

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

SILVANA BATALHA SILVA

RESISTÊNCIA À FADIGA E PROPENSÃO A TRINCAS EM RESTAURAÇÕES  
AMPLAS DE RESINA COMPOSTA EM DENTES POSTERIORES

FLORIANÓPOLIS  
2011



SILVANA BATALHA SILVA

RESISTÊNCIA À FADIGA E PROPENSÃO A TRINCAS EM RESTAURAÇÕES  
AMPLAS DE RESINA COMPOSTA EM DENTES POSTERIORES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração em Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Amaral Caldeira de Andrada

Coorientadores: Prof. Dr. Hamilton Pires Maia

Prof. Dr. Pascal Magne

FLORIANÓPOLIS  
2011

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

S586r Silva, Silvana Batalha  
Resistência à fadiga e propensão a trincas em restaurações  
amplas de resina composta em dentes posteriores [tese] /  
Silvana Batalha Silva ; orientador, Mauro Amaral Caldeira de  
Andrada. - Florianópolis, SC, 2011.  
145 p.: il., grafs., tabs.

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

Inclui referências

1. Odontologia. 2. Resinas compostas. 3. Odontologia -  
Projeto auxiliado por computador. 4. Cimentos dentários de  
ionômero de vidro. 5. Polietileno - Fibras. I. Andrada, Mauro  
Amaral Caldeira de. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III.  
Título.

CDU 616.314

SILVANA BATALHA SILVA

RESISTÊNCIA À FADIGA E PROPENSÃO A TRINCAS EM RESTAURAÇÕES  
AMPLAS DE RESINA COMPOSTA EM DENTES POSTERIORES

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração em Dentística, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 6 de dezembro de 2011.

---

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

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Mauro Amaral Caldeira de Andrada  
Orientador

---

Prof. Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira  
Membro

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Jussara Karina Bernardon  
Membro

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Roselaine Pozzobon  
Membro

---

Prof. Dr. Bruno Carlini  
Membro



Dedico esta tese  
aos meus pais, *Iara* e *Orlando*,  
incondicionais fontes de amor!

Aos meus irmãos *Rodrigo* e *Ronaldo*,  
meus primeiros e eternos amigos na vida!

À minha avó *Lili*,  
a doçura em pessoa!

Ao *Rodrigo*,  
por compartilhar dos meus sonhos e acreditar neles!



## AGRADECIMENTOS

A *Deus*, que me permitiu seguir essa jornada com saúde, sem quase tropeços. Ele insistiu em cercar meus caminhos com pessoas especiais, as quais chamo de amigos (ou anjos?). Obrigada pela minha vida.

Ao *povo brasileiro*, que, por meio do pagamento de seus suados tributos, tornou possível esta minha caminhada parcialmente financiada com bolsas de estudos no Brasil e nos Estados Unidos. Estendo meus agradecimentos também à *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)*. Espero retribuir esse investimento ao povo do meu país não apenas como estudante, mas também como profissional docente.

À *Universidade Federal de Santa Catarina*, pelo acolhimento desde 1998. Obrigada por toda a minha formação, pela dedicação de todos os professores desde a graduação em Odontologia. E também aos técnicos e funcionários, especialmente, *Lauro, Batista, Luis, Fernando, Rô, Iara, Nilceia, Bruno, D. Léa, D. Talita, Ana Frandalozo*... Vocês contribuem valiosamente para o dia a dia desta universidade. Desejo que a UFSC continue a brilhar sempre mais.

Ao *Programa de Pós-Graduação em Odontologia* – níveis de mestrado e doutorado –, por toda a educação recebida e incentivo no mundo da pesquisa! Obrigada a todo o corpo docente e aos colegas das inúmeras áreas de concentração pela agradável convivência e troca de experiências.

Aos *professores da Dentística*. Hoje eu não sou mais a mesma também por contribuição de vocês! É muito difícil encontrar time igual ou parecido que provoque nos alunos tal inspiração! Parabéns por formarem essa equipe tão valiosa. Tenho muito orgulho de ter tido aqui minha formação.

