítico. O estresse de compressão gerado pelas forças mastigatórias em cavidades MOD profundas, chegando até a região do assoalho pulpar, libera de forma simultânea estresse de tração, podendo desencadear a fratura de cúspide. Na decisão entre uma restauração

*inlay* ou *onlay* para um preparo cavitário MOD, os autores fundamentaram que se deve considerar em ordem decrescente de importância a profundidade da cavidade, a espessura da dentina interaxial presente e a largura do istmo.

Em 1992, Burke fez uma revisão de literatura sobre fratura dental *in vivo* e *in vitro*. Relatou que estruturas dentárias comprometidas por amplas lesões de cárie e/ou associadas a extensas restaurações estão mais propensas à fratura dental, e que a incidência das fraturas pode ser diminuída pelo recobrimento das cúspides. Dentre as metodologias, elas podem ser divididas em destrutivas (aplicação de força até a fratura) ou não-destrutivas (medidores de tensão, técnicas fotoelásticas, modelos matemáticos através dos elementos finitos), podendo sofrer variação em relação aos tipos de dentes utilizados, preparos cavitários, inclinação e localização das forças aplicadas (vertente das cúspides e restauração), velocidade dos testes, forma dos modelos dos dispositivos de compressão (esfera, barra cilíndrica e dispositivos personalizados), com ou sem preparos para pontos de apoio para estabilização da carga aplicada. Um ponto fundamental na utilização das técnicas destrutivas é a localização da esfera ou barra, responsáveis pela transmissão da carga. Esta deve estar em contato apenas com as vertentes das cúspides vestibulares e linguais e não com a restauração. Nessas condições, quando uma força de compressão é aplicada sobre o dente, as cúspides vestibulares e linguais são colocadas sob estresse de compressão e deformam externamente com uma resultante de tensão na interface dente/restauração. Entretanto, se essa força for aplicada somente sobre a restauração ela será transmitida da restauração para o substrato dental e, conseqüentemente, deixa um estresse de tensão na interface dente/restauração. Observando a dimensão da cavidade e a extensão do preparo, as fraturas mais severas foram observadas em restaurações mais profundas. O acesso aos canais radiculares associado a um preparo MOD teve sua resistência diminuída na ordem de 55%, em relação aqueles com apenas um tipo de preparo. Outro ponto que deve ser considerado são as forças aplicadas durante os testes, que devem ser fisiológicos. Valores considerados saudáveis oscilam entre 300 e 500N, mas com grandes variações individuais. Em sujeitos com sintomas de alterações temporomandibulares, a média de força de mordida foi de 417N, com intervalos de 191-802N.

Lin *et al.* (2001), através do método dos elementos finitos, investigaram as interações mecânicas entre diferentes condições interfaciais e parâmetros cavitários. Nesse estudo, o preparo cavitário realizado foi MOD, e o parâmetro estudado foi a profundidade. Quatro níveis de profundidade foram determinados para o assoalho pulpar: cavidade rasa, cavidade profunda e duas cavidades com níveis intermediários. Os resultados foram comparados com aqueles obtidos para dentes hígidos sob mesmas condições de carga. O estresse máximo para as quatro profundidades do assoalho cavitário concentrou-se ao longo da linha correspondente ao encontro da parede lingual com o assoalho pulpar. Comparando esses resultados com o dente hígido, o estresse máximo aumentou quando a profundidade do assoalho pulpar aumentou. Quando foi simulada a condição de contato entre o dente e o material restaurador, o potencial à fratura aumentou de maneira exponencial comparada com a condição de união dente/restauração. Esses resultados confirmam que quanto mais profunda a cavidade tanto maior é o risco para o dente restaurado. Devido à desunião do material das paredes cavitárias, o risco à fratura pode ser aumentado exponencialmente. Portanto, para a parede pulpar, o maior risco de fratura observado foi na cavidade MOD mais profunda. A existência de um assoalho pulpar foi essencial, mesmo estando apenas 1 mm acima da parede gengival. Os resultados indicaram que a escolha de um bom sistema adesivo é tão importante quanto à redução da profundidade da cavidade e o ajuste oclusal.

Dalpino *et al.* (2002) avaliaram a resistência a fratura de diferentes métodos restauradores. Cinquenta e seis pré-molares superiores foram selecionados e divididos em sete grupos: 1- dente hígido; 2- cavidade MOD com largura correspondente à metade da distância intercuspídea com ângulos internos arredondados, paredes convergentes e sem restauração; 3- preparo MOD com largura correspondente à metade da distância intercuspídea e paredes divergentes e sem restauração; 4- idêntico ao grupo 2, mas restaurado com resina composta direta (Single Bond+Filtek Z250, 3M/ESPE); 5- idêntico ao grupo 3 e restaurado com resina composta indireta Artglass (Hereaus Kulzer / SingleBond+RelyX ARC, 3M ESPE); 6-idêntico ao grupo 3, mas restaurado

com resina composta indireta Targis Vectris (Ivoclar/ SingleBond+RelyX ARC); 7-idêntico ao grupo 3, mas restaurados com cerâmica Empress (Ivoclar/SingleBond+RelyX ARC). Os corpos de prova foram submetidos à carga compressiva em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/s. Os resultados obtidos foram: 1- 1,91 KN, 2- 1,06 KN, 3- 0,93 KN, 4-1,45 KN, 5- 1,84 KN, 6- 1,81 KN e 7- 1,77 KN. Os dentes restaurados com resina composta melhoraram a resistência à fratura em no máximo 76%, enquanto que os grupos restaurados com *inlays* melhoram a resistência à fratura em no máximo 95%. Não houve diferença estatística entre o grupo 1 e os grupos 4, 5, 6 e 7. Fraturas longitudinais ou fraturas de pelo menos uma cúspide foram observadas nos dentes restaurados com procedimentos indiretos, envolvendo mais que a metade da restauração, enquanto que as restaurações em resina apresentaram menos severidade nas fraturas, limitando-se a uma cúspide. Os autores concluíram que restaurações indiretas podem ser satisfatoriamente indicadas para a reabilitação de dentes com amplas perdas estruturais e que, independente do tipo de preparo cavitário, existe um enfraquecimento dos dentes.

Em um estudo clínico conduzido por Bader, Shugars e Sturdevant (2004) foram avaliadas fraturas dentais em 517 pacientes. Na região da maxila os primeiros e segundos molares juntamente com os pré-molares fraturam com a mesma frequência, sendo a dos pré-molares as mais severas. Na mandíbula, os primeiros molares foram acometidos em aproximadamente 50%. As fraturas em dentes superiores e inferiores ocorreram com a mesma frequência e as cúspides sem proteção foram mais comumente afetadas. A maior parte dos dentes fraturados recebeu restaurações diretas em sessão única. Três por cento dos dentes fraturados foram condenados à extração, enquanto 4% deles receberam terapia endodôntica. Os autores concluíram que o conhecimento e as consequências das fraturas dentais auxiliam os cirurgiões-dentistas e os pacientes a decidirem, de maneira científica, o tipo de procedimento restaurador para oferecer os menores riscos de fratura às estruturas dentais.

Schwartz e Robbins (2004) consideraram em seu estudo que restaurar dentes tratados endodonticamente é um tópico extensivamente estudado e

ainda são encontradas controvérsias sob muitas perspectivas. Este trabalho foi baseado em artigos recentes, apesar da literatura clássica também ser discutida. Os autores enfocaram a utilização de pinos e o tipo de restauração em dentes tratados endodonticamente. Após ser feita uma revisão de vários artigos científicos, concluíram que o procedimento restaurador com cobertura de cúspides é o mais eficiente para prevenir a deflexão e consequente fratura das cúspides. Ainda, consideraram que os pré-molares são os dentes mais suscetíveis a forças laterais durante a mastigação, sendo que a estrutura dentária remanescente e a demanda funcional são fatores determinantes na sua resistência à fratura. Por esses motivos, a proteção das estruturas dentárias de dentes pré-molares foi considerada, por esses autores, ser de suma importância.

Silva, Hilgert e Busato (2004) realizaram um estudo *in vitro* para avaliar a resistência e o modo de fratura de dentes restaurados com *inlays* fabricadas com diferentes materiais. Para isso, 40 pré-molares hígidos foram fixados verticalmente com resina acrílica em cilindros de PVC, realizado preparo cavitário MOD e divididos randomicamente em quatro grupos de acordo com o material restaurador: Grupo A: cerâmica Vitadur Alpha (Vita); Grupo B: resina composta Zeta (Vita); Grupo C: resina composta Targis (Ivoclar Vivadent); Grupo D: resina composta Solidex (Shofu). Todas as *inlays* foram cimentadas com cimento resinoso Opal (KG Sorensen) de acordo com as instruções do fabricante. Os corpos de prova foram armazenados em solução salina por 24 horas a 37° C e submetidos ao teste de resistência à fratura por meio de carga axial compressiva com velocidade de 0,5 mm/min em máquina de ensaio universal. A média de resistência à fratura do grupo A (1070 N) foi superior aos outros grupos, mas ANOVA revelou que não houve diferença estatística entre os quatro grupos. O grupo A apresentou mais fraturas severas que os outros grupos, o que pode ser explicado devido ao desfavorável módulo de elasticidade que transmitiu altas forças para a estrutura dental remanescente, causando fraturas em maiores proporções. Os autores concluíram que *inlays* confeccionadas com materiais cerâmicos ou resinosos, utilizados nesse estudo, apresentaram similar resistência à fratura, mas diferiram no padrão de fratura.

Soares *et al.* (2004) consideraram que o tipo de restauração pode influenciar a resistência à fratura de um elemento dentário, visto que os materiais restauradores não apresentam comportamento semelhante ao esmalte e dentina, formando um componente mecanicamente estável. Portanto, avaliaram a resistência à fratura de 60 molares inferiores restaurados com quatro diferentes tipos de restaurações adesivas: uma cerâmica feldspática (Duceram LFC) e três resinas compostas laboratoriais (Solidex, Artglass e Targis). Foram confeccionadas restaurações MOD e, após as restaurações estarem cimentadas, os corpos de prova foram submetidos à carga axial de compressão com velocidade de 0,5 mm/minuto empregando uma esfera de aço de 4 mm de diâmetro. O tipo de fratura foi avaliado a partir da seguinte classificação: tipo 1 – fratura isolada da restauração; tipo 2 – fratura da restauração envolvendo uma pequena porção do dente; tipo 3 – fratura da restauração e menos da metade do dente, sem envolvimento periodontal; tipo 4 – fratura que envolve mais da metade do dente, mas sem envolvimento periodontal; tipo 5 – fratura de mais da metade da restauração, com envolvimento periodontal e com prognóstico duvidoso em relação a manter o elemento dentário na boca. A análise estatística demonstrou que os dentes restaurados com cerâmica (205,44 Kgf) apresentaram resistência à fratura estatisticamente inferior do que os outros grupos (Targis: 304,23Kgf; Artglass: 299,87 Kgf; Solidex: 293,16 Kgf), os quais não diferiram estatisticamente entre si. Entretanto, em relação ao tipo de fratura, o grupo restaurado com cerâmica foi o que apresentou mais fraturas tipo 1, enquanto que, os grupos com restaurações de resina apresentaram um maior número de fraturas com envolvimento periodontal, sendo que para duas resinas o maior número de fraturas ocorreu no tipo 5, com consequências mais catastróficas para o seu prognóstico.

Attia *et al.* (2006) avaliaram a influência de cargas cíclicas e termociclagem na resistência à fratura de três diferentes materiais para cimentação de coroas confeccionadas com dois materiais restauradores. Cento e vinte e dois pré-molares foram incluídos em cilindros plásticos de PVC e fixados com gesso, havendo simulação do ligamento periodontal. Os dentes

receberam preparo padronizado para coroa total: Grupo 1 foi restaurado com cerâmica feldspática usinada Vita Mark II(Vita), grupo 2 com resina composta híbrida laboratorial MZ100 Blocks (3M/ESPE). As restaurações foram confeccionadas pelo sistema CAD/CAM (CEREC 3, Sirona). Os dois grupos foram subdivididos em três grupos de dezesseis amostras cada, de acordo com o material de cimentação utilizado: RelyX ARC (3M/ESPE), FujiCEM (GC) e grupo Harvard cement (Harvard Dental). Os corpos de prova receberam fadiga mecânica de 600.000 ciclos mastigatórios e 3.500 ciclos de termociclagem, sendo então submetidos à carga compressiva em uma máquina de ensaio universal com velocidade constante de 1mm/min. O material restaurador não teve influência significativa nos resultados, enquanto o agente de cimentação e a termociclagem tiveram influência significativa. Quando cimentos adesivos foram utilizados, independente da termociclagem, a média de resistência à fratura foi significativamente maior quando comparadas com cimentação convencional. Sem a termociclagem, as diferentes coroas cimentadas adesivamente e os dentes naturais não foram diferentes, enquanto os cimentados convencionalmente exibiram menor resistência à fratura. Após a termociclagem, todos os grupos apresentaram menor resistência à fratura que o dente hígido (958,3 N). Os autores concluíram que a termociclagem diminuiu significativamente a resistência à fratura das coroas confeccionadas em CAD/CAM, independente do material e do agente de cimentação. Procedimentos de cimentação adesiva aumentaram a resistência à fratura das coroas em CAD/CAM de resina composta laboratorial e cerâmica quando comparadas com a cimentação convencional com fosfato de zinco.

Habekost *et al.* (2006) avaliaram a resistência à fratura de dentes com diferentes desenhos de preparos cavitários e restaurados com dois tipos de materiais cerâmicos submetidos a diferentes métodos de aplicação de carga. Cento e quarenta pré-molares foram incluídos em cilindros de PVC e fixados com resina acrílica 1 mm abaixo da junção cimento esmalte (JCE). Os dentes foram divididos em três grupos de 40 dentes cada, de acordo com o desenho da cavidade: *inlay*, *onlay* parcial e *onlay* total. Vinte dentes foram mantidos hígidos para servirem como grupo controle. Vinte dentes de cada grupo receberam restaurações com cerâmica feldspática Super Porcelain EX-3

(Noritake) e os outros 20 com cerâmica feldspática reforçada com 10% de óxido de alumínio Vitadur Alpha (Vita). Todas as restaurações foram cimentadas com cimento resinoso Enforçe (Dentsply). Os corpos de prova foram submetidos ao teste de compressão em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/minuto usando duas dimensões de esferas metálicas, 3 mm e 10 mm. Com a esfera de 10 mm, os valores médios de resistência à fratura foram maiores que os obtidos com a esfera de 3 mm. *Inlays* apresentaram melhores resultados quando comparados com as *onlays* parciais e totais. A única variável que não demonstrou diferença estatística foi o material cerâmico utilizado. Nenhum dos grupos avaliados ofereceu resistência à fratura superior a 60% do grupo controle. Com a esfera de 10 mm houve maior incidência do padrão III, enquanto que nos outros grupos o padrão I foi o predominante. Os autores concluíram que nenhum dos tratamentos propostos ofereceu resistência à fratura similar que o dente hígido, e as *inlays* forneceram maior resistência em comparação com os outros desenhos cavitários.

Fonseca *et al.* (2007) avaliaram a influência de diferentes preparos cavitários no modo e resistência à fratura de dentes restaurados com resinas compostas laboratoriais. As raízes de 90 terceiros molares humanos foram montados em cilindros plásticos com resina poliacrílica, havendo a simulação do ligamento periodontal. Os dentes foram divididos em nove grupos de acordo com o preparo cavitário. Duas variáveis foram consideradas durante o preparo dental: comprimento (estreito, com 2,5 mm de distância intercuspídea e largo, com 5 mm de distância intercuspídea) e o recobrimento das cúspides, em quatro níveis, sem recobrimento das cúspides (*inlay*), *onlay* com recobrimento de uma cúspide, *onlay* com recobrimento de duas cúspides e *onlay* com recobrimento de todas as cúspides. Todos os preparos foram moldados com silicone de condensação e vazados com gesso tipo IV. As restaurações foram confeccionadas em resina composta laboratorial SR Adoro (Ivoclar). A cimentação foi realizada como o cimento resinoso RelyX ARC (3M/ESPE) de acordo com as instruções do fabricante. Os corpos de prova foram submetidos ao teste de compressão axial em máquina de ensaio universal. Houve diferença estatística entre o grupo controle e os grupos que receberam restaurações quanto a resistência à fratura. Nenhuma diferença estatística foi

encontrada quando comparada a distância intercuspídea, o recobrimento das cúspides e a interação desses fatores. A análise dos modos de fratura indicou que 27,5% dos dentes restaurados tiveram fraturas com envolvimento radicular. Os autores concluíram que diferentes desenhos de preparos cavitários não tiveram influência na resistência à fratura de dentes restaurados com resina composta laboratorial.

Camacho *et al.* (2007) avaliaram a resistência à fratura de pré-molares restaurados com diferentes materiais, sob carga axial. A resistência à fratura foi testada usando duas esferas de metal com 3 mm (para aplicação de força na fossa central) e 9 mm de diâmetro (para aplicação de força nas cúspides). Cinco técnicas restauradoras foram escolhidas para preparos MOD em 50 dentes (n=10): resina composta direta, resina composta indireta, cerâmica, amálgama convencional, e amálgama aderido. Mais 10 dentes foram mantidos hígidos para grupo controle. As amostras foram submetidas à carga com velocidade de 0,5 mm/minuto, através de dois diâmetros de esferas (3 e 9 mm). As restaurações de cerâmica apresentaram os valores mais altos de resistência à fratura, e foram similares ao grupo controle. Os resultados dos grupos de resina composta (direta e indireta) foram similares, mas inferiores ao grupo controle. As restaurações de amálgama apresentaram os mais baixos valores, sem diferenças estatísticas entre eles. Os premolares apresentaram menor resistência quando a carga foi aplicada na fossa central quando comparada à carga aplicada no plano da cúspide. O tipo de fratura também foi analisado: tipo 1 – fratura vertical; tipo 2 – fratura de cúspide; tipo 3 – fratura de restauração; tipo 4 – ambas as fraturas, dente e restauração. O diâmetro de esfera influenciou positivamente ou negativamente dependendo do tipo de restauração, isto é, de acordo com o material restaurador, o aumento no diâmetro da esfera causou fraturas mais ou menos catastróficas. Para os dentes restaurados com cerâmica, o aumento do diâmetro causou fraturas menos catastróficas, ao contrário de todos os outros grupos, cujo aumento do diâmetro causou fraturas mais catastróficas.

Em 2008, Sun *et al.* compararam *in vitro* a resistência à fratura de pré-molares restaurados com dois sistemas de resina composta. Para isto,

utilizaram 50 pré-molares superiores hígidos divididos randomicamente em 5 grupos (n=10). Quatro destes grupos receberam preparos do tipo *inlay* MOD. No grupo 1 foram restaurados de forma direta com resina composta (Renew); o grupo 2 recebeu restaurações indiretas confeccionadas com a mesma resina composta utilizada pelo grupo 1; o grupo 3 foi restaurado com *inlays* confeccionados com sistema indireto de resina composta (Tescera); o grupo 4 não foi restaurado e, o grupo 5, serviu de controle (hígido). Todos os grupos foram submetidos ao teste de compressão até a fratura em uma máquina de ensaio universal. As médias de resistência à fratura foram às seguintes: grupo 1: 2060N; grupo 2: 2300N; grupo 3: 2620N; grupo 4: 1240N; e grupo 5: 2400N. O grupo 4 (dentes preparados sem nenhum tipo de restauração) demonstrou diferença estatística em relação aos demais grupos, apresentando valor menor de resistência à fratura.

Cubas *et al.*, em 2011, avaliaram a resistência à fratura de pré-molares superiores restaurados com dois sistemas cerâmicos (Vitadur Alpha e In Ceram), comparando três preparos diferentes e dois agentes de cimentação. Setenta dentes hígidos foram selecionados e divididos em grupos: grupo 1 - dentes sem nenhum tipo de preparo (controle); grupo 2 - *inlays*; grupo 3 - *onlays* com cobertura parcial de cúspide; grupo 4 - *overlays*; grupo 5 - *overlays* com infraestrutura em In Ceram. As restaurações cerâmicas foram cimentadas com os cimentos resinosos Enforce ou RelyX ARC, posicionadas na cavidade com pressão controlada. Todos os espécimes foram submetidos a uma carga de compressão axial com velocidade de 0,5 mm/min. utilizando esfera de aço de 9 mm até a fratura. As restaurações cimentadas com Enforce tiveram maior resistência à fratura do que as cimentadas com RelyX ARC. As restaurações do tipo *inlay* demonstraram resistência à fratura similar quando comparadas ao grupo controle. As restaurações do tipo *onlay* e *overlay* não demonstraram diferença estatística entre si. O uso de uma estrutura de In Ceram não produziu um aumento da resistência à fratura.

### **3.2 Resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente**

O estudo de Reeh, Messer e Douglas (1989) avaliou a consequência dos procedimentos endodônticos e restauradores na perda da resistência à

fratura das estruturas dentais. Com o auxílio de um dispositivo servo-hidráulico foram geradas cargas oclusais, não destrutivas, em segundos pré-molares superiores. No esmalte vestibular e palatino, acima da JCE, foi fixado um dispositivo medidor da tensão de esforço (rigidez). Uma curva de tensão e deformação foi gerada antes e após os diferentes procedimentos. Dois conjuntos de procedimentos foram realizados: 1- (a) hígido; (b) acesso endodôntico; (c) instrumentação dos canais; (d) obturação dos canais; (e) preparo cavitário MOD; 2- (a) hígido; (b) preparo cavitário oclusal; (c) preparo cavitário de duas superfícies; (d) preparo cavitário MOD; (e) acesso endodôntico; (f) instrumentação dos canais e (g) obturação dos canais. Procedimentos endodônticos isolados tiveram pouca influência na rigidez, reduzindo em apenas 5%. Quando um preparo MOD foi realizado, houve uma redução de 69% da rigidez original. No segundo grupo de dentes, as preparações cavitárias foram realizadas em sequência. A abertura oclusal do preparo foi de 1/3 da distância intercuspídea e resultou em uma redução de 20% da rigidez. Quando uma das cristas marginais foi removida, houve uma redução de 46% da rigidez e, quando um preparo MOD foi realizado, redução de 63%. Os autores concluíram que os procedimentos endodônticos produziram uma redução de apenas 5% na rigidez, enquanto que a perda de ambas as cristas marginais contribuíram diretamente para a perda de resistência do dente.

Para avaliar o efeito dos procedimentos adesivos na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente, Steele e Johnson (1999) selecionaram 46 pré-molares extraídos que foram divididos em sete grupos de acordo com o tipo de tratamento a ser realizado: Grupo 1- hígido; Grupo 2- dente com acesso endodôntico padrão; grupo 3- preparo cavitário tipo MOD, acesso endodôntico amplo, instrumentação das raízes até o diâmetro das limas em 30 a 40 e obturação com guta percha pela técnica de condensação lateral; Grupo 4- mesmo preparo do grupo 3 e restauração com amalgama de prata; grupo 5- mesmo procedimento do grupo 4, mas antes da aplicação de amalgama as estruturas de esmalte e dentina foram tratadas com ácido cítrico e sistema adesivo Amalgambond (Parkell); grupo 6 -mesmo preparo do grupo 3, mas com condicionamento das estruturas dentais com ácido fosfórico a 37%, aplicação

de sistema adesivo (Scotchbond, 3M) e restauração com resina composta (Prisma APH, Caulk) pela técnica incremental; grupo 7- restauração igual ao grupo 6 e aplicação de adesivo à base de 4-META. Os dentes foram montados verticalmente em cilindros metálicos e fixados com resina acrílica 1 mm abaixo da JCE. Os corpos de prova foram submetidos ao teste de compressão em máquina de ensaio universal com velocidade constante de 0,75 mm/min. O grupo 1 apresentou a maior média de resistência à fratura (83,0 Kgf), e o grupo 3 apresentou a menor média (34,2 Kgf). Os grupos 1 e 2 foram similares na resistência à fratura, e os outros grupos não diferiram estatisticamente entre eles.

Takahashi *et al.* (2001) consideraram que dentes tratados endodonticamente são mais suscetíveis à fratura por causa da perda de estrutura. O estudo teve como objetivo avaliar o aumento de resistência à fratura de pré-molares superiores tratados endodonticamente e restaurados com resina composta com proteção de cúspides. Quarenta pré-molares foram divididos em quatro grupos: 1) intactos, 2) com preparo cavitário e acesso endodôntico, e restaurados com resina sem cobertura de cúspides, 3) idem grupo 2 mas com cobertura de cúspides, 4) com preparo cavitário e acesso endodôntico, mas sem restauração. Os corpos de prova foram sujeitos à compressão até fratura. Encontraram que o grupo 3 (917 N) apresentou a maior resistência à fratura, tendo diferença estatística para os outros grupos: grupo 1 (752 N), grupo 2 (550 N), grupo 4 (251 N). Concluíram que a cobertura de cúspides por resina composta pode ser uma alternativa para pré-molares tratados endodonticamente.

Yamada, Tsubota e Fukushima (2004) compararam a resistência à fratura de dentes restaurados com diferentes materiais e cimentos. Oitenta pré-molares foram divididos em oito grupos: Grupo 1: dentes hígidos; Grupos 2 a 8: tratamento endodôntico, sendo os canais restaurados com resina composta (DC Core, Kuraray). Foram confeccionadas cavidades do tipo MOD. Nos grupos 6 a 8 um preparo adicional foi realizado de 1,5 mm nas pontas de cúspide, assim formando uma *onlay*. Os grupos foram restaurados da seguinte forma: Grupo 2: sistema adesivo MEGA Bond (Kuraray) e resina composta

Clearfil AP-X (Kuraray); Grupo 3: resina composta Clerafill AP-X sem sistema adesivo; Grupo 4: *inlay* metálica com cimento resinoso Alloy Primer + Panavia Fluore Cement (Kuraray); Grupo 5: *inlay* metálica com fosfato de zinco Elite Cement 100 (GC); Grupo 6: *onlay* metálica com cimento resinoso Alloy Primer + Panavia Fluoro Cement; Grupo 7: *onlay* metálica com fosfato de zinco Elite Cement 100; Grupo 8: *onlay* em resina composta Estenia (Kuraray) com cimento resinoso Panavia Fluoro Cement. Todos os produtos foram utilizados de acordo com as instruções dos fabricantes. Os grupos foram submetidos ao teste de fratura em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,75 mm/min. A carga foi localizada na cúspide lingual com um ângulo de 150 graus em relação ao longo eixo. Os grupos ainda foram classificados, após a fratura, em restaurável ou não restaurável. O grupo 6 (943 N) apresentou a maior resistência à fratura quando comparado com os outros grupos. A média de resistência à fratura do grupo 1 foi de 825 N, a qual não diferiu do grupo 4 e foi maior que a dos grupos 2, 3, 5, 7 e 8. Mais de 90% das fraturas dos grupos 2, 3 e 5 foram restauráveis, enquanto apenas 10% das fraturas do grupo 6 foram restauráveis. Os autores concluíram que pré-molares com tratamento endodôntico e cavidades tipo MOD devem ser restaurados com procedimentos indiretos e cimentações adesivas, mas o modo de fratura apresenta-se mais desfavorável.

Comparar a resistência à fratura de pré-molares superiores restaurados com técnicas diretas e indiretas foi o objetivo de Santos e Bezerra (2005). Quarenta dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (n=10): grupo 1 – dentes hígidos; grupo 2 – preparo cavitário MOD com abertura vestibulo-lingual de metade da distância intercuspídea, tratamento endodôntico e sem restauração; grupo 3 – idem ao grupo 2, mas com restauração em resina composta direta (Z100, 3M); grupo 4 – idem ao grupo 2, com restauração em cerâmica (Empress, Ivoclar-Vivadent). Os corpos de prova foram submetidos ao teste de compressão com esfera de aço de 8mm de diâmetro com velocidade de 0,5 mm/min., até ocorrer a fratura. O preparo cavitário enfraqueceu significativamente a estrutura dentária (49 Kg). A resistência à fratura dos dentes restaurados com resina composta direta (105,4 Kg) não diferiu significativamente da resistência dos dentes restaurados com cerâmica

(82,7 Kg). Nenhum dos materiais foi capaz de devolver a resistência à fratura original do dente (1338,4 Kg). Os autores concluíram que o preparo cavitário enfraquece significativamente a estrutura dentária, e que as restaurações do tipo *inlay* diretas e indiretas podem parcialmente reestruturar a resistência à fratura de dentes enfraquecidos pelo preparo cavitário.

O efeito da remoção da crista marginal mesial na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente foi avaliado por Shahrbaaf *et al.* (2007). Noventa pré-molares superiores foram divididos em seis grupos: 1- hígido; 2- classe II MOD; 3 - classe II disto-oclusal com 2 mm de espessura na crista marginal mesial; 4- classe II disto-oclusal com 1,5 mm de espessura na crista marginal mesial; 5- classe II disto-oclusal com 1 mm de espessura na crista marginal mesial; 6- classe II disto-oclusal com 0,5 mm de espessura na crista marginal mesial. Com exceção do grupo 1, todos os outros receberam simulação de terapia endodôntica. Os dentes foram restaurados com resina composta Z250 (3M/ESPE). Os corpos de prova foram submetidos a 500 ciclos de termociclagem, montados em cilindros plásticos e fixados com resina acrílica, ficando as margens do dente 1 mm acima da JCE. A cúspide lingual de cada grupo foi submetida à carga axial compressiva em um ângulo de 45 graus com a cúspide palatina e de 150 graus com o longo eixo do dente com auxílio de máquina de ensaio universal com velocidade de 2mm/min. O grupo 1 obteve a maior média de resistência à fratura (732,8 N) e, o grupo 2, a menor média (489,67 N). O grupo 1 foi significativamente mais resistente que os grupos 2 e 6, não havendo diferença significativa do grupo 1 em relação aos grupos 3, 4 e 5. O trabalho demonstrou uma relação direta existente entre a diminuição da espessura da crista marginal e a resistência à fratura.

Soares *et al.* (2008) avaliaram a resistência à fratura e distribuição de estresses em pré-molares superiores tratados endodonticamente e restaurados com resina composta. Selecionaram 50 pré-molares que foram divididos em cinco grupos de dez dentes cada. As raízes foram incluídas em cilindros plásticos com resina acrílica, sendo simulado o ligamento periodontal. Os seguintes grupos foram obtidos: Grupo 1- hígido; Grupo 2- preparo MOD; Grupo 3- preparo MOD e restauração com resina composta; Grupo 4- preparo MOD e

tratamento endodôntico; Grupo 5- preparo MOD, tratamento endodôntico e restauração com resina composta. Os corpos de prova foram submetidos ao teste de compressão axial em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/min. Além dos grupos acima citados, outros cinco grupos foram criados em modelos de elementos finitos com as mesmas características, estruturas e materiais restauradores. A média de resistência à fratura do grupo 1 (83,6 Kgf) foi significativamente maior que os grupos 2 (52,7Kgf), 4 (40,2 Kgf) e 5 (64,5 Kgf), e a média do grupo 3 (82,1 Kgf) foi estatisticamente diferente dos grupos 2 e 4. Os grupos que apresentavam restaurações com resina composta ou tratamento endodôntico tiveram alta incidência de fratura com envolvimento da estrutura dental e ligamento periodontal. Segundo análise de elementos finitos, os modelos restaurados com resina composta apresentaram distribuição de estresses similar ao modelo de dente hígido. Os autores concluíram que a manutenção das estruturas dentais são cruciais para a resistência à fratura. A remoção de dentina interna nos dentes com tratamento endodôntico reduziu os valores de resistência à fratura e promoveu alteração na distribuição de estresses. O uso de restaurações adesivas é recomendado para reforçar as estruturas dentais remanescentes.

Monga *et al.* (2009) avaliaram a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente restaurados com técnicas adesivas. Para isto utilizaram 120 pré-molares superiores hígidos com dimensões semelhantes. Os dentes foram randomicamente divididos em seis grupos (n=20): grupo 1 -hígidos; grupo 2 - acesso endodôntico padrão com broca carbide 245; grupo 3 - cavidades MOD com broca carbide 245 e o canal radicular foi preparado e obturado; grupo 4 - preparos MOD e tratamento endodôntico da mesma forma que no grupo 3, porém foram restaurados com amálgama convencional com alto teor de cobre; grupo 5 - mesma técnica de preparo e tratamento endodôntico dos grupos 3 e 4, contudo antes da restauração de amálgama o sistema adesivo Scotchbond Multi Uso Plus foi utilizado conforme orientação do fabricante; grupo 6 - após o preparo cavitário e tratamento radicular igual ao dos grupos 3, 4 e 5, os dentes foram restaurados através de técnica adesiva, utilizando o sistema Scotchbond Multi Uso e a resina composta P60 (3M/Espe , USA). Após esta etapa, todos os espécimes foram submetidos a teste de compressão até a fratura em máquina

de ensaio universal com esfera de metal de 6 mm de diâmetro a uma velocidade de 1 mm/min. As médias de resistência à fratura encontradas foram as seguintes: grupo 1: 1193,75N; grupo 2: 683,1N; grupo 3: 248,5N; grupo 4: 501,1N; grupo 5: 968N; grupo 6: 867,38N. Diferenças significativas foram encontradas entre os grupos restaurados com amálgama e o grupo restaurado com amálgama adesivo, e também entre o grupo restaurado com amálgama com o restaurado com resina composta. Não houve diferença significativa entre o grupo hígido (controle) e o grupo restaurado com amálgama adesivo, e entre os grupos 2 e 4; além disso não houve diferença estatística entre os grupos 5 (amálgama adesivo) e 6 (resina composta). A média da resistência à fratura do grupo 3 (MOD com acesso endodôntico) foi significativamente mais baixa do que a dos outros grupos.