Ao meu orientador, *Dr. Mauro Amaral Caldeira de Andrada*, por ser essa pessoa tão positiva! Passei a conhecê-lo melhor durante o curso de doutoramento e a admirá-lo ainda mais. Suas palavras foram sempre de incentivo, e nunca o ouvi falar que não daria certo. Foi um grande prazer ser sua orientanda! Boa sorte e sucesso na nova jornada!

Ao meu coorientador, *Dr. Hamilton Pires Maia*, por ser um excelente educador! O seu conhecimento é proporcional a sua humildade, e isso o faz duplamente especial. Obrigada por todas as suas contribuições, conselhos e ensinamentos ao longo desses anos de pós-graduação.

Ao *Dr. Luiz Narciso Baratieri*, por ser esse brilhante professor! Obrigada por confiar em mim e por todas as oportunidades que me foram dadas. Sou grata também pelos conselhos ponderados, incentivo e franqueza! Quando somos "alunos da casa", muitas vezes não conseguimos enxergar a grandeza das contribuições ao mundo odontológico que foram dadas pela equipe de Dentística da UFSC, porém isso se torna muito claro quando nos afastamos e vemos o mundo lá fora. Querido mestre, não tenho palavras... Não tenho palavras para agradecer por tudo!

Ao *Dr. Sylvio Monteiro Junior*, pelo apoio e conversas francas de sempre. Obrigada por me "desafiar" e me fazer crescer um pouco mais em cada situação.

Ao *Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira*, pelas contribuições continuamente sensatas e por confiar em mim. Obrigada pela "insistente brincadeira", que me faz olhar para trás e agradecer a Deus e às oportunidades que me foram dadas.

Ao *Dr. Gilberto Müller Arcari*, por ser esse professor sempre presente, desde o mestrado. Obrigada por ser também um conselheiro da vida... é sempre muito bom quando a gente conversa.

À *Dr.<sup>a</sup> Renata Gondo Machado*, por ser... ela mesma. Obrigada, Rê, por tudo o que você já fez por mim, pela torcida. Não me admiram as inúmeras vezes que você já foi homenageada em coleções de grau, pois isso é reflexo do seu dom de ensinar com amor. Mesmo que eu encha essa página de palavras (o que seria fácil), não será suficiente para expressar todo o meu agradecimento e admiração. Obrigada pela nossa grandiosa amizade e por ser essa pessoa extraordinária!

À *Dr.<sup>a</sup> Jussara Karina Bernardon*, pela alegre convivência nas clínicas e nos corredores da UFSC. Admiro muito sua trajetória e sua forma simpática de tratar todos. Obrigada por contribuir como participante desta banca, neste dia tão importante para mim.

Ao *Dr. Élito Araújo*, pela amizade e valiosas lições ensinadas desde a graduação. Obrigada por ter sempre uma palavra de apoio.

Ao *Dr. Cleo Nunes de Sousa*, por ser essa pessoa simples, simpática, amável e, por isso, admirada. A sua presença torna o ambiente sempre muito mais leve e alegre. Obrigada pela torcida!

Ao *Dr. Guilherme Carpena Lopes*, pelo agradável convívio e incentivo à entrada no mundo das pesquisas.

À *Dr.<sup>a</sup> Miriam Marly Becker*, por sempre me incentivar e me receber com simpatia.

Ao *Dr. Ricardo Magini*, que, à frente da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFSC, auxiliou a minha participação no Programa de Doutorado-Sanduiche.

À *University of Southern California*, por ter me acolhido generosamente durante um ano como *Visiting Scholar*, especialmente em nome do *Dr. Avishai Sadan*, do *Dr. Richard Kahn* e de *Cindy Mitchell*.