Bitter *et al.* (2010) avaliaram a influência do tratamento endodôntico, inserção de pino e restaurações cerâmicas na resistência à fratura de pré-molares superiores. Foram utilizados 120 pré-molares superiores hígidos com dimensões semelhantes. Os dentes foram incluídos em resina acrílica e divididos randomicamente em 4 grupos (n=30): grupo A - os dentes receberam preparos para *inlays* MOD, realizados à mão livre para ajustar o preparo às variações anatômicas; grupo B - preparos cavitários MOD foram confeccionados à semelhança do grupo A e, adicionalmente, uma redução de 2 mm da cúspide palatina foi confeccionada; grupo C - o preparo foi conduzido como no grupo B, porém um desgaste adicional de 2 mm da face vestibular foi realizado; grupo D - os dentes foram mantidos hígidos (controle). Os grupos A-C foram divididos em três subgrupos: 1) sem preparo adicional, simulando dentes vitais (n=10); 2) dentes tiveram tratamento endodôntico (n=10); 3) dentes com tratamento endodôntico e inserção de pino de fibra de quartzo (n=10). O sistema CAD/CAM foi utilizado para confecção das restaurações cerâmicas. Após a cimentação, os espécimes foram armazenados em água por 21 dias a 37°C e posteriormente submetidos à fadiga termomecânica. Uma simulação de mastigação foi realizada com 500.000 ciclos de carga oclusal de 49N. Posteriormente os espécimes foram submetidos a 5000 ciclos térmicos em água deionizada a temperaturas de 5-55°C. A resistência à fratura da cúspide vestibular foi realizada em máquina de ensaio universal utilizando uma esfera de aço de 3,5 mm de diâmetro em uma angulação de 30° do longo eixo

do dente a uma velocidade de 0,5 mm/min. Foram utilizadas quatro categorias para descrição do modo de falha: Tipo I - fratura vestibular na restauração em continuidade com a estrutura dental abaixo da junção cimento-esmalte (JCE); Tipo II - fratura central na restauração em continuidade com a estrutura dental abaixo da JCE. As fraturas do tipo I e II foram classificadas como não-restauráveis. Falhas do tipo III foram descritas como centrais sem continuidade com a estrutura dental; e Tipo IV com fratura de dente e restauração, porém acima da JCE. Falhas do tipo III e IV foram consideradas como restauráveis. ANOVA revelou diferença significativa entre os grupos para resistência à fratura. O grupo controle (D) demonstrou maior resistência à fratura (738N) quando comparada aos outros grupos (A-C). Nos grupos A-C, a resistência à fratura foi significativamente afetada pelo tipo de restauração e tratamento endodôntico associado ao uso de pinos. O grupo A (380N) mostrou menor resistência comparada aos grupos B (470N) e C (453N). Dentes com tratamento endodôntico mostraram resistência significativamente menor à fratura do que os dentes não tratados, porém não diferiram dos dentes com instalação de pino. Os autores concluíram que a restauração de dentes utilizando *inlays* cerâmicos é menos resistente à fratura do que a restauração através de *onlays* com cobertura da cúspide palatina. A resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente é menor que a de dentes sem tratamento endodôntico.

### 3.3 Cimentos resinosos

De acordo com Anusavice (1996), os cimentos resinosos apresentam propriedades mecânicas que superam a dos cimentos convencionais, como o fosfato de zinco. A resistência à compressão, a baixa solubilidade, a maior resistência ao desgaste, a estética e a possibilidade de união aos materiais restauradores tornaram esses cimentos uma opção interessante na odontologia restauradora. Os cimentos resinosos podem ser classificados de acordo com o tamanho das partículas de carga, a viscosidade e a forma de polimerização. Estes podem ser ativados quimicamente, fotoativados ou duais.

A morfologia da superfície dentinária cortada e tratada com diferentes substâncias para a sua limpeza foi analisada por Araújo *et al.* (1998) através de microscopia eletrônica de varredura. Vinte pré-molares superiores íntegros tiveram suas coroas seccionadas ao meio no sentido méso-distal. O esmalte da porção vestibular e da porção lingual da coroa foi removido com instrumento diamantado e, utilizando uma broca carbide cilíndrica lisa número 56, foi cortada aproximadamente 1 mm de dentina com alta rotação sob abundante refrigeração ar / água para produzir a camada de *smear layer*. Em seguida, essa superfície foi tratada com diferentes substâncias e lavada por 30 segundos com jato de ar / água. No grupo controle, foi utilizado somente o jato de ar / água. Os espécimes foram montados em suportes metálicos, preparados e visualizados em microscópio eletrônico de varredura. O jato de ar / água não causou alteração da camada de *smear layer*; o fluoreto de sódio a 2%, a associação de Dakin / Tergensol e a água oxigenada a 3% não desobstruíram os túbulos dentinários, apenas desorganizaram a camada de *smear layer*; o jateamento de partículas de óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$  causou apenas uma maior irregularidade da camada de *smear layer*; o flúor fosfato acidulado 1,27% causou uma maior desmineralização da camada de *smear layer* e os túbulos dentinários permaneceram obliterados; o ácido poliacrílico a 25% causou maior desmineralização, de forma que a aparência tubular da dentina foi nítida, mas os túbulos e a superfície dentinária apresentaram vestígios da camada de *smear layer*; o ácido fosfórico a 10% desobstruiu totalmente os túbulos e a superfície dentinária, causando abertura e alargamento dos túbulos dentinários. Os autores concluíram que as substâncias ácidas desmineralizantes foram mais eficientes na remoção da camada de *smear layer*.

Mak *et al.* (2002) avaliaram a resistência de união à microtração de cimentos resinosos utilizados em procedimentos indiretos e os compararam com restaurações diretas. Os cimentos resinosos possuem diferentes modos de ativação, composição, partículas e viscosidade. Para isso, foram selecionados 18 terceiros molares humanos que tiveram a superfície oclusal e radicular removidas. Os dentes foram polidos com discos de carbeto de silício com o objetivo de simular a *smear layer*. Após foram divididos em seis grupos com três amostras cada. Restaurações tipo *overlay* foram confeccionadas com uma resina composta dual experimental (Bisco). As restaurações foram

cimentadas com quatro diferentes cimentos, somente utilizados no modo auto polimerizável: All Bond 2 + Choice (Bisco), Single Bond + RelyX ARC (3M/ESPE), Super-Bond C&B (Sun Medial) e Panavia F (Kuraray). As *overlays* foram condicionadas com ácido fosfórico a 32% (Uni-Etch, Bisco), lavadas, secadas e aplicado silano (3M). Os produtos foram utilizados de acordo com as instruções dos fabricantes. A espessura formada pelo cimento resinoso foi avaliada com micrômetro. As restaurações diretas foram confeccionadas com a mesma resina composta experimental pela técnica incremental. Os dentes foram seccionados em palitos de aproximadamente 0,9 x 0,9, fixados em uma máquina de ensaio universal e submetidos ao teste de resistência de união com velocidade de 1mm/min. O modo de fratura foi avaliada em microscopia eletrônica de varredura. Os maiores valores de resistência de união foram obtidos com All Bond 2 + Choice e Single Bond + RelyX ARC, que não diferiram estatisticamente entre si. Houve diferenças significativas quando as restaurações diretas foram comparadas com as indiretas. Nos grupos All Bond e RelyX ARC uma porcentagem de 46,1 e 72,4, respectivamente, apresentaram falhas adesivas entre a interface cimento/*overlay*. Os autores concluíram que houve diferença na resistência de união e modo de falha nos diferentes cimentos testados. As diferenças encontradas nos valores de resistência de união em restaurações diretas e indiretas podem ser explicadas devido ao prolongado tempo de fotopolimerização da resina experimental.

Kumbuloglu *et al.* (2004) avaliaram a microdureza de superfície, resistência compressiva e flexural de cinco cimentos e compararam o grau de conversão das formas autopolimerizáveis e duais. Os materiais foram preparados de acordo com as instruções dos fabricantes. Os seguintes cimentos foram testados: cimento de fosfato de zinco Durelon (3M/ESPE), cimento resinoso RelyX ARC (3M/ESPE), Panavia (Kuraray), Variolink 2 (Ivoclar-Vivadent) e RelyX Unicem (3M). O cimento Variolink 2 apresentou a maior média de resistência à flexão (90 MPa), e Durelon (28 MPa) a menor média. O RelyX Unicem apresentou a maior média de dureza (44HV), e o Variolink 2 a menor (32 HV). O Durelon demonstrou a menor média de resistência à compressão (41 MPa) e o RelyX Unicem a maior média (145 MPa). Para ambos os modos de ativação, o RelyX ARC teve os melhores

valores de conversão e o RelyX Unicem demonstrou os mais baixos valores. Os autores concluíram que o método de polimerização influenciou no grau de polimerização e há uma diferença nas propriedades físicas dos diferentes cimentos, embora haja similaridade nas características químicas.

De Munck *et al.* (2004) avaliaram a resistência à microtração do cimento resinoso autoadesivo RelyX Unicem e do cimento resinoso Panavia F ao esmalte e à dentina. Os procedimentos adesivos para RelyX Unicem foram realizados de duas maneiras: sem condicionamento prévio e com condicionamento prévio com ácido fosfórico a 35% nas estruturas dentais. O cimento Panavia F foi utilizado de acordo com as instruções do fabricante. As interfaces adesivas foram avaliadas ultramorfologicamente por microscopia eletrônica de varredura e de transmissão. Os valores de microtração foram sempre maiores para o Panavia F tanto em esmalte como em dentina. A resistência à microtração do Rely X Unicem em esmalte foi significativamente menor quando comparado ao Panavia F, mas nenhuma diferença foi encontrada quando os cimentos foram utilizados em dentina. O somatório da aplicação de condicionamento ácido e RelyX Unicem aumentou significativamente os valores de união para o esmalte, mas não diferiu estatisticamente do Panavia Funido ao esmalte. A superfície dentinária tratada com ácido + RelyX Unicem forneceu os menores valores (5,9 MPa). O modo de falha revelou que todos os espécimes de esmalte não condicionados falharam adesivamente, havendo falhas mistas e coesivas quando o esmalte foi condicionado. Para a dentina condicionada, todas as falhas foram adesivas, já quando a dentina não foi tratada houve falhas mistas. Quando os espécimes de RelyX Unicem foram observadas em microscopia eletrônica de varredura nenhuma camada híbrida ou *tags* de resina foram observados. A microscopia eletrônica de transmissão demonstrou não haver a formação de uma camada híbrida real, mas uma pequena interação irregular. Os autores concluíram que o cimento reagiu superficialmente com o esmalte e a dentina e os melhores resultados, para o RelyX Unicem, foram encontrados após o condicionamento ácido prévio.

Um estudo realizado por Abo-Hamar *et al.* (2005) avaliou a eficácia

adesiva de um cimento resinoso autoadesivo quando comparado a outros sistemas de cimentação. Terceiros molares hígidos foram montados verticalmente em cilindros plásticos e fixados com resina autopolimerizável. Os dentes foram desgastados com discos de carbeto de silício para se obter superfícies de aproximadamente 4 mm de diâmetro, tanto para esmalte como dentina. Os dentes foram divididos, de acordo com o substrato e o cimento utilizado, em grupos contendo dez dentes cada: Grupo 1 - RelyX Unicem (3M/ESPE); Grupo 2 - Syntact + Variolink II ( Vivadent); Grupo 3 - ED-Primer II + Panavia F 2.0 (Kuraray); Grupo 4 - Prime&Bond NT + Dyract CemPlus (DeTray Dentsply); Grupo 5 - Ketac Cem Maxicap (3M). Posteriormente, uma proteção foi criada ao redor do esmalte e da dentina com 4 mm altura para servir de matriz de acomodamento do cimento. Todas as etapas de cimentação foram seguidas de acordo com as recomendações dos fabricantes. Os cimentos foram colocados nas matrizes em dois incrementos e fotopolimerizados. Após, metades dos grupos foram submetidas a 6000 ciclos de termociclagem. O teste de resistência de união foi realizado em velocidade constante de 0,75 mm/minuto em máquina de ensaio universal. A resistência de união da dentina para o RelyX Unicem (10,8MPa) não foi significativamente diferente do Variolink II (15,1 MPa), Panavia F (10,5MPa) ou Dyract (10,1 MPa), mas foi estatisticamente superior ao Ketac (4,1 MPa). Após a termociclagem, o RelyX Unicem (14,9 MPa) apresentou resultados significativamente maiores que Panavia F (7,4 MPa) e Ketac (4,6 MPa), mas valores significativamente inferiores ao Variolink II (19,8 MPa). No esmalte, com e sem termociclagem, o RelyX Unicem produziu valores estatisticamente menores que os outros sistemas à base de resina. As falhas adesivas para o esmalte e a dentina foram predominantemente adesivas. Os autores concluíram que o RelyX Unicem pode ser considerado uma alternativa para a cimentação quando não há uma pequena quantidade de esmalte remanescente.

Gerth *et al.* (2006) avaliaram a composição dos cimentos resinosos Bifix (Voco) e RelyX Unicem (3M/ESPE), incluindo traços de elementos e sua determinante nas propriedades dos materiais. Também investigaram se a fase de resina orgânica polimeriza completamente após a aplicação de uma fase

insolúvel, e ainda avaliaram a interação química entre os dois diferentes materiais com hidroxiapatita sintética. Ambos os materiais apresentam características radiopacas e são de dupla polimerização, entretanto diferenças são encontradas no modo de utilização dos produtos. O Bifix necessita de um pré-tratamento com ácido fosfórico e aplicação de sistema adesivo, enquanto que o RelyX Unicem (3M ESPE), por ser autoadesivo, não necessita de nenhum tipo de pré-tratamento para as estruturas dentais. Os resultados quantitativos para a composição de cada elemento da composição, revelados por XPS e EDX, demonstrou a presença de cálcio, alumínio, flúor, oxigênio e outros elementos em ambos os produtos. Houve um maior peso de cálcio e alumínio para o RelyX Unicem que para o Bifix. Os autores concluíram que o RelyX Unicem apresentou maior interação química com cálcio e hidroxiapatita, o que poderia explicar as propriedades mecânicas do material.

Yang *et al.* (2006) avaliaram as características ultra-estruturais, por meio de microscopia eletrônica de varredura e de transmissão, e a capacidade de união à dentina por meio do ensaio de microtração, dos cimentos resinosos Super-BondC&B (Sun Medical), Panavia F 2.0 (Kuraray) e RelyX Unicem (3M/ESPE), utilizados somente no modo autopolimerizável e com e sem condicionamento. Os materiais foram aplicados em amostras de dentina humana em diferentes profundidades: dentina superficial, profunda e cervical. Os resultados revelaram que a região dentinária e o tipo de cimento resinoso utilizado tiveram influência significativa nos valores de microtração. A média de resistência de união na dentina superficial, para os três cimentos testados, foi significativamente maior quando comparado com a dentina profunda e a cervical, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si. A resistência de união do Super Bond C&B (31,9 N) e do Panavia F 2.0 (29,1 N), na dentina superficial, foram estatisticamente superiores ao RelyX Unicem (8,2 N) na mesma região. Em comparação com os outros dois cimentos, o RelyX Unicem apresentou resistência de união estatisticamente inferior em todas as regiões analisadas. Em relação às falhas, 68% foram coesivas para o Super Bond C&B na dentina superficial, enquanto apenas 33% para o RelyX Unicem. De acordo com as análises em MEV, para os grupos do Super Bond e Panavia, os quais foram condicionados com ácido cítrico, houve a remoção da *smear plug* e

abertura dos túbulos dentinários. O grupo do RelyX Unicem apresentou uma camada de *smear layer* sob a dentina, o que pode ser explicada pela ausência de uma camada híbrida. Os autores concluíram que diferentes formulações químicas e técnicas de aplicação produziram microestruturas morfológicamente diferentes nas diferentes regiões dentinárias.

Goracci *et al.* (2006) avaliaram a resistência de união e a interface adesiva de diferentes cimentos resinosos cimentados em dentina e esmalte sob diferentes pressões de cimentação. Fragmentos de dentina e esmalte foram adquiridos de terceiros molares hígidos. Os fragmentos foram divididos de acordo com o cimento utilizado e a pressão de cimentação (20g/mm<sup>2</sup> ou 40g/mm<sup>2</sup>). Os seguintes cimentos foram usados: RelyX Unicem (3M/ESPE), Maxcem (Kerr) e Panavia F 2.0 (Kuraray). Blocos de resina composta (Paradigman MZ100) foram confeccionados e unidos aos substratos dentais de acordo com as instruções dos fabricantes. Dez fragmentos de cada grupo experimental foram preparados para serem visualizados em microscopia eletrônica de varredura. O tipo de cimento e a pressão utilizada tiveram influencia significativa na resistência de união à dentina. Os valores médios de resistência de união para o Panavia F 2.0 e RelyX Unicem, em dentina, foram similares e significativamente superiores ao Maxcem. Quando foi usado 40g/mm<sup>2</sup> de pressão na cimentação, o RelyX Unicem e Panavia F 2.0 apresentaram maior resistência de união em dentina quando comparado com a pressão de 20g/mm<sup>2</sup>. A pressão de cimentação não influenciou o Maxcem. Panavia F 2.0 apresentou resistência de união significativamente superior em esmalte que os outros cimentos, independente da pressão de cimentação. O Maxcem não apresentou sinais de retenção micromecânica, e o Maxcem e o RelyX Unicem não mostraram formação de camada híbrida. Os autores concluíram que uma pressão de cimentação deve ser realizada para o Panavia F 2.0 e RelyX Unicem para melhores resultados na resistência de união.

Monticelli *et al.* (2008) realizaram uma comparação qualitativa da interface dentina/cimento de diferentes marcas comerciais de cimentos resinosos. Terceiros molares tiveram sua porção coronária seccionada e a dentina exposta foi polida com pontas de carbetto de silício. Discos de resina

composta, com 2 mm de espessura, foram obtidos e cimentados, conforme as instruções do fabricante de cada cimento utilizado: Grupo 1: cimento dual com condicionamento ácido (Calibra, Dentply); Grupo 2: Panavia F 2.0 (Kuraray); Grupo 3: Multilink (Ivoclar-Vivadent); Grupo 4: RelyX Unicem (3M/ESPE); Grupo 5: G-Cem (GC Corporation); Grupo 6: Bis-Cem(Bisco). Após a mistura, o valor do pH foi mensurado para todos os cimentos testados. Os grupos foram preparados para avaliação em microscopia eletrônica de varredura e análise de *trichrome stain*. Os resultados revelaram que o cimento convencional apresentou uma zona sem colágeno abaixo da interface adesiva, e formou-se uma camada híbrida e *tags* de resina. Para o Panavia, uma desmineralização da superfície de dentina foi detectada. Já para o Multilink Sprint, foi observada uma camada descalcificada e não-infiltrada. Nenhuma desmineralização e infiltração foi observada para os cimentos RelyX Unicem, G-Ceme Bis-Cem, e nenhuma camada híbrida ou formação de *tags* foi observada para os cimentos autoadesivos. A taxa de pH variou de 2.1 a 4.2 após a mistura. Os autores concluíram que os cimentos autoadesivos não são capazes de dissolver completamente a *smear layer*, não havendo descalcificação e infiltração.

Duarte *et al.* (2008) avaliaram a resistência adesiva de cimentos resinosos autoadesivos e auto-condicionantes aplicados em esmalte, com e sem pré-tratamento com ácido fosfórico. Vinte terceiros molares foram selecionados. Em uma proximal, o esmalte foi condicionado, enquanto que no lado oposto o cimento foi aplicado conforme instruções do fabricante. Os seguintes cimentos foram testados: RelyX Unicem (3M/ESPE), Multilink (Ivoclar-Vivadent) e RelyX ARC (3M/ESPE). Blocos de resina composta Z250 (3M/ESPE) foram cimentados no esmalte. Um pré-tratamento foi realizado com óxido de alumínio e aplicação de silano. Amostras foram preparadas para serem observadas em microscopia. A maior média de resistência de união foi para o RelyX Unicem com condicionamento ácido (32,92 MPa), enquanto que a mais baixa foi para o Multilink com condicionamento (5,23 MPa) e sem este tratamento (5,38 MPa). Diferenças significativas foram encontradas para os diferentes tratamentos no esmalte. As amostras condicionadas revelaram uma penetração mais profunda no esmalte interprismático em comparação com a ausência de condicionamento. Os autores concluíram que o condicionamento

do esmalte com ácido fosfórico aumentou significativamente a resistência de união para o RelyX Unicem, mas não houve diferença para o Mutilink.

### 3.4 Deflexão de cúspide

Morin, DeLong e Douglas (1984) realizaram um estudo para medir a deflexão de cúspide produzida por diferentes tratamentos restauradores. Os grupos foram divididos de acordo com o material restaurados (adesivo ou não adesivo). Doze pré-molares superiores, livres de cárie e trincas, foram selecionados, incluídos em cilindros plásticos e fixados com gesso especial. Na região mais convexa da superfície vestibular, pela técnica adesiva, foram fixados medidores de tensão. Como auxílio de máquina de ensaio universal, uma carga foi aplicada através de uma esfera de 6,3 mm de diâmetro posicionada em contato com ambas as cúspides vestibular e palatina, livre de contato com o material restaurador. Assim, pela ação das forças, ocorreu uma deformação das cúspides para fora. Os grupos receberam preparos cavitários oclusais ou MOD e restaurações adesivas ou não-adesivas. Os preparos MOD e os procedimentos restauradores não-adesivos apresentaram uma rigidez semelhante, ficando entre 0,48 e 0,68, sendo que o valor de referência é 1 (dente hígido). As restaurações adesivas apresentaram uma média de 0,83 e 0,88, significando que os dentes mantiveram cerca de 80% da rigidez estrutural original. As curvas de desenvolvimento e tensão foram analisadas para as restaurações não adesivas, as quais revelaram que a recuperação cuspídea à forma original foi lenta após a remoção da força, resultante em uma fenda entre o tecido duro e a restauração, enquanto que para as restaurações adesivas essas foram muito similares ao grupo do dente hígido. Os autores concluíram que os dentes restaurados com procedimentos adesivos resistiram mais à deformação.

Em 1994, Medige *et al.* estudaram uma metodologia para avaliar os esforços produzidos pela adição de carga em estruturas dentais, assim como o comportamento de diferentes materiais restauradores. Foram selecionados 30 pré-molares superiores livres de defeitos estruturais e com dimensões méso-distal e vestibulo-lingual entre 16,6 e 19,3 mm. Os dentes foram divididos em

três grupos de acordo com o material restaurador e fixados em cilindros de PVC com resina acrílica autopolimerizável 2 mm abaixo da junção cimento-esmalte. Para a aplicação da carga um dispositivo especial foi fabricado, esse foi chanfrado em ambos os lados, de acordo com a média dos planos inclinados dos pré-molares previamente selecionados. Em dois pontos das estruturas dentais, um na vestibular e outro na proximal, foram fixados, pela técnica adesiva, dois aparelhos detectores de esforços lineares (modelo EA-06-031DE-120, Measurements Group). Todos os grupos, intactos, foram submetidos à carga de 300 N para avaliar a distribuição dos esforços. Em seguida, os dentes foram preparados com cavidades MOD, e novamente carregados em uma máquina de ensaio universal sob carga de 300N. Após os dentes foram restaurados, de acordo com o grupo pertencente, com amálgama Valiant (Caulk), resina composta P-50 (3M) e sistema adesivo Scotchbond 2 (3MI), ou sistema adesivo Tenure (Den-Mat) e resina composta Marathon V (Den-Mat). Posteriormente à conclusão das restaurações, os dentes foram submetidos novamente à carga. Houve uma interação significativa entre o material restaurador e a condição dental, em ambas as localizações. Os dentes restaurados com Tenure/Marathon V foram mais rígidos que os dentes preparados e não restaurados. Por outro lado, não houve diferenças estatísticas entre os grupos restaurados com Scotchbond 2/P-50 ou amálgama, sendo mais rígidos que os dentes preparados e não restaurados.

Martin, Jedynekiewicz e Williams (1999) avaliaram a deflexão de cúspide produzida pela cimentação de *inlays* com diferentes sistemas para a cimentação. Cinquenta pré-molares humanos foram selecionados. Cavidades MOD foram preparadas, sendo os preparos digitalizados pelo *software* COS 4.2 do sistema CEREC 2 CAD/CAM (Siemens) para a confecção de *inlays* em cerâmica (Vita II CEREC). As restaurações foram condicionadas com ácido hidrofluorídrico à 5% por 60 segundos e divididas em três grupos de cinco dentes cada, de acordo com o tipo de cimento utilizado. Grupo 1: cimento resinoso com partículas pequenas (PrismaTPH, Dentsply); Grupo 2: cimento resinoso dual de baixa viscosidade (Dicor MGC, Dentsply); Grupo 3: cimentadas com compômero fotopolimerizado (Dyract, Denstply). Todos os produtos foram utilizados de acordo com as instruções dos fabricantes.

Medidas foram registradas com o auxílio de um micrômetro a *laser* (Mitutoyo) antes da cimentação, 2 e 30 minutos após a fotoativação. Os autores observaram a redução do comprimento vestibulo-lingual em todos os grupos. O efeito da contração de polimerização pode ser notado por um período de 10 minutos após a fotoativação. Não houve diferença significativa entre os grupos 1 e 2, mas houve diferença significativa entre os grupos 1 e 3, e 2 e 3. Os autores concluíram que a utilização de cimentos resinosos provoca uma deflexão de cúspide na ordem de 0,02 a 0,06%. Entretanto um fenômeno de expansão de 0,03% foi observado durante o período de fotoativação.

Jantararat *et al.* (2001) compararam duas técnicas para medir a deflexão de cúspide de dentes submetidos à carga oclusal. Foram selecionados sete pré-molares superiores e sete molares inferiores livres de cárie ou trincas. Os dentes foram montados verticalmente em anéis plásticos e fixados 2 mm abaixo da JCE com gesso dental. Concavidades superficiais foram realizadas no esmalte, nas vertentes triturantes, para acomodar uma esfera com 4,75 mm de raio responsável pela transmissão da carga. Ainda duas concavidades foram realizadas no esmalte das vertentes lisas para acomodar a ponta das sondas do transdutor de deslocamento de corrente direta (DCDT, modelo 7DCDT-050, Hewlett Packard). Após, uma máquina de esforços (CEA-06-032UW-120, Micro-Measurements) foi fixada na região cervical dos dentes. Os corpos de prova foram fixados em uma máquina de ensaio universal e submetidos à carga de 100 N. O autor enfatizou que cargas de até 300 N podem ser seguramente aplicados, pois não há risco de fraturar o dente. Foram montados dois DCDTs, os quais medem o deslocamento linear das cúspides, seguindo uma orientação vertical e horizontal. O DCDT ficou perpendicular ao longo eixo do dente. A carga foi aplicada em três diferentes direções (-3°, 0°, +3°). Os dentes foram testados nas seguintes condições: Grupo 1: hígido; Grupo 2: preparo MOD de 1/3 da distância intercuspídea e com a caixa proximal localizada a 1 mm a JCE; Grupo 3: preparo MOD mais acesso endodôntico. A magnitude do deslocamento linear foi menor para o dente hígido, principalmente na posição neutra (0°). Nos dentes com cavidades MOD houve um maior aumento do deslocamento linear e uma redução na resistência de aproximadamente 30% em relação ao dente hígido. Na posição neutra,

ambas as cúspides dos dentes hígidos apresentaram menos que 1  $\mu\text{m}$  de deslocamento lateral, já o deslocamento aumentou para aproximadamente 8  $\mu\text{m}$ , variando de 4  $\mu\text{m}$  a 12  $\mu\text{m}$  para as cúspides dos dentes preparados. Quando o dente recebeu o acesso endodôntico, o deslocamento das cúspides variou de 12-16  $\mu\text{m}$ . A análise de Friedman demonstrou aumento significativo durante a sequência da preparação da cavidade, além de maior deflexão de cúspide. Os autores concluíram que a máquina de esforços apresenta menos sensibilidade que o DCDT, mas com utilização mais simples. O uso dos aparelhos em conjunto revelou mais informações que quando utilizados isoladamente.

Cerutti *et al.* (2004) enfatizaram que o tratamento endodôntico e os prepares MOD aumentam a tendência da deflexão das cúspides sob forças mecânicas. Relataram que os estresses repetitivos podem reduzir a resistência à fratura, causando a fratura do dente mesmo sob forças inferiores às necessárias para fraturar um dente hígido. Portanto, é importante que a restauração coronária tenha a capacidade de restabelecer a rigidez original do dente a um certo nível para reduzir a fadiga mecânica das cúspides. Para verificar isto, os autores determinaram, através de uma técnica não destrutiva, o quanto as cúspides são enfraquecidas pelo tratamento endodôntico e a efetividade dos sistemas adesivos na redução da deflexão das cúspides em relação a diferentes procedimentos restauradores. Uma carga oclusal de 98-294 N foi aplicada sobre pré-molares superiores com tratamento endodôntico e restaurados com os seguintes materiais: 1) amálgama; 2) SpectrumTPH; 3) Surefil; 4) Esthet-X; 5) Esthet-X + Dyract Flow. A deflexão das cúspides foi avaliada através de um aparelho com sensor a laser. Encontraram que as restaurações adesivas devolveram a rigidez da estrutura dentária numa faixa de 54% (Esthet-X) a 99% (Esthet-X + Dyract Flow). A restauração de amálgama devolveu apenas 17% a rigidez à estrutura dentária.

González-López *et al.* (2004) avaliaram a magnitude da deflexão de cúspide produzida pela contração de polimerização em cavidades MO amplas restauradas com diferentes técnicas. Trinta pré-molares foram selecionados e fixados em cilindros plásticos com resina autopolimerizável 1 mm abaixo da JCE. Esferas de 1,5mm de diâmetro foram fixadas pela técnica adesiva na

vertente das cúspides como pontos de referência. Os preparos cavitários apresentaram abertura oclusal de 3mm, a parede gengival estava localizada 0,5 mm acima da JCE e abertura proximal de 3,5 mm. Os dentes foram divididos em três grupos de dez dentes cada e restaurados de acordo com a técnica adesiva utilizando o sistema adesivo ScotchBond (3M/ESPE) e resina composta Tetric Ceram (Ivoclar). O método restaurador foi considerado como a variável independente, sendo modificada a forma com que os incrementos de resina composta foram inseridos nas estruturas dentais. O grupo 1 recebeu dois incrementos horizontais, o grupo 2 um incremento com tamanho de aproximadamente a metade da cavidade e posicionado com um instrumento manual especial cônico, e o grupo 3 seguiu o mesmo método que o grupo 2, apenas o incremento foi de aproximadamente um terço da profundidade da cavidade. A leitura do deslocamento das cúspides deu-se em dois momentos: quando o primeiro incremento de resina foi fotoativado e quando a restauração foi concluída. Houve diferenças significativas na distância entre as cúspides quando foi comparado o grupo 1 com a condição inicial, mas não foram encontradas diferenças entre a condição inicial e os grupos 2 e 3. Os autores concluíram que nenhuma das técnicas reduziu a deflexão de cúspide produzida pela contração de polimerização, e os melhores resultados foram encontrados para a técnica com incrementos horizontais.