Ao *Dr. Pascal Magne*, meu coorientador no Doutorado-Sanduiche. Quando o conhecia somente através do livro, eu achava que você era um extraordinário dentista e pesquisador. Eu não estava errada, mas hoje sei que você é também um ser humano excepcional. Obrigada também por me receber em sua família enquanto eu estava tão longe da minha casa! Por mais que eu escreva, não encontro as palavras mais perfeitas para agradecer por tudo!

Aos amigos que fiz em Los Angeles e em São Francisco *Odena Chinchilla*, *Elisa Oderich*, *Luís Boff*, *Daniel Malta*, *Takahashi*, *Youngbae Kim*, *Sevah*, *Michael Silva*, *Arash Nejad*, *Drew* e *Victoria Eggebraten*, *Ainara Espinosa*, *Maria Paula Paranhos*, *Marinelle de Campos*, *Isabela Caixeta*, *Marcelo Freire*, *Ana Luísa* e *Carol Botta*, *Márcio Moreira*, *Adriane Paglia*, *Adriana Oliveira*, *Geibi*, *Erine*, *Santiago*, *Pascal* e *Michel Magne*. Foram todos momentos muito especiais ao lado de vocês, certamente inesquecíveis! Muito obrigada por tornarem os meus dias lindos!

A um dos meus casais de amigos preferidos, *Elisa Oderich* e *Luís Boff*. Não sei como começar a agradecer e muito menos como

terminar... O que vocês fizeram por mim em IA foi extraordinário! Obrigada por todo o apoio e amizade que se firmou desde o primeiro dia. Para a Elisa, um agradecimento especial, por realizar a estatística deste trabalho. E fica a promessa de caminharmos na Beira-Mar pelo menos um dia na semana... rs.

Às minhas amigas *Carol, Dani, Schelle e Tina*, por sempre, sempre torcerem por mim! Aí já se vai uma amizade de quase 15 anos que se constitui uma raridade no mundo de hoje. Obrigada por tudo, gurias!

À *Prof.<sup>a</sup> Mayra Alexandrino*, pelo cuidado e dedicação enquanto me preparava para o teste de proficiência em língua inglesa. Ao *Saulo Fortkamp*, por compartilhar das divertidas aulas de conversação.

À *Isabel Luclktenberg*, pela atenta revisão da língua portuguesa deste trabalho.

Ao *Luís Henrique* e à *Kathryn Schlichting*, pelas valiosas dicas e ensinamentos enquanto me organizava para a mudança. Aproveitei cada uma delas, muito obrigada!

À amiga-irmã *Sheila Stolf*, pelo convívio desde o mestrado. Aprendi tanto com você! Tanto! Obrigada por toda a ajuda! Parabéns por ter se tornado essa professora dedicada, competente e querida por todos. Como sempre, continuarei torcendo por você!

Ao meu "amigo de sanduíche" *Daniel Malta*. Obrigada pela agradável convivência, amizade, sinceridade e intermináveis conversas sobre tudo... Obrigada por várias vezes me puxar do laboratório para almoçar ou só tomar um café. Foi muito divertido!

A todos os colegas de doutorado e mestrado, *Sheila, Neimar, Marcelo, Lívia, Dudu, Max, Júnio, Luana, Renan, Juan, Juliana*... Aprendemos muito uns com os outros e crescemos cada um em uma direção. Obrigada pela convivência, e desejo (e tenho certeza) sucesso a todos nós!

Aos colegas das outras turmas de doutorado e mestrado *Luana Dutra, Greciana, Cássio, Daniel, Adriano, David, Eduardo, Shizuma, Gabriela, Marceli, Elizabeth, Diogo, Gustavo Chraim, Lindiane, Fernanda, Marceli, Vanessa, Gustavo Siedschlag, Rafael e Carlo*. Obrigada pela companhia!!!

A toda a *minha família, minha avó Lili, meus tios, primos, padrinhos...*, pela torcida e carinho e por compreenderem algumas vezes em que estive ausente... foi por uma boa causa!