González-López *et al.* (2005) avaliaram a deflexão de cúspide produzida em pré-molares em cada sequência da preparação cavitária e a magnitude das forças aplicadas. Primeiros pré-molares livres de cárie ou defeitos foram selecionados e montados verticalmente em cilindros plásticos 2 mm abaixo da JCE. Esferas foram fixadas, pela técnica adesiva, nas vertentes de cúspides, para servir como pontos de referência na medida da deflexão de cúspide. Os dentes foram submetidos a cargas de 50, 100 e 150 N, assim em cada força o deslocamento das cúspides foi medido com o auxílio de um micrômetro digital (Mitutoyo). Em seguida, diferentes prepares cavitários foram realizados: dente inalterado, cavidade MO conservadora, MO extensa, MO com acesso endodôntico e MOD com acesso endodôntico. Após, os dentes foram novamente submetidos às diferentes cargas, a qual foi mantida por 30 segundos e então se deu as leituras das distâncias intercuspídea. Os

resultados demonstraram que sob carga de 50 N apenas as cavidades MOD com acesso endodôntico produziu aumento significativo na deflexão de cúspide, e em cavidades MOD, independente da carga aplicada, houve aumento significativo da deflexão de cúspide. Os autores concluíram que a progressiva remoção de tecido dental e aplicação de cargas aumentaram significativamente a deflexão de cúspide, e o efeito da eliminação de estruturas dentais estratégicas, como cristas marginais e a dentina sobre a câmara pulpar, foi especialmente marcada sob maiores cargas.

Lee *et al.* (2006) avaliaram a deflexão de cúspides de pré-molares restaurados com resina composta, utilizando para isso diferentes tamanhos de cavidades e técnicas restauradoras. Foram utilizados 30 pré-molares superiores com dimensões aproximadas divididos em 6 grupos. Preparos MOD foram confeccionados com pontas diamantadas em baixa rotação. As seguintes larguras e profundidades da parede pulpar foram seguidas: Grupo 1: 1,5x1mm; Grupo 2: 1,5x2mm; Grupo 3: 3x1mm; Grupo 4-6: 3x2mm. Os grupos 1-4 foram restaurados em apenas um incremento, o grupo 5 foi restaurado utilizando a técnica incremental e, no grupo 6, foram confeccionadas restaurações indiretas, sendo as peças cimentadas com o cimento resinoso RelyX ARC. Para confecção e cimentação das restaurações os espécimes foram fixados para que se fizesse a leitura da deflexão das cúspides com transdutores LVDT (AX-1, Solatron Metrology, West Sussex, UK) com auxílio de micrômetros. Os movimentos das cúspides foram registrados por 10.000 segundos e o total de movimento calculado. O movimento de cúspides ocorreu principalmente nos 1500 segundos iniciais, mantendo-se constante após 2000 segundos. A média de deflexão das cúspides no grupo 1 foi de 12,1 $\mu$ m; no grupo 2 foi de 17,2  $\mu$ m; no grupo 3, 16,2  $\mu$ m; no grupo 4, 26,4  $\mu$ m. Não houve diferença estatística entre os grupos 2 e 3. Em uma comparação entre os métodos de restauração dos grupos 4, 5 e 6 evidenciou-se que a deflexão de cúspides utilizando-se a técnica incremental (17,4  $\mu$ m) e a técnica indireta (17,9  $\mu$ m) é significativamente menor do que a de um único incremento (26,4  $\mu$ m), não havendo diferença entre os grupos 5 e 6. A conclusão que os autores chegaram foi de que a deflexão de cúspides aumenta com o aumento das

dimensões da cavidade e aumento do fator C. O uso da técnica incremental ou de restaurações indiretas poderia reduzir a tensão nas cúspides.

González-López *et al.* (2007) avaliaram a deflexão de cúspide produzida pela contração de polimerização e carregamento oclusal em restaurações de resina composta com diferentes preparos cavitários. Foram selecionados 20 pré-molares superiores livres de cárie, trincas e com tamanho coronário similar. Os dentes foram montados verticalmente em cilindros plásticos e fixados 2 mm abaixo da JCE com resina acrílica autopolimerizável. Um simulador da pressão pulpar foi conectado aos dentes para manter condições de pressão e umidade natural. Com o auxílio de técnicas adesivas, uma esfera de 1,5 mm de diâmetro foi fixada a vertente das cúspides para servir como pontos de referência para a medida de distância intercuspídea. Previamente aos preparos cavitários, os dentes foram submetidos à carga oclusal de 150 N em máquina de ensaio universal, e o deslocamento das cúspides foi registrado com um micrômetro (Mitutoyo). Posteriormente, os dentes foram divididos em dois grupos de acordo com o tipo de preparo cavitário. Dez dentes receberam preparo tipo MO. As cavidades foram restauradas com o sistema adesivo Syntact Single (Ivoclar) e resina composta Tetric Ceram (Ivoclar). O outro grupo recebeu preparos tipo MOD. Os mesmos procedimentos restauradores do grupo anterior foram seguidos. Uma nova medida da distância intercuspídea foi realizada 5 minutos após a conclusão das restaurações; em seguida, os dentes foram submetidos à carga de 150 N e uma nova medida foi realizada. Os resultados demonstraram diferenças estatísticas produzidas pelos tipos de preparos em relação ao grupo controle. Diferenças significativas no movimento interno (*inward*) das cúspides foram encontradas nos preparos MOD, quando comparado com o preparo MO.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS

Os materiais empregados no presente estudo estão dispostos no quadro 1, assim como a composição, número do lote e fabricantes.

Tabela 1: Lote, composição e fabricante dos materiais.

Produto	Descrição	Lote	Composição Química	Fabricante
RelyX ARC	Cimento Resinoso	N142162	Bis-GMA, TEGDMA, Sílica e Zircônia	3M/ESPE, St. Paul MN, EUA
RelyX U100	Cimento Resinoso Autoadesivo	390956	Catalisador : Sílica, Hidróxido de Cálcio, Peróxido, Iniciador. Base : Dimetacrilato, Acetato, Iniciador, Estabilizador e Éster Fosfórico Metacrilato	3M/ESPE, St. Paul MN, EUA
MaxCem Elite	Cimento Resinoso Autoadesivo	<b>320956</b>	GPDM, Bário, Sílica, Fluoroalumíniosilicato	Kerr, Orange, Ca, EUA
SeT	Cimento Resinoso Autoadesivo	L0907083	Monômero Ácido, Canforoquinona, Vidro de Fluoraluminiosilicato, Uretano Dimetacrilato	SDI , Bayswater Victoria, Australia
ScotchBond Multi Purpose	Sistema Adesivo	Primer: 7BP Adesivo: 7PY	Primer: HEMA, Ácido Poliacenólico, Água Adesivo: BIS-GMA, HEMA e Amina Terciária	3M/ESPE, St. Paul MN, EUA
Filtek Z350 XT Cor EA3	Resina Composta Nanopartícula	N163679	Bis-GMA, Bis-EMA, TEG-DMA, Sílica, Óxido de Zircônia, BHT	3M/ESPE, St. Paul MN, EUA
Conduct 37	Condicionador Dental Ácido	030310	Água, Ácido Ortofosfórico	FGM LTDA, Joinville, SC, Brasil
Silano	Agente de União	8YU	Álcool Isopropílico, Água , Silano	3M/ESPE, St. Paul MN, EUA
Óxido de Alumínio	Partículas Abrasivas	178845	Óxido de Alumínio	BioArt Equipamentos Odontológicos Ltda, São Paulo, SP, BR

## 4.2 MÉTODO

A presente pesquisa foi aprovada pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS (Anexo A) e pelo Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS (Anexo B).

Foram selecionados 72 primeiros pré-molares superiores do Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da PUCRS. Os mesmos foram examinados em magnificação de 10x para verificar a ausência de trincas, restaurações, lesões de cárie ou fraturas. Os dentes foram limpos com o auxílio de curetas periodontais e desinfetados em timol a 10% por 24 horas. Os dentes permaneceram armazenados em água destilada a 4° C, não ultrapassando 6 meses.

Foram registradas as dimensões vestibulo-lingual (VL) e méso-distal (MD) de cada dente com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo Digital, Suzano, SP, Brasil), com precisão de 1 µm, posicionado na porção mais convexa das faces vestibulo-palatina e méso-distal. Foi determinada uma variação de até 0,5 mm em cada medida para que os dentes possuíssem dimensões semelhantes. Os dentes foram divididos aleatoriamente em seis grupos (n=12): Grupo 1 - dentes hígidos; Grupo 2 – dentes com preparos cavitários méso-ocluso-distal (MOD), abertura coronária e alargamento dos canais; Grupos 3, 4, 5 e 6 - os dentes receberam preparos cavitários méso-ocluso-distal (MOD), abertura coronária, alargamento dos canais e restauração do tipo *inlay* em resina composta Filtek Z350 XT. As restauração do grupo 3 foram cimentadas com o cimento resinoso convencional RelyX ARC, as do grupo 4 com o cimento resinoso autoadesivo RelyX U100 , do grupo 5, com o cimento resinoso autoadesivo Maxcem Elite, e do grupo 6 com o cimento resinoso autoadesivo SeT.

## 4.2.1 Confeção dos corpos de prova

### 4.2.1.1 Inclusão

Um cilindro de PVC com 3 cm de diâmetro e 2 cm de altura foi utilizado para a inclusão da raiz do dente. Na borda superior do cilindro, dois pontos foram demarcados referentes às extremidades da linha do diâmetro da circunferência. Nestes pontos, duas hastes metálicas guias foram fixadas na porção externa do cilindro com o auxílio de cera Utilidade, as quais serviram de referências espaciais no momento da inclusão dos dentes. Na peça dentária, linhas de referência para a inclusão centralizada e padronizada, também foram marcadas: linha do colo anatômico, linha paralela localizada 2 mm abaixo do colo anatômico e linha traçada de mesial para distal, passando pelo sulco central.

Uma porção de resina acrílica autopolimerizável pó e líquido foi preparada de acordo com as instruções do fabricante. Ao atingir a fase plástica, a resina foi inserida dentro do cilindro de PVC, previamente posicionada em uma placa de vidro. Na seqüência, o dente foi retirado da água destilada, a umidade excessiva removida com papel toalha, sendo o dente inserido na porção central da resina acrílica, até a linha demarcada à 2 mm do colo anatômico, e sua coroa posicionada paralelamente à haste metálica e à linha traçada de mesial para distal (Figura 1). Durante o período de polimerização da resina acrílica, o conjunto dente-resina acrílica foi submerso em água para evitar alterações dimensionais durante a reação exotérmica. Após os procedimentos de inclusão, cada dente foi numerado e armazenado em água destilada.

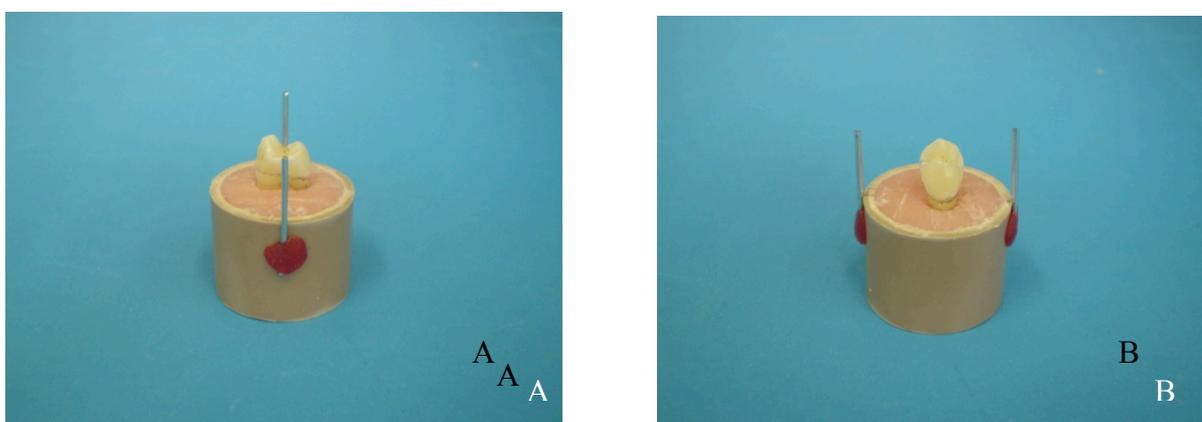


Figura 1: Raiz do dente incluída em resina acrílica: A) vista lateral; B) vista frontal.

#### 4.2.1.2 Preparo cavitário MOD

Nos grupos 2, 3, 4, 5 e 6 foram confeccionados preparos MOD com ângulos internos arredondados, paredes expulsivas, largura da caixa oclusal de dois terços da distância intercuspídea (DI) e profundidade das caixas proximais localizadas 1 mm acima da junção cimento-esmalte (JCE). Para a padronização deste procedimento foi utilizado um aparelho adaptado sob uma base de um microscópio (Figura 2).

Na peça dentária, linhas de referência foram demarcadas para que a profundidade e a largura fossem padronizadas. A largura vestibulo-palatina (VP) foi medida com o auxílio de um paquímetro digital a partir das pontas de cúspide. Dessa medida, um cálculo matemático foi realizado a partir de dois terços para que a DI fosse padronizada.

Duas linhas equidistantes, em relação ao sulco central, foram demarcadas para a confecção das paredes vestibular e palatina. Essas linhas foram estendidas em direção às faces proximais, passando pelas cristas marginais, e terminando 1 mm acima da JCE. A abertura das caixas proximais foi igual à abertura oclusal.

Os preparos cavitários foram realizados com a ponta diamantada 4137(KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) montada em uma turbina de alta rotação que foi acoplado a um aparelho adaptado sob uma base de um microscópio que permitiu uma padronização das cavidades. A ponta diamantada foi posicionada na face mesial, em contato com a linha de referência localizada 1 mm acima da JCE. Uma canaleta de mesial para a distal foi realizada a partir do diâmetro da ponta diamantada, com irrigação constante de ar e água, determinando as paredes vestibular e palatina. O preparo MOD apresentou somente paredes vestibular, palatina e um assoalho comum de mesial à distal, devido à união do assoalho pulpar da caixa oclusal com o assoalho gengival das caixas proximais (Figura 2). A ponta diamantada foi substituída a cada cinco preparos, os quais foram executados por um único operador. Os preparos foram executados sob constante refrigeração de ar e água.

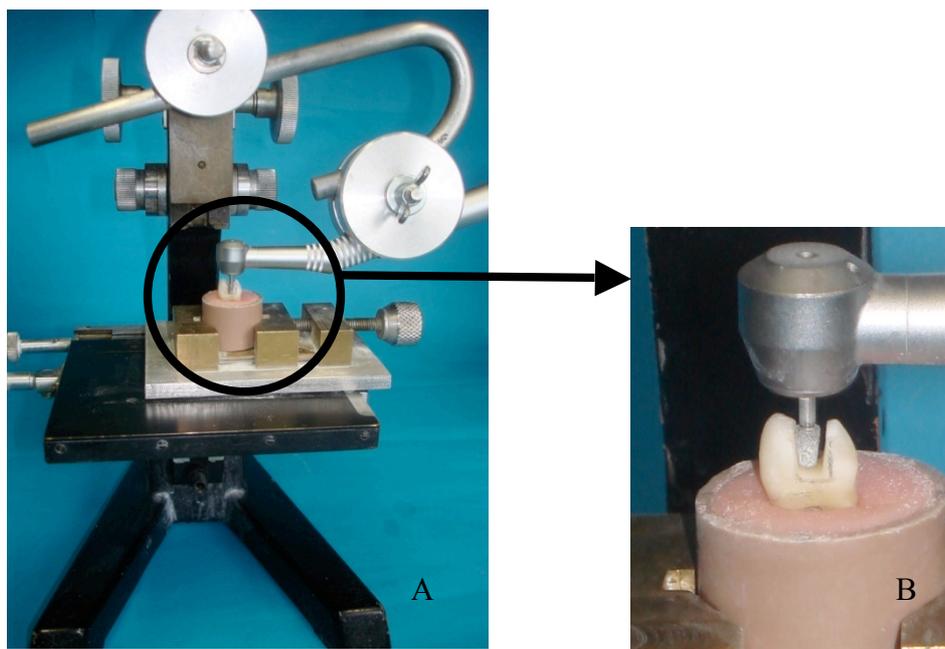


Figura 2: Padronização dos preparos cavitários: A) montagem da caneta de alta rotação e o conjunto dente/resina acrílica na base de microscópio; B) confecção do preparo cavitário.

#### 4.2.1.3 Esvaziamento da câmara pulpar

O teto da câmara pulpar foi removido com uma ponta esférica lisa número 8, em baixa rotação e sob refrigeração. Desgastes compensatórios foram executados com uma ponta Endo-Z em alta rotação e sob refrigeração, a fim de remover os remanescentes do teto da câmara pulpar (Figura 3), e imediatamente procedeu-se a ampliação da luz dos canais com brocas peso números 1, 2 e 3.



Figura 3: Esvaziamento da câmara pulpar concluído.

#### 4.2.1.4 Confeção das restaurações em resina composta

Para a confecção das *inlays* em resina composta, os grupos 3, 4, 5 e 6 foram moldados. Para isso, uma moldeira individual foi confeccionada a partir de um cilindro de PVC. Um dos orifícios dos cilindros foi fechado com cera utilidade.