Ao meu amor, *Rodrigo*... Eu sei que nada do que eu faça substituirá este ano em que estive longe, nada... Por isso te agradeço por ser tão generoso, paciente e especial comigo. E por entender o quanto esse passo seria importante na minha vida. Para quem fica é sempre muito mais doloroso, eu sei; embora, da mesma forma, não foi fácil ficar longe do teu colo. É por isso, Amore, que hoje somos mais fortes do que ontem!

Aos meus pais, *Iara e Orlando*. Amo e admiro muito vocês, as pessoas mais generosas que eu já conheci! Sem esse apoio, eu pouco seria neste mundo. Obrigada por entenderem e apoiarem quando eu fiz as malas, quando eu fui para longe desde muito cedo... Continuam e sempre serão exemplos para mim, de caráter, sensatez, ternura, retidão, bondade... Ou seja, tudo aquilo que os pais devem ser para os filhos! Sou uma pessoa de muita sorte!



Na vida, não vale tanto o que temos, nem tanto importa o que somos.  
Vale o que realizamos com aquilo que possuímos e,  
acima de tudo, importa o que fazemos de nós!

*Chico Xavier*

O que foi, isso é o que há de ser;  
e o que se fez, isso se tornará a fazer;  
de modo que nada há de novo sob o sol.

*Eclesiastes 1:9*



BATALHA SILVA, Silvana. **Resistência à fadiga e propensão a trincas em restaurações amplas de resina composta em dentes posteriores**. 2011. Tese (Doutorado em Odontologia, opção Dentística) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

## RESUMO

Objetivo: este estudo *in vitro* comparou a influência de diversas técnicas restauradoras de resina composta (*inlay* de CAD/CAM *versus* restaurações diretas de resina composta, e outras variações indicadas para minimizar a contração de polimerização) em cavidades MOD amplas e seus efeitos na propensão a trincas e na resistência à fadiga acelerada.

Métodos: preparos dentais padronizados MOD do tipo *slot* foram realizados em 92 molares superiores humanos (5 mm de profundidade e 5 mm de largura no sentido vestibulopalatal). Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em seis grupos restauradores (n=15): *inlays* de resina composta usando blocos de Paradigm MZ100 usinados no Sistema CEREC 3 (Grupo MZ100); restauração incremental convencional de resina composta Miris 2 (Grupo M2); restauração utilizando uma técnica do sanduíche fechado modificado "superfechado", variando a base (cimento de ionômero de vidro convencional Ketac Molar – Grupo KM – e uma versão modificada por resina com Fuji II LC – Grupo FJ); restauração reforçada com fibra de polietileno Ribbond por meio de duas técnicas diferentes de aplicação no fundo da cavidade (uma única tira – Grupo BD – e múltiplos fragmentos – Grupo WP). Dois espécimes do grupo MZ100 serviram apenas como modelo para copiar a anatomia oclusal das restaurações diretas. Trincas geradas pela contração de polimerização dos materiais foram localizadas através de fotografias e transiluminação após uma semana dos procedimentos restauradores, e classificadas de acordo com sua severidade (menor ou maior que 3 mm). Logo após, cargas cíclicas isométricas (5 Hz) foram simuladas, começando com uma carga de 200 N (5.000 ciclos), seguida dos estágios de 400, 600, 800, 1.000, 1.200 e 1.400 N, com o máximo de 30.000 ciclos cada. Os espécimes foram desafiados até a fratura ou até o máximo de 185.000 ciclos. Os grupos foram comparados analisando-se a curva de sobrevivência de Kaplan-Meier ( $\alpha=0,008$ , método de Bonferroni).

Resultados: o grupo MZ100 foi o único a apresentar sobrevivência de 100%, diferente estatisticamente dos demais grupos ( $P<0,001$ ). As técnicas diretas não apresentaram diferenças estatísticas entre si, embora o grupo FJ tenha apresentado a maior sobrevida (40% *versus* 13% para M2, 20% para KM, 7% para BD e 27% para WP). A maioria das falhas em todos os grupos foram restauráveis,

com maior ocorrência de fraturas abaixo da junção cimento-esmalte (JCE) no grupo M2 e KM (três espécimes cada). O único grupo que não apresentou nenhuma falha abaixo da JCE foi o WP. O grupo MZ100 foi o menos propenso a trincas (apenas uma trinca menor que 3 mm); e, dentre as técnicas diretas, o grupo KM apresentou a menor ocorrência (67% de espécimes livres de trincas *versus* 60% no FJ, 46% no BD e 33% no WP), observando-se maior severidade no grupo M2.

Conclusões: os *inlays* de CAD/CAM aumentaram a resistência à fadiga acelerada e diminuíram a propensão a trincas, quando comparados a restaurações diretas. A inclusão das bases de CIV/CIVMR não influenciou na resistência à fadiga e apresentou menor propensão a trincas em esmalte geradas pela contração de polimerização, quando comparada a restaurações de resina composta convencionais. As bases reforçadas por fibras também não interferiram na resistência à fadiga, mas parecem influenciar positivamente no modo de fratura. Todas as técnicas restauradoras alcançaram excelentes resultados sob fadiga em cargas mastigatórias fisiológicas, e especula-se que os *inlays* de CAD/CAM podem ser indicados para pacientes que apresentem altas cargas mastigatórias.

Palavras-chave: Resinas compostas. Projeto auxiliado por Computador. Cimentos de ionômero de vidro. Fibra de polietileno. Estresse mecânico. Transiluminação.

BATALHA SILVA, Silvana. **Fatigue resistance and crack propensity of extra-large composite resin restorations in posterior teeth.** 2011. Thesis (PhD in Dentistry, Operative Dentistry) – Graduate Program in Dentistry. Federal Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

## ABSTRACT

Objectives: this *in vitro* study compared the influence of various composite resin restorative techniques (CAD/CAM inlays vs. direct composite restorations as well as indicated variations to minimize polymerization shrinkage) for large MOD defects and its effect on the crack propensity and *in vitro* accelerated fatigue resistance.

Methods: a standardized MOD slot-type tooth preparation was applied to 92 extracted maxillary molars (5 mm depth and 5 mm bucco-palatal width). Teeth were randomly distributed in 6 restorative groups (n=15): composite inlays with Paradigm MZ100 fabricated in CEREC 3 (MZ100 group); incremental and conventional composite resin restoration with Miris 2 (M2 group); a modified closed sandwich restoration called "super closed" sandwich technique with 2 different bases (glass ionomer cement (GIC) with Ketac Molar – KM group –, and a resin modified GIC with Fuji II LC – FJ group); a fiber reinforced restorations with 2 different placement techniques of Ribbond polyethylene fiber base (a single fiber piece – BD group – and multiple smaller pieces – WP group). Two specimens of MZ100 group were only used as a guide to copy occlusal anatomy while layering direct restorations. Cracks induced by polymerization shrinkage were tracked with photography and transillumination, and were classified according to their severity (more or less than 3 mm). Cyclic isometric chewing (5 Hz) was simulated, starting with a load of 200 N (5,000 cycles), followed by stages of 400, 600, 800, 1,000, 1,200 and 1,400 N at a maximum of 30,000 cycles each. Samples were loaded until fracture or to a maximum of 185,000 cycles. Groups were compared using the Kaplan-Meier life table survival analysis ( $\alpha=.008$ , Bonferroni-method).

Results: MZ100 group was the only group to survive 100%, with statistical difference from other groups ( $P<.001$ ). There were no significant differences among direct techniques, nevertheless FJ had higher survival (40%, vs. 13% for M2, 20% for KM, 7% for BD and 27% for WP). Most of failures were re-restorable, with more catastrophic (below cemento-enamel junction – CEJ) in M2 and KM groups (3 specimens for each). No failures below CEJ were found in WP group. MZ100 had almost no crack propensity (only 1 minor cracking, less than 3 mm); and KM presented the lower occurrence of induced cracks in direct techniques

(67% of free cracks samples, vs. 60% for FJ, 46% for BD and 33% for WP), with higher severity in M2 group.