A superfície dos preparos foi preenchida com silicone por adição de consistência fluída (Hidroxtreme, Coltène, França). No mesmo momento, uma pequena porção de material com consistência pesada foi introduzida dentro do cilindro de PCV (Figura 4). A moldeira foi então posicionada sobre o preparo. Após a presa do material, o molde foi removido e aguardou-se o período de uma hora para a recuperação elástica do material de moldagem. Decorrido esse período, os moldes foram vazados com gesso tipo IV Durone (Dentsply, York, PA, Estados Unidos da América) e aguardou-se a presa do gesso. Os moldes foram removidos do modelo após 1 hora. Os modelos foram inspecionados visualmente para verificar a fidelidade da moldagem. Modelos que apresentaram irregularidades ou bolhas foram repetidos.



Figura 4: Moldagem dos preparos: material e consistência pesada no cilindro de PVC e material de consistência leve no preparo.

Em seguida, os modelos foram aliviados com espaçador, as margens do preparo não receberam alívio, e uma fina camada de vaselina líquida foi aplicada para evitar retenção excessiva da resina composta e possíveis dificuldades na remoção da restauração. As resinas compostas foram inseridas, com espátulas *Hu-Friedy*, em quatro incrementos horizontais, sendo cada incremento fotopolimerizado por 40 segundos com um aparelho fotopolimerizador Led FLASH lite 1401 (Discus Dental, Culver City, CA, Estados Unidos da América), aferido em  $1100 \text{ mW/cm}^2 \pm 20$  com um radiômetro

analógico (Demetron, Kerr Corporation, Orange, CA, Estados Unidos da América). Após a conclusão das restaurações, uma polimerização adicional de 60 segundos foi realizada. As restaurações foram removidas dos modelos com o auxílio de uma espátula 3S e receberam acabamento com discos flexíveis, pontas siliconadas e escovas de carvão de silício.

As restaurações foram posicionadas nos preparos, a fim de verificar a adaptação e eixo de inserção. Enquanto as restaurações não foram cimentadas, elas permaneceram no seu modelo correspondente em ambiente seco.

#### **4.2.1.5 Tratamento da superfície interna das restaurações**

As superfícies internas das *inlays* foram limpas com álcool 70% para a remoção de sujeiras e gordura. Após, foram jateadas com óxido de alumínio de tamanho médio das partículas de 50 µm, com auxílio de um jateador, por 5 segundos a uma distância de 5 mm. Em seguida, as *inlays* foram limpas e secas com *spray* de ar e água. Com o auxílio de um *microbrush*, uma fina camada de silano foi aplicada na peça e aguardou-se 1 minuto até a evaporação do solvente; em seguida, leves jatos de ar foram aplicados. Uma fina camada de agente adesivo (*Scotchbond*) foi aplicada, com um *microbrush*, e os excessos foram removidos com bolinhas de algodão. A peça foi fotopolimerizada por 20 segundos.

#### **4.2.1.6 Tratamento da superfície dentária e cimentação**

O grupo 3 recebeu condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos, seguido de lavagem com *spray* de ar e água por 15 segundos. O excesso de umidade foi removido com papel absorvente. Uma camada de *primer* do sistema adesivo *Scotchbond* foi aplicada com auxílio de um *microbrush* e fricção ativa por 20 segundos, seguido de um leve jato de ar a uma distância de 5 cm. O adesivo do *Scotchbond* foi aplicado, os excessos removidos e fotopolimerizado por 20 segundos. Comprimentos iguais de pasta base e catalisadora do cimento resinoso dual RelyX ARC foram dispensadas em uma placa de vidro. O cimento foi misturado com uma espátula 24F por 15 segundos, até se obter uma mistura homogênea, sendo então aplicado na

peça e no preparo, seguido do posicionamento e carga de 1 Kg sobre a *inlay*. Os excessos foram removidos com um *microbrush*, seguido de fotopolimerização por 60 segundos em cada superfície livre (mesial, distal, vestibular, palatina e oclusal).

Para o grupo 4, quantidades iguais de pasta base e catalisadora do cimento resinoso autoadesivo RelyX U100 foram dispensadas em uma placa de vidro. O cimento foi misturado até se obter uma mistura homogênea e aplicado sobre a *inlay* e o preparo. Em seguida, a peça foi posicionada e aplicada uma carga de 1 kg. Os excessos foram removidos com um *microbrush*, seguido de fotopolimerização por 60 segundos em todas as faces livres.

Para o grupo 5, com o auxílio de uma ponta auto-misturadora, o cimento autoadesivo MaxCem Elite foi dispensado diretamente sobre a *inlay* e o preparo. A peça foi posicionada e aplicada uma carga de 1kg. Os excessos foram removidos, seguido de fotopolimerização por 60 segundos nas faces livres.

Para o grupo 6, com o auxílio de um amalgamador, o cimento autoadesivo SeT teve sua auto-mistura e após foi dispensado diretamente sobre a *inlay* e o preparo. A peça foi posicionada e aplicada uma carga de 1kg. Os excessos foram removidos, seguido de fotopolimerização por 60 segundos nas faces livres.

Os corpos de prova foram armazenados em água destilada a 37 °C pelo período de 72 horas e submetidos aos testes de deflexão de cúspide.

#### **4.2.2 Teste de Deflexão de Cúspide**

Todos os dentes receberam uma esfera de resina composta em ambas cúspides, com diâmetro de aproximadamente  $1,0 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ , a qual foi fixada pela técnica adesiva há 0,5 mm da ponta de cúspide. Estas esferas serviram como referência para o posicionamento das hastes do micrômetro digital (Mitutoyo Digimatic, Suzano, São Paulo, SP, Brasil), com precisão de  $1 \mu\text{m}$ , que foi utilizado para a leitura da deflexão das cúspides.

O corpo de prova foi posicionado sobre uma mesa redonda previamente rosqueada na base inferior da máquina de ensaio universal EMIC-DL 2000 (Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Em seguida, o micrômetro foi posicionado em um suporte

metálico que garantiu sua fixação junto à máquina de ensaio universal e o posicionamento correto do mesmo para as medidas de deflexão (Figura 5). O micrômetro foi regulado verticalmente, através do braço superior do dispositivo de fixação, para que as hastes de medida ficassem paralelas às esferas de resina posicionadas nas cúspides do corpo de prova. As hastes de medida foram encostadas nas esferas de resina e, no visor digital do micrômetro, registrou-se a medida obtida. As medidas foram repetidas três vezes para cada corpo de prova.

Em seguida, foi aplicada uma carga de 200 N na região oclusal por meio de uma esfera de aço de 8 mm de diâmetro acoplada à parte superior da máquina de ensaio universal (Figura 6). A velocidade de aplicação da carga foi de 0,5 mm/minuto. Ao atingir a carga de 200 N, a máquina parava e se realizavam três medidas consecutivas da deflexão das cúspides. O valor de deflexão de cúspide foi obtido subtraindo a deflexão obtida após a carga pela deflexão obtida antes da carga.

Após a primeira leitura de deflexão de cúspides, os corpos de prova foram submetidos à fadiga mecânica, no equipamento Erios ER-11000 (São Paulo, SP, Brasil), ficando imersos em água destilada a 37° C. Foi aplicada carga vertical de 200 N na superfície oclusal das coroas, na frequência de 1 ciclo/segundo, totalizando 500.000 ciclos.

Após a fadiga mecânica, foi realizada novamente o teste de deflexão de cúspides empregando a mesma metodologia descrita anteriormente. Finalizada as medidas de deflexão das cúspides, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão até a fratura.

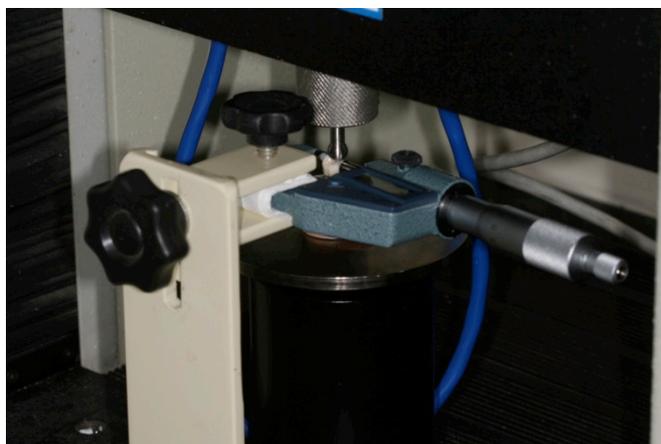


Figura 5: Micrômetro posicionado para medida de deflexão de cúspides.



Figura 6: Micrômetro posicionado nas esferas de resina composta e carga de 200 N na região oclusal com esfera de aço de 8 mm de diâmetro.

#### 4.2.3 Carga de fratura

Os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão em máquina de ensaio universal EMIC DL – 2000 (São José dos Pinhais, PR, Brasil). A célula de carga selecionada foi a de 10kN e velocidade de carregamento de 0,5 mm/minuto. No braço móvel da máquina de ensaio, onde estava fixada a célula de carga, foi rosqueada uma esfera metálica com 8 mm de diâmetro. O corpo de prova foi posicionado sobre uma mesa redonda previamente rosqueada na travessa inferior da máquina. O braço móvel foi acionado até a esfera contatar os planos inclinados da superfície intercuspídea da face oclusal do corpo de prova, assentando-se no sentido méso-distal. A carga de compressão foi aplicada paralelamente ao longo eixo do dente até a sua fratura (Figura 7). A força máxima foi registrada em Newtons (N) para cada corpo de prova por meio do programa de computador MT teste 100 acoplado à máquina de ensaio.

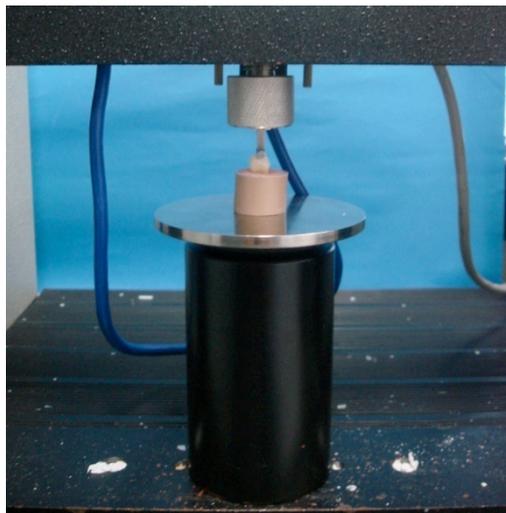


Figura 7: Ensaio de compressão para verificar a carga de fratura.

#### 4.2.4 Análise do tipo de fratura

Decorrido o teste de compressão, foi realizado o exame visual do tipo de fratura, sendo classificadas em cinco tipos:

Tipo I – fratura de cúspide dentária no limite da JCE;

Tipo II – fratura de cúspide dentária abaixo da JCE;

Tipo III – fratura de restauração e cúspide dentária no limite da JCE;

Tipo IV – fratura de restauração e cúspide dentária abaixo da JCE;

Tipo V – fratura longitudinal, cuja linha de fratura divide o dente ao longo da porção radicular.

#### 4.2.5 Análise estatística

Devido a não normalidade dos valores encontrados, os resultados de deflexão de cúspides e de carga de fratura foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido do teste de Mann-Whitney. A comparação entre os valores de deflexão de cúspides antes e após a fadiga mecânica foi comparada pelo teste não-paramétrico de Wilcoxon. O nível de significância foi de 1%.

## 5 RESULTADOS

De acordo com o teste de Kruskal-Wallis houve diferença estatística entre os grupos ( $p < 0,0001$ ) para a deflexão de cúspides pré-fadiga. A maior deflexão de cúspides foi obtida para o grupo 2 (69  $\mu\text{m}$ ), não diferindo estatisticamente apenas do grupo 6 (51  $\mu\text{m}$ ). As menores deflexões de cúspides foram obtidas para o grupo 1 (4  $\mu\text{m}$ ), o grupo 3 (4  $\mu\text{m}$ ) e o grupo 4 (5  $\mu\text{m}$ ), os quais não diferiram estatisticamente entre si. Valor intermediário foi obtido para o grupo 5 (21  $\mu\text{m}$ ), não diferindo estatisticamente dos grupos 3, 4 e 6 (Tabela 2).

Tabela 2: Valores medianos de deflexão de cúspides ( $\mu\text{m}$ ) pré-fadiga para os diferentes grupos.

Deflexão de cúspides pré-fadiga ( $\mu\text{m}$ )			
Grupos	n	Mediana	Média do Ranking
Grupo 1 - Hígido	12	4	15,71 <sup>a</sup>
Grupo 3 - RelyX ARC	12	4	20,21 <sup>ab</sup>
Grupo 4 - RelyX U100	12	5	29,08 <sup>ab</sup>
Grupo 5 – Maxcem Elite	10	21	37,10 <sup>b</sup>
Grupo 6 - SeT	12	51	51,83 <sup>bc</sup>
Grupo 2 - Cavidade	12	69	59,33 <sup>c</sup>

\* Valores seguidos de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa entre si para o teste de Mann-Whitney com nível de significância de 1%.

Em relação à deflexão de cúspides pós-fadiga, o teste de Kruskal-Wallis também acusou diferença estatística entre os grupos ( $p < 0,0001$ ). A maior deflexão de cúspides foi obtida para o grupo 6 (62  $\mu\text{m}$ ), não diferindo estatisticamente do grupo 5 (33  $\mu\text{m}$ ) e do grupo 4 (19  $\mu\text{m}$ ). A menor deflexão de cúspides foi obtida para o grupo 3 (6  $\mu\text{m}$ ), não diferindo estatisticamente do grupo 4.

Tabela 3: Valores medianos de deflexão de cúspides ( $\mu\text{m}$ ) pós-fadiga para os diferentes grupos.

Deflexão de cúspides pós-fadiga ( $\mu\text{m}$ )			
Grupos	n	Mediana	Média do Ranking
Grupo 3 - RelyX ARC	12	6	10,63 <sup>a</sup>
Grupo 4 - RelyX U100	12	19	23,00 <sup>ab</sup>
Grupo 5 – Maxcem Elite	10	33	25,15 <sup>b</sup>
Grupo 6 - SeT	12	62	35,5 <sup>b</sup>

\* Valores seguidos de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa entre si para o teste de Mann-Whitney com nível de significância de 1%.

O Gráfico 1 compara os valores de deflexão de cúspides pré e pós-fadiga dos grupos experimentais 3, 4, 5 e 6. De acordo com o teste não-paramétrico de Wilcoxon, houve diferença estatística entre a deflexão de cúspides pré e pós-fadiga para o grupo 4 ( $p=0,001$ ), o grupo 5 ( $p=0,004$ ) e o grupo 6 ( $p=0,000$ ), não havendo diferença estatística apenas para o grupo 3 ( $p=0,015$ ).