Conclusions: CAD/CAM inlays increased the accelerated fatigue resistance and decreased the crack propensity when compared to direct restorations. Inclusion of GIC/RMGIC bases did not affect their fatigue strength and tend to decrease the shrinkage-induced enamel crack propensity. Fiber-reinforced bases also did not affect their fatigue strength but seem to positively influence the failure mode. All technique restorations yielded excellent fatigue results at physiological masticatory loads, and CAD/CAM inlays may be extended even to high-load patients.

Keywords: Composite resins. Computer-aided design. Glass Ionomer Cements. Polyethylene fiber. Stress, Mechanical. Transillumination.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – (A) Molares superiores extraídos selecionados com dimensões e formatos similares. (B) Avaliação de defeitos estruturais por meio da transiluminação. (C) Dispositivos de montagem contendo resina acrílica. (D) Espécime montado. ....32
- Figura 2 – Protocolo de registro fotográfico com flash. (A) Face oclusal, (B) vestibular, (C) palatina, (D) mesial e (E) distal. ....33
- Figura 3 – Protocolo de registro fotográfico com transiluminação do mesmo espécime da Figura 1. A fonte de luz é movida em todos os ângulos na busca por trincas. (A-D) Face oclusal, (E-G) vestibular, (H-J) palatina, (K-M) mesial e (N-P) distal. ....33
- Figura 4 – Preparo MOD padronizado e suas medidas correspondentes. (A) Todas as cavidades apresentavam 5 mm de largura no sentido vestibulopalatal e (B) 5 mm de profundidade em relação ao topo das cúspides. ....35
- Figura 5 – Procedimentos adesivos para o SDI. (A) Condicionamento ácido da dentina por 15 s. (B) Aplicação do *primer* na dentina (frasco 1). (C) Aplicação do adesivo na dentina (frasco 2). (D) Camada de adesivo fotopolimerizada. (E) Remoção cuidadosa do adesivo sobre o esmalte. (F) SDI finalizado. ....38
- Figura 6 – Confeção e preparo dos *inlays* para cimentação. (A) Pulverização com pó reflexivo de dióxido de titânio para escaneamento óptico. (B) Bloco de resina MZ100 após usinagem. (C) *Inlay* após acabamento. (D) Jateamento da parte interna com óxido de alumínio de 27 micra. (E) Limpeza com ácido fosfórico a 35% por 1 min. (F) Lavagem sob água corrente para remoção do condicionamento ácido. (G) *Inlay* submerso em água destilada sob ação de banho ultrassônico. (H) Aplicação de silano. ....39
- Figura 7 – Preparo do remanescente dental para cimentação. (A) Aspecto do preparo cavitário após microjateamento com óxido de alumínio a 27 micra. (B) Condicionamento ácido por 30 s. (C) Aspecto do preparo cavitário após o enxágue e secagem com jatos de ar. O esmalte apresenta o aspecto branco opaco característico do condicionamento ácido. (D) Aplicação de uma camada de adesivo (frasco 2) na porção interna do *inlay*, que não foi polimerizada antes da cimentação. (E) Assentamento da restauração juntamente com a resina composta (Z100) preaquecida fazendo o papel de agente cimentante. ....41
- Figura 8 – Procedimentos restauradores do grupo M2. (A) Preparo concluído. (B) Camada de adesivo polimerizada. (C) Cristas marginais reconstruídas com massas de dentina e esmalte. (D) Primeira camada de dentina no fundo da cavidade. (E)