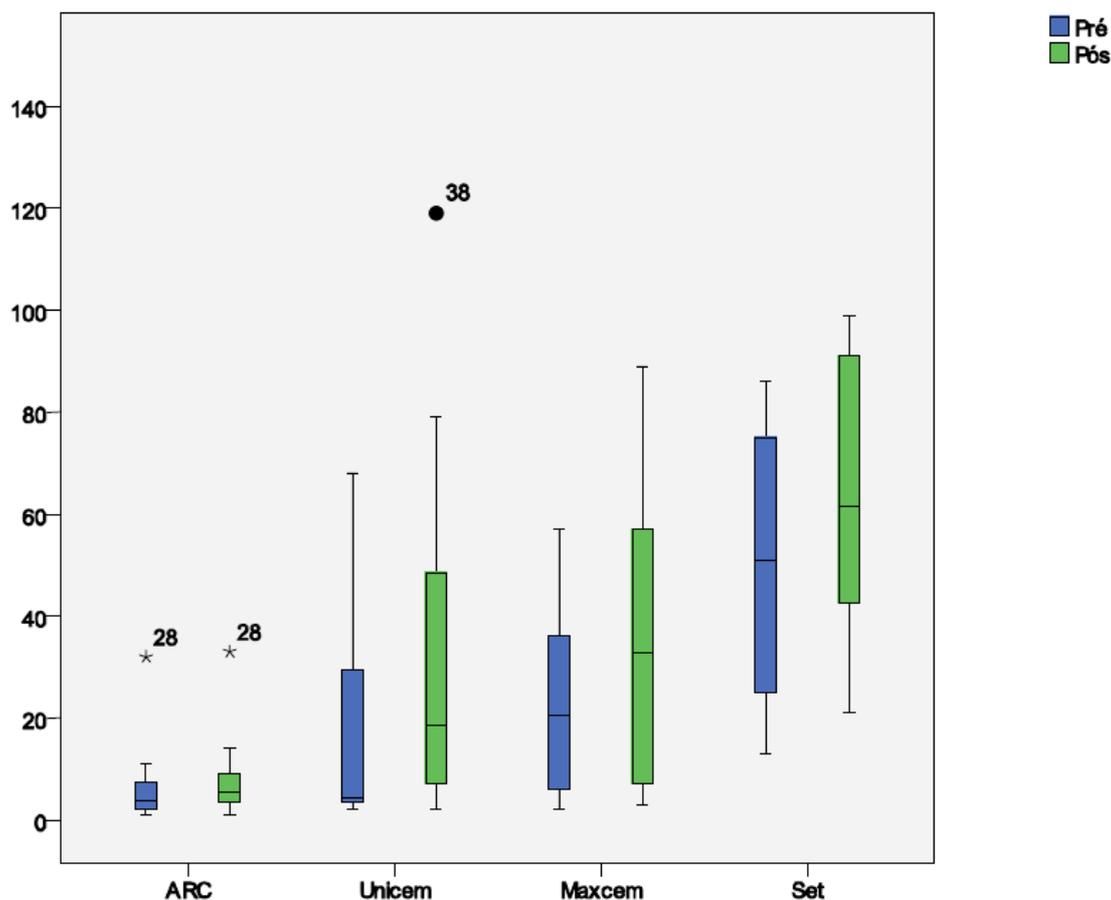


Gráfico 1: Comparação entre os valores de deflexão de cúspides pré e pós-fadiga de acordo com o teste não-paramétrico de Wilcoxon.

Para a carga de fratura, houve diferença estatística entre os grupos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,0001$ ). Maior carga de fratura foi obtida para o grupo 1 (1902 N), diferindo estatisticamente dos outros grupos. Segundo maior valor foi obtido para o grupo 3 (980,8 N), diferindo estatisticamente dos outros grupos. Grupo 4 (670,6 N), grupo 5 (533,5 N), grupo 6 (601,3 N) e grupo 2 (526,6 N) não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4).

Tabela 4: Valores medianos de carga de fratura (N) para os diferentes grupos.

Grupos	n	Carga de Fratura (N)	
		Mediana	Média do Raio
Grupo 1 - Hígido	12	1902	63,58 <sup>a</sup>
Grupo 3 - RelyX ARC	11	980,8	50,36 <sup>b</sup>
Grupo 4 - RelyX U100	12	670,6	31,08 <sup>c</sup>
Grupo 5 – Maxcem Elite	10	533,5	21,92 <sup>c</sup>
Grupo 6 - SeT	12	601,3	29,71 <sup>c</sup>
Grupo 2 - Cavidade	12	526,6	20,54 <sup>c</sup>

\* Valores seguidos de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa para o teste de Mann-Whitney com nível de significância de 1%.

A Tabela 5 mostra a distribuição dos tipos de fratura nos diferentes grupos. No grupo 1 (dentes hígidos) todas as fraturas foram do Tipo I. Já no grupo 2 (cavidade) e no grupo 5 (Maxcem Elite), todas as fraturas do Tipo II. No grupo 3 (RelyX ARC), ocorreram cinco fraturas do Tipo I e cinco fraturas do Tipo II. Para o grupo 4 (RelyX Unicem) e o grupo 6 (SeT), houve predominância de fraturas do Tipo II.

Tabela 5: Distribuição dos tipos de fraturas nos grupos experimentais.

Tipos de fratura	Grupo 1 Hígido	Grupo 2 Cavidade	Grupo 3 RelyX ARC	Grupo 4 RelyX U100	Grupo 5 Maxcem	Grupo 6 SeT
Tipo I	12		5	1		2
Tipo II		12	5	11	12	9
Tipo III						
Tipo IV			1			1
Tipo IV						

## 6 DISCUSSÃO

As hipóteses nulas do presente estudo foram rejeitadas, pois houve diferença na deflexão de cúspide, assim como na carga de fratura, entre os grupos estudados.

A deflexão de cúspide é uma metodologia não destrutiva e que permite verificar a deformação das cúspides ao ser aplicada uma carga na região oclusal. Nesse trabalho, foi aplicada carga oclusal de 200N para a realização deste teste não-destrutivo, visto que cargas de até 300 N podem ser aplicadas sem o risco de ocorrer a fratura do dente (JANTARAT *et al.*, 2001). Para verificar a deflexão das cúspides, foi utilizado um micrômetro com precisão de 0,01  $\mu\text{m}$ , de acordo com a metodologia empregada por González-López *et al.* (2004, 2005, 2007). Outros métodos de medida de deflexão podem ser utilizados, tais como detectores de esforços lineares (MEDIGE *et al.*, 1994), micrômetro a *laser* (MARTIN; JEDYNAKIEWICZ; WILLIAMS, 1999), transdutores de deslocamento de corrente direta (DCDT) (JANTARAT *et al.*, 2001), e sensores a *laser* (LTS) (CERUTTI, *et al.*, 2004). Além disto, o presente estudo verificou a deflexão de cúspides antes e após fadiga mecânica com o objetivo de verificar a estabilidade da rigidez da estrutura dentária restaurada após um processo de envelhecimento artificial. Esta avaliação é importante uma vez que os dentes restaurados são submetidos aos estresses oclusais na cavidade oral, sendo que a avaliação das restaurações após algum tempo de função é mais significativo clinicamente do que imediatamente após sua confecção.

Apesar de a metodologia proposta ter procurado amenizar a influência de variáveis confundentes, a variabilidade dos valores de deflexão de cúspides foi grande, havendo a necessidade da aplicação de teste não-paramétrico. Os valores de mediana encontrados, que corresponde a uma medida de tendência central dos valores, mostrou diferença estatística entre o grupo dos dentes hígidos (4  $\mu\text{m}$ ) e o grupo dos dentes com cavidade e não restaurados (69  $\mu\text{m}$ ). Esta pequena deflexão de cúspides do dente hígido é devido ao comportamento biomecânico da junção dentina/esmalte, que permite uma forte

união entre estes dois substratos (SOARES *et al.*, 2004). Quando a estrutura dentária é perdida, a rigidez do dente diminui e, conseqüentemente, há aumento na deflexão das cúspides frente às cargas oclusais (JANTARAT *et al.*, 2001; CERUTTI *et al.*, 2004; GONZÁLEZ-LÓPES *et al.*, 2005). Portanto, faz-se necessário a restauração do dente para tentar recuperar esta rigidez.

No presente estudo, as cavidades do tipo *inlay* foram restauradas com resina composta pela técnica indireta. Dentre os diferentes cimentos resinosos empregados, observa-se que o RelyX ARC (4  $\mu$ m) obteve deflexão de cúspides pré-fadiga que não diferiu do dente hígido (4  $\mu$ m). Além disto, foi o único material que manteve a rigidez da estrutura dentária, pois a deflexão de cúspides pós-fadiga mecânica (6  $\mu$ m) não diferiu estatisticamente do valor obtido na pré-fadiga. Uma das explicações para o melhor comportamento do RelyX ARC, em relação aos outros materiais frente ao envelhecimento mecânico, pode ser o fato deste material utilizar a técnica do condicionamento total com ácido fosfórico a 32%, seguido da aplicação de um agente adesivo (MAK *et al.*, 2002). Isto resulta na remoção total da *smear layer* (ARAÚJO *et al.*, 1998), desmineralização da dentina superficial, exposição das fibras colágenas e impregnação de monômeros resinosos, favorecendo a formação da camada híbrida, retenção micro-mecânica e valores satisfatórios de resistência de união (MAK *et al.*, 2002) e, desta forma, conferindo maior estabilidade a esta união.

A deflexão de cúspides pré-fadiga para o grupo cimentado com o cimento resinoso autoadesivo RelyX U100 não diferiu estatisticamente do grupo do RelyX ARC e do grupo de dentes hígidos. Valor intermediário foi obtido com o Maxcem Elite, sendo que o cimento resinoso autoadesivo SeT obteve a maior deflexão, e ambos os materiais diferiram estatisticamente do grupo dos dentes hígidos. Apesar de não haver diferença estatística entre os três cimentos resinosos autoadesivos, observa-se uma tendência de menor deflexão de cúspide para o RelyX U100 (5  $\mu$ m), seguido do Maxcem Elite (21  $\mu$ m) e SeT (51  $\mu$ m). Além disto, todos estes materiais permitiram um aumento significativo na deflexão de cúspides pós-fadiga, mostrando que alterações no comportamento dos materiais tendem a acontecer após algum tempo de simulação clínica.

Em estudo de microscopia eletrônica de varredura, o RelyX Unicem não proporcionou a formação da camada híbrida ou *tags* de resina, mas apenas uma pequena interação irregular e superficial com a *smear layer* (DE MUNCK *et al.*, 2004; YANG *et al.*, 2006). Nenhuma evidência de desmineralização da dentina superficial foi observada para os cimentos resinosos autoadesivos (MONTICELLI *et al.*, 2008). Portanto, estes materiais não são capazes de eliminar a *smear layer* e infiltrar a dentina para a formação de uma camada híbrida e *tags* de resina (GORACCI *et al.*, 2006; MONTICELLI *et al.*, 2008). Algumas hipóteses podem ser propostas para a limitada descalcificação das estruturas duras e incapacidade de permeabilização dentro da *smear layer*: (1) o pH desses cimentos, aproximadamente 2,1 (MONTICELLI *et al.*, 2008), não é suficientemente baixo, (2) alta viscosidade do cimento (DE MUNCK *et al.*, 2004), (3) no caso do RelyX Unicem, um efeito de neutralização pode ocorrer durante a mistura devido à reação química que libera água ou partículas alcalinas que podem aumentar o pH (MONTICELLI *et al.*, 2008).

Apesar do RelyX Unicem não formar camada híbrida, estudos evidenciaram que este material tem uma interação química com o cálcio da hidroxiapatita (GERTH *et al.*, 2006). O mecanismo de união do RelyX Unicem com a dentina parece ser mais químico que micromecânico (DUARTE *et al.*, 2008), sendo esta união estabelecida pelo monômero ácido éster fosfórico metacrilato que é ionizado no momento da mistura e que reage com a hidroxiapatita dos tecidos minerais do dente (GERTH *et al.*, 2006; 3M/ESPE, 2008). Além disto, Goracci *et al.* (2006) encontraram maior valor de resistência de união para o RelyX Unicem em comparação ao Maxcem Elite, o que também poderia justificar a menor deflexão de cúspide pós-fadiga para o RelyX U100 em relação aos outros cimentos autoadesivos.

De acordo com informações do fabricante, o Maxcem Elite também contém monômero ácido em sua composição, que é o éster fosfórico glicerol dimetacrilato (GPDM), sendo responsável, em parte, pelo efeito de condicionamento e de adesão à estrutura dentária (Kerr, Sybron Dental, 2007). No entanto, estudos mostram que a resistência de união deste material à dentina é inferior ao RelyX Unicem (GORACCI *et al.*, 2006), justificando a maior deflexão de cúspide pré-fadiga e pós-fadiga em relação ao RelyX U100.

O cimento resinoso autoadesivo SeT apresenta um monômero ácido em sua composição, que é o responsável pelo condicionamento da superfície dentária. No entanto, não se sabe, especificamente, qual tipo de monômero ácido é utilizado e nem se o mesmo tem interação química com o dente. No entanto, acredita-se que sua interação com o substrato dentário seja menor em relação ao RelyX U100 e Maxcem Elite, uma vez que este material foi o que apresentou maior deflexão de cúspides.

A importância clínica da deflexão de cúspides é que, quanto maior a magnitude desta deflexão, maior deformação e, conseqüentemente, maior a possibilidade de falha por fadiga. Este tipo de falha está relacionado com a maioria das fraturas dentárias, a qual se caracteriza pela fratura frente a tensões muito abaixo da resistência máxima da estrutura restaurada (ANUSAVICE, 1996). Portanto, de acordo com os resultados encontrados para a deflexão de cúspides, pode-se supor que os dentes restaurados com *inlays* em resina composta e cimentados com o RelyX ARC demorariam mais tempo para sofrerem falha por fadiga mecânica do que os dentes cimentados com RelyX U100, Maxcem Elite e SeT, visto que a deflexão de cúspides com o RelyX ARC manteve-se estável após a fadiga mecânica.

Nesta pesquisa, a carga de fratura e os tipos de fratura também foram avaliados, sendo esta uma metodologia destrutiva. Os testes de carga de fratura são realizados para quantificar numericamente a influência dos materiais restauradores (SILVA; HILGERT; BUSATO, 2004; YAMADA; TSUBOTA; FUKUSHIMA, 2004; SANTOS; BEZERRA, 2005; SUN *et al.*, 2008; CUBAS *et al.*, 2011) e de preparos cavitários (HABEKOST *et al.*, 2006; FONSECA *et al.*, 2007) na resistência à fratura de dentes que são submetidos a uma carga concentrada e crescente na região oclusal. Estes testes geralmente produzem cargas de fratura que excedem os limites de carga que ocorrem no sistema estomatognático normal durante a mastigação. No entanto, aplicação de altas cargas na superfície oclusal de dentes e/ou restaurações pode acontecer quando o indivíduo morde um corpo sólido de pequena dimensão, e a força que deveria ser distribuída na superfície oclusal dos dentes posteriores fica concentrada em um único dente. Caso este dente for estruturalmente debilitado, preparado com um desenho cavitário inadequado,

ou restaurado com um material não apropriado, o resultado pode ser a fratura do dente, da restauração, ou de ambos.

Dentes humanos hígidos do grupo dos pré-molares superiores foram selecionados devido a sua forma anatômica desfavorável, como o volume coronário, proporção coroa/raiz e estrangulamento méso-distal, que os torna mais susceptíveis às fraturas de cúspides do que os outros dentes posteriores quando submetidos à carga oclusal (SCHWARTZ; ROBBINS, 2004; BADER; SHUGARS; STURDEVANT, 2004).

Inúmeras variáveis podem ser encontradas na literatura a respeito do teste de resistência à fratura, como localização das forças aplicadas, velocidade dos testes e forma dos dispositivos de compressão (BURKE, 1992). Nessa pesquisa, o dispositivo de compressão foi uma esfera de 8 mm devido ao extenso preparo cavitário realizado nos corpos de prova. É fundamental que em testes destrutivos a esfera de compressão esteja em contato com as vertentes internas das cúspides vestibulares e palatinas. Nestas condições, uma força de compressão é aplicada sobre o dente, e as cúspides vestibular e palatina são deslocadas externamente, com uma resultante de tensão na interface dente/restauração. Caso a esfera de compressão se localize exclusivamente na restauração, ocorrerá um fenômeno de absorção das tensões pelo material restaurador, ocorrendo uma força vertical de esmagamento da restauração (BURKE, 1992).

O grupo de dentes hígidos, que serviu como controle, foi o que apresentou o maior valor de carga de fratura (1902 N), diferindo estatisticamente dos grupos experimentais, estando de acordo com outros estudos (STAMPALIA *et al.*, 1986; REEH; MESSER; DOUGLAS, 1989; STEELE; JOHNSON, 1999; DALPINO *et al.*, 2002; YAMADA; TSUBOTA; UKUSHIMA, 2004; SANTOS; BEZERRA, 2005; SHAHRBAF *et al.*, 2007). Dentre os cimentos resinosos empregados, o grupo do RelyX ARC obteve o maior valor (980 N). Isto demonstra que a associação do sistema adesivo com o cimento resinoso ainda é o procedimento que garante uma melhor união na interface dente/restauração. Estudos evidenciaram que as restaurações indiretas fixadas pela técnica adesiva proporcionaram maior resistência da

estrutura dentária em comparação com a cimentação convencional, como com o fosfato de zinco (ATTIA *et al.*, 2006). Portanto, o emprego de restaurações adesivas têm sido recomendado para reforçar as estruturas dentárias remanescentes (SOARES *et al.*, 2007; MONGA *et al.*, 2009), mesmo que a recuperação da resistência não seja total, mas sim parcial (STEELE; JOHNSON, 1999; SANTOS; BEZERRA, 2005). O RelyX ARC recuperou 51% da resistência do dente hígido.

Os cimentos resinosos autoadesivos apresentaram carga de fratura que não diferiram estatisticamente entre si, sendo inferiores aos dentes hígidos e ao grupo do RelyX ARC. O RelyX U100 recuperou 35% da resistência do dente hígido, o Maxcem Elite 28% e, o SeT, 31%. Os valores de carga de fratura destes grupos não diferiram dos dentes com cavidade. No entanto, os dentes com cavidade não foram submetidos à fadiga mecânica devido à impossibilidade técnica de realizar este procedimento nestes dentes na máquina de fadiga mecânica. Provavelmente o valor de carga de fratura teria sido menor para os dentes com cavidade caso a fadiga mecânica tivesse sido aplicada.

Associado aos valores de carga de fratura, também é importante analisar os tipos de fratura em cada grupo experimental. Isto porque não somente o resultado do teste de carga de fratura garante a um material ser ideal para restaurar um dente enfraquecido, mas sim que tipo de falha ele irá causar quando uma fratura vier a ocorrer, ou seja, se o prognóstico será favorável ou não (SOARES *et al.*, 2004; CAMACHO *et al.*, 2007). Quando a fratura ocorre acima do limite amelocementário, melhor é o prognóstico do dente em relação ao tratamento restaurador. Quando a fratura ocorre abaixo do limite amelocementário, com ou sem exposição da câmara pulpar, geralmente faz-se necessária a cirurgia periodontal para aumento de coroa clínica, dificultando o tratamento restaurador. No caso de fraturas se estendendo ao longo da raiz, geralmente o prognóstico é a extração dentária.

No grupo dos dentes hígidos, além da carga de fratura ter sido superior aos outros grupos, todas as fraturas foram do Tipo I, ou seja, fratura de cúspide no limite da JCE. O dente hígido, quando submetido à carga compressiva, apresenta maior concentração de tensões no esmalte e na dentina ao redor da área cervical, justificando-se o maior número de fraturas nesta região (KHERA

*et al.*, 1991). No grupo de dentes com cavidade (grupo 2) e nos grupos em que foram utilizados os cimentos resinosos autoadesivos (grupo 4, 5 e 6), houve predominância de fraturas do tipo II (fratura da cúspide dentária abaixo da JCE). Isto pode ser explicado pela perda de volume dentinário, tanto em profundidade quanto em espessura, determinando um aumento do estresse na região abaixo do limite da JCE (KHERA *et al.*, 1991 ; LIN *et al.*, 2001). Este fator associado à menor capacidade de união/adesão dos cimentos resinosos autoadesivos à estrutura dental fez, com que os grupos que tiveram *inlays* cimentadas com esta categoria de materiais, apresentassem resultados do tipo de fratura muito semelhantes ao do grupo 2 (cavidade sem restauração). O grupo do RelyX ARC foi o único que teve uma distribuição das falhas Tipo I e Tipo II, evidenciando novamente que o protocolo de cimentação adesiva convencional (sistema adesivo + cimento resinoso) favorece a união e maior preservação da estrutura dentária no caso de fratura, porém não restabelecendo a rigidez dos dentes hígidos. No entanto, a maioria das fraturas ocorridas nos grupos experimentais permite a recuperação da estrutura dental. Dalpino *et al.* (2002), Silva, Hilgert e Busato (2004) também verificaram um predomínio de fraturas de cúspides, havendo uma prevalência de fraturas recuperáveis quando se utilizam materiais resinosos.

A transferência dos resultados de estudos laboratoriais para a clínica deve ser feita com cautela, uma vez que os estudos *in vitro* não conseguem reproduzir a real situação da cavidade oral. No entanto, de acordo com os resultados obtidos, pode-se sugerir que os cimentos resinosos autoadesivos apresentaram menor capacidade de manter a rigidez do complexo dente/restauração em relação ao cimento resinoso convencional RelyX ARC. No entanto, faz-se necessário estudos clínicos longitudinais para realmente confirmar esta premissa.

## 7 CONCLUSÃO

Apesar das limitações deste estudo *in vitro*, podem-se obter as seguintes conclusões:

- O RelyX ARC manteve a estabilidade da deflexão de cúspides pós-fadiga mecânica, assim como proporcionou a maior recuperação da resistência da estrutura dentária em relação aos cimentos resinosos autoadesivos RelyX U100, Maxcem Elite e SeT;
- Dentre os cimentos resinosos autoadesivos, a deflexão de cúspides foi menor para o grupo das *inlays* cimentadas com o RelyX U100, seguido do Maxcem Elite e SeT;
- Nenhum cimento resinoso, associado à restauração indireta do tipo *inlay* em resina composta, foi capaz de restituir a resistência do dente hígido;
- Empregando o cimento resinoso RelyX ARC, as fraturas foram mais favoráveis para a reabilitação da estrutura dentária em comparação com as fraturas obtidas com os cimentos resinosos autoadesivos RelyX U100, Maxcem Elite e SeT.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABO-HAMAR, S. E. *et al.* Bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. **Clin. Oral Invest.**, Heidelberg, v.9, n.3 , p.161-167.Sept. 2005.

ANUSAVICE, Kenneth J. **Phillips-Materiais Dentários**. 10. ed. Rio de Janeiro: s.n.,1996.

ARAÚJO, M.A.J. *et al.* Avaliação qualitativa do efeito de agentes de limpeza na camada de lama dentinária: Estudo ultra-estrutural em microscopia eletrônica de varredura. **Rev Odontol. USP. São Paulo**, v. 12, n. 2, p. 99-104, Abr/Jun 1998.

ATTIA, A. *et al.* Fracture load of composite resin and feldspathic all-ceramic CAD/CAM crowns. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.95, n.2 , p.117-23, Feb. 2006.

BADER, J. D.; SHUGARS, D.; STURDEVANT, J. R. Consequences of posterior cusp fracture. **Oper. Dent.**, Indianápolis, v.52, n.2, p.128-31, Mar/Apr. 2004.

BITTER, K. *et al.* Influence of endodontic treatment, post insertion, and ceramic restoration on the fracture resistance of maxillary premolars. **Int. Endo J.**, v.43, p. 469-477, 2010.

BURKE, F. J. T. Tooth fracture *in vivo* and *in vitro*. **J. Dent.**, Oxford, v.20, n.3, p.131-9, Jun. 1992.

CAMACHO GB, GONÇALVES M, NONAKA T. Fracture strength of restored premolars. **Am J Dent**; v. 20, n. ..., p:121-24, 2007.

CERUTTI, A. *et al.* Effects of bonded composite vs amalgam on resistance to cuspal deflection for endodontically-treated premolar teeth. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.17,n.4, p.295-300, Aug. 2004.

CUBAS, G.B. *et al.* Fracture resistance of premolars restored with inlay and onlay ceramic restorations and luted with two different agents. **J Prosthodont Res.** 2011 jan; 55 (1) 53-9

DALPINO, P. H. P. *et al.* Fracture resistance of teeth directly and indirectly restored with composite resin and indirectly restored with ceramic materials. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.15, n.6, p.389-94, Dec, 2002.

DE MUNCK, J. *et al.* Bonding of auto-adhesive luting material to enamel and

dentin. **Dent. Mater.**, Dallas, v.20, n.10, p.963-971, Dec. 2004.

DUARTE, S. *et al.* Microtensile bond strenghts and scanning electron microscopic evaluation of self-adhesive and self-etchresin cements to intact and etched enamel. **J. Prost. Dent.**, St. Luis. v. 100, n.3. p. 203-210, Sept. 2008

FONSECA, R. B., *et al.* The influence of cavity preparation desing on fracture strenght and mode of fracture of laboratory-processed composite resin restorations. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.98, n.4, p.277-284. Oct. 2007.

GERTH, H. U. V. *et al.* Chemical analyses and bonding reaction of Relyx Unicem andBifix composites-A comparative study. **Dent. Mater.**, Dallas, v.22, n.10, p.934-941.Oct. 2006.

GONZÁLEZ-LÓPEZ, S. *et al.* Influence of different composite restoration techniqueson cuspal deflection: an in vitro study. **Oper. Dent.**, Indianápolis, v.29, n.6, p.656-660. Nov-Dec. 2004.

GONZÁLEZ-LÓPEZ, S. *et al.* Effect of restorative procedures and occlusal loading on cuspal deflection. **Oper. Dent.**, Indianápolis, v.30, n.1, p.33-38, Jan-Feb. 2005.

GONZÁLEZ-LÓPEZ, S. *et al.* Cuspal flexure of teeth with composite restoration subjected occlusal loading. **J. Adhes Dent., Local** v.9, n.1, p.11-15, Feb. 2007.

GORACCI, C. *et al.* Microtensile bond strenght and interfacial properties of selfetchingand self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. **J. Adhes. Dent.**, Local, v.8, n.5, p.327-335, Oct. 2006.

HABEKOST, L. V. *et al.* Fracture resistence of premolars restored with partial ceramic restorations and submitted to two different loading stresses. **Oper. Dent.**, Indianápolis, v.2, n.31, p.204-11, Mar-Apr. 2006.

JANTARAT, J. *et al.* Comparasion of methods for meansuring cuspal deformation inteeth. **J. Dent.**, Oxford, v.29, n.1, p.75-82, Jan. 2001.

KHERA, S.C. *et al.* Parameters of MOD cavity preparations: A 3-D FEM Study, Part II. **Oper. Dent.**, Indianapolis, v.16, n.2, p.43-54, Mar/Apr. 1991.

KUMBULOGLU, O. *et al.* A study of the physical and chemical properties of four resincomposite luting cements. **Inter. J. Prosth.**, Carol Stream, v.17, n.3, p.357-363, Mes.2004.

LEE, M. *et al.* Influence of cavity dimension and restoration methods on the cusp deflection of premolars in composite restoration. **Dent. Mat.**, Dallas, 23, p. 288-295, 2006

LIN, C.L. *et al.* Multifactorial analysis of an MOD restored human premolar using auto-mesh finite element approach. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.28, n.6,

p.576-86, Dec. 2001.

MAK, Y. F. *et al.* Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. **Dent. Mat.**, Dallas, v.18, n8. p. 609-21, Dec. 2002.

MARTIN, N., JEDYNAKIEWICZ, N.M., WILLIAMS, D.F. Cuspal deflection during polymerisation of composite lutes of ceramic inlays. **J. Dent.**, Oxford, v.27, n.1, p.29-36. Jan. 1999.

MEDIGE, J. *et al.* Effect of restorative materials on cuspal flexure. **Quint. Int.**, Oxford, v.26, n.8, p.571-576, Aug. 1994.

MONDELLI, J. *et al.* Fracture strength of human teeth with cavity preparations. **J. Prosth. Dent.**, St. Luis., v.43, n.4, p.419-422. April. 1980.

MONGA, P. *et al.* Comparison of fracture resistance of endodontically treated teeth using different coronal restorative materials: an *in vitro* study. **J. Conserv. Dent.** 12 (4) p. 154-159. Oct-dec, 2009

MONTICELLI, F. *et al.* Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. **J. Dent. Res.**, Washington, v.87, n.10, p.974-979, Oct. 2008.

MORIN, D.; DELONG, R.; DOUGLAS, W. H. Cusp reinforcement by the acid etch technique. **J. Dent. Res.**, Washington, v.63, n.8, p.1075-8, Aug. 1984.

REEH, E. S.; MESSER, H. H.; DOUGLAS, W. H. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. **J. Endod.**, Baltimore, v.15, n.11, p.512-6, Nov. 1989.

SANTOS, M. J. M. C.; BEZERRA, R. B. Fracture resistance of maxillary premolars restored with direct and indirect adhesive techniques. **J. Can. Dent. Assoc.**, Local, v.71, n.8, p.585a-d, Sept. 2005.

SCHWARTZ, R. S.; ROBBINS, J.W. Post placement and restoration of endodontically treated: a review. **J. Endod.**, v.30, n.5, p.289-299, May, 2004

SILVA, S. B. A.; HILGERT, L. A.; BUSATO, A. L. S. Fracture resistance of resin-based composite and ceramic inlays luted to sound human teeth. **Am. J. Dent.**, Oxford, v.17, n.6, p.404-6, Dec. 2004.

SHAHRBAF, S. *et al.* The effect of marginal ridge thickness on the resistance of endodontically-treated, composite restored maxillary premolars. **Oper. Dent.**, Indianapolis, v.32, n.3, p.285-290, May-Jun. 2007.

SOARES, P.V. *et al.* Fracture resistance of teeth restored with indirect-composite and ceramic inlay systems. **Quint. Inter.**, v.35, n.4, p. 281-6, Apr. 2004.

SOARES, P. V. *et al.* Fracture resistance and stress distribution in

endodontically treated maxillary premolars restored with composite resin. **J. Prost.**, St. Luis, v.17 ,n.2 , p.114-9, Feb. 2008.

STAMPALIA, L. L. *et al.* Fracture resistance of teeth with resin-based restorations. **Prosthet. Dent.**, St. Luis, v.55, n.6, p.694-8, Jun. 1986

SUN Y.S. *et al.* Fracture resistance and microtensile bond strength of maxillary premolars restored with two resin composite inlay systems. **Am J Dent.**, 21(2) p 97-100, apr. 2008.

STEELE, A.; JOHNSON, B. In vitro fracture strength of endodontically treated premolars. **J. End.**, Baltimore, v.25, n.1, p.6-8, Jan. 1999.

TAKAHASHI, C.U.; DE CARA, A.A.; CONTIN, I. Resistência à fratura de restaurações diretas com cobertura de cúspide em pré-molares superiores endodonticamente tratados. **Pesq. Odont. Bras.**, São Paulo, v.15, n.3, p.247-251, Jul-Sept. 2001.

YAMADA, Y.; TSUBOTA, Y.; FUKUSHIMA, S. Effect of restoration method on fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars. **Int. J. Prost.**, CarolStream, v.17, n.1, p.94-98. Ago. 2004.

YANG, B. *et al.* Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. **Dent. Mat.**, Dallas, v.22, n., p.45-56, Jul. 2006.

## **Anexos**



*Comissão Científica e de Ética*  
*Faculdade da Odontologia da PUCRS*

---

Porto Alegre 15 de abril de 2010

**O Projeto de:** Dissertação

**Protocolado sob n°:** 0032/10  
**Intitulado:** Influência de cimentos resinosos auto-adesivos na deflexão de cúspides, carga de fratura e adaptação marginal de pré-molares restaurados com inlays em resina composta  
**Pesquisador Responsável:** Profa. Dra. Ana Maria Spohr  
**Pesquisadores Associados:** Aurélio Salaverry; Fernanda Martinetto  
**Nível:** Mestrado

Foi **aprovado** pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS em 14 de abril de 2010.

*Este projeto deverá ser imediatamente encaminhado ao CEP/PUCRS*

**Profa. Dra. Ana Maria Spohr**  
Presidente da Comissão Científica e de Ética da  
Faculdade de Odontologia da PUCRS

---

Av. Ipiranga, 6681, Prédio 06 sala 210  
Porto Alegre /RS – Brasil – Cx. Postal:1429  
90619-900

Fone/Fax: (51) 3320-3538  
e-mail: [odontologia-pg@pucrs.br](mailto:odontologia-pg@pucrs.br)



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

OF.CEP-899/10

Porto Alegre, 26 de agosto de 2010.

Senhora Pesquisadora,

O Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS apreciou e aprovou seu protocolo de pesquisa registro CEP 10/05094 intitulado "**Influência de cimentos resinosos auto-adesivos na deflexão de cúspides, carga de fratura e adaptação marginal de pré-molares restaurados com inlays em resina composta**".

Salientamos que seu estudo pode ser iniciado a partir desta data.

Os relatórios parciais e finais deverão ser encaminhados a este CEP.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Rodolfo Herberto Schneider  
Coordenador do CEP-PUCRS

Ilma. Sra.  
Profa. Ana Maria Spohr  
FO  
Nesta Universidade

PUCRS

Campus Central  
Av. Ipiranga, 6690 - 3º andar - CEP: 90610-000  
Sala 314 - Fone Fax: (51) 3320-3345  
E-mail: [cep@pucrs.br](mailto:cep@pucrs.br)  
[www.pucrs.br/prppg/cep](http://www.pucrs.br/prppg/cep)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**S161i** Salaverry, Aurélio  
Influência de cimentos resinosos autoadesivos na deflexão de cúspides e carga de fratura de pré-molares restaurados com *inlays* em resina composta. / Aurélio Salaverry. – Porto Alegre, 2011.  
72 f.

Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, PUCRS.  
Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Spohr

1. Odontologia. 2. Dentística. 3. Endodontia. 4. Cimentação (Odontologia). 5. Restauração Dentária. I. Spohr, Ana Maria. II. Título.

**CDD 617.675****Bibliotecária Responsável**Anamaria Ferreira  
CRB 10/1494