Segunda camada de dentina. (F) Restauração finalizada com a última camada de resina para esmalte e acabamento inicial. ....	43
Figura 9 – Sequência restauradora do grupo KM. (A) Camada de adesivo aplicada e polimerizada. (B) Paredes proximais reconstruídas formando uma cavidade classe I. (C) Base de Ketac Molar ocupando 50% da cavidade. (D) Uma segunda camada de adesivo foi aplicada sobre a base de CIV e fotopolimerizada. (E) Restauração incremental com massa para dentina S2. (F) Restauração sanduíche superfechado finalizada. ....	45
Figura 10 – Ativação e preparo da cápsula de Ketac Molar. (A e B) Rompimento da barreira interna que permite a mistura do pó e do líquido de CIV no interior da cápsula. (C) Cápsula adaptada ao Rotomix para completar e homogeneizar a mistura. (D) Após a mistura, a cápsula é acoplada a uma pistola para aplicação na restauração sanduíche. ....	46
Figura 11 – Sequência restauradora do grupo FJ. (A) Cápsula de Fuji II LC. (B) Base de CIVMR aplicada no fundo da cavidade, ocupando 50% do preparo. (C) Segunda camada de adesivo fotopolimerizada sobre a base. (D) Incrementos de resina para dentina S2. (E) Restauração sanduíche fechado finalizada. ....	48
Figura 12 – Sequência restauradora do Grupo BD. (A) Pré-impregnação da tira de fibra com agente resinoso sem carga. (B) Resina composta para fixação da fibra posicionada no fundo da cavidade. (C) Adaptação da tira de fibra em "U", no sentido vestibulopalatal. (D) O conjunto resina–fibra foi adaptado o mais próximo possível da dentina e fotoativado posteriormente. (E) Aplicação do adesivo sobre a base reforçada por fibra. (F e G) Restauração incremental com massas de dentina e esmalte, seguindo os <i>inlays</i> -modelo. (H) Restauração do grupo BD finalizada. ....	50
Figura 13 – Sequência restauradora do grupo WP. (A) Resina composta para fixação da fibra posicionada no fundo da cavidade. (B) Esquema representativo da localização das porções de fibra. (C) Fragmentos de fibras posicionados o mais próximo possível das paredes da cavidade. (D) Aplicação do adesivo sobre a base reforçada por fibra. (E) Restauração incremental com massas de dentina e esmalte, seguindo os <i>inlays</i> -modelo. (F) Restauração do grupo WP finalizada. ....	52
Figura 14 – (A) Esferas de resina composta Z100 fabricadas para cada espécime no teste de fadiga. (B) Posicionamento do espécime em relação à esfera antagonista de resina unida à haste. (C) Teste de fadiga com espécime submerso em água destilada. ....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>2 MATERIAIS E MÉTODO.....</b>	<b>31</b>
2.1 Seleção dos dentes e montagem dos espécimes.....	31
2.2 Detecção e localização de trincas.....	32
2.3 Preparo dental .....	35
2.4 Grupos Restauradores .....	35
2.4.1 Grupo MZ100.....	36
2.4.2 Grupo M2.....	41
2.4.3 Grupo KM.....	44
2.4.4 Grupo FJ.....	47
2.4.5 Grupo BD.....	49
2.4.6 Grupo WP.....	51
2.5 Teste de fadiga.....	53
2.6 Análise estatística .....	54
<b>ARTIGO I .....</b>	<b>55</b>
<b>ARTIGO II .....</b>	<b>81</b>
<b>ARTIGO III .....</b>	<b>107</b>
<b>REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO E DE MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>131</b>
<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>137</b>
<b>APÊNDICE B – RESULTADOS POR GRUPO.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS – UFSC.....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS – USC.....</b>	<b>145</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A restauração de dentes posteriores amplamente destruídos é um desafio cotidiano nos consultórios odontológicos. O primeiro desafio é o de restabelecer a sua resistência estrutural diante das fortes cargas oclusais resultantes da função mastigatória. Associado a isso, é necessário restaurá-los de forma a minimizar os efeitos da contração de polimerização quando da utilização de materiais resinosos de uso direto, principalmente em remanescentes dentais fragilizados.

A resina composta tem se tornado um material cada vez mais popular. Parte disso deve-se à sua versatilidade, pois permite maior conservação de tecido dental, a restauração é finalizada em sessão única, tem menor custo e proporciona propriedades estéticas bastante aceitáveis. Embora a indicação inicial para esse material seja a de restaurar cavidades pequenas a médias (DA ROSA et al., 2006; DIETSCHI; MAGNE; HOLZ, 1994), alguns a têm estendido também para cavidades amplas com altas taxas de sucesso clínico (OPDAM et al., 2010). Provavelmente, essa melhor performance das resinas compostas atuais se deva ao aperfeiçoamento das formulações da matriz resinosa e das cargas inorgânicas. Essa evolução iniciou-se quando o tamanho das partículas de carga foi diminuído continuamente, partindo das macropartículas (até 40  $\mu\text{m}$ ) até as dimensões nanométricas encontradas atualmente. A evolução dos sistemas adesivos também acrescenta valor a essa equação. Hoje é possível obter adesão à dentina de forma muito mais eficiente do que no passado, graças à tecnologia dos *primers*, tanto aqueles aplicados após o condicionamento ácido quanto os ácidos, ou seja, pertencentes aos sistemas autocondicionantes. A complexidade da adesão à dentina consiste em combinar a adesão úmida, realizada nas fibras colágenas da dentina, com a adesão hidrofóbica, desempenhada no esmalte e na resina sobreposta. A "construção" da camada híbrida na dentina pode ser apreciada como uma engenharia tecidual, pois cria um novo, avançado e multifuncional arranjo que pode ser preparado na superfície dental em apenas poucos minutos, criando numerosas novas opções restauradoras (NAKABAYASHI; PASHLEY, 2000).

Entretanto, um dos maiores desafios de uma camada híbrida estável é suportar o estresse gerado a partir da contração de polimerização. Se a interface adesiva não está suficientemente bem estabelecida para vencer esse estresse, haverá a formação de fendas ou a ruptura da união, comprometendo o selamento restaurador e diminuindo a resistência adesiva (DAVIDSON; DE GEE, 1984; DAVIDSON; DE GEE; FEILZER, 1984; FEILZER; DE GEE;

DAVIDSON, 1987). Por outro lado, o uso de sistemas adesivos mais confiáveis desloca a dificuldade para um outro ponto, pois, definitivamente, o material resinoso não deixa de sofrer contração quando polimeriza. A camada híbrida permanece intacta, mas o estresse gerado é transmitido ao remanescente dental, causando deformação e movimentação das cúspides, com predisposição à formação e à propagação de trincas horizontais na base das cúspides. Isso só ocorre quando os procedimentos adesivos foram bem-sucedidos na estrutura dental (CLARK; SHEETS; PAQUETTE, 2003; HAN et al., 2005; KREJCI; STAVRIDAKIS, 2000; MAGNE et al., 2008; SULIMAN; BOYER; LAKES, 1993; TANTBIROJN et al., 2004; VERSLUIS et al., 2004; YAMAMOTO et al., 2009).

Cavidades amplas restauradas com resina composta direta representam uma tríade desfavorável: excessivo volume de resina composta a ser preenchido, fator de configuração cavitária desafiador e pouco remanescente dental. A contração de um material resinoso pode ser influenciada por inúmeros fatores. Sendo a contração de polimerização um valor percentual, quanto maior a quantidade de resina composta necessária para restaurar um dente, maior será o seu volume de contração. Aliado a isso, cavidades com alto Fator-C resultam em incrementos de resina com menor área livre disponível para deformação e escoamento da resina composta (FEILZER; DE GEE; DAVIDSON, 1987; NIKOLAENKO et al., 2004). A magnitude do estresse de contração é também dependente da natureza da resina composta, principalmente suas propriedades viscoelásticas, pois quanto maior é o módulo de elasticidade do material, menor é a sua capacidade de deformar-se sob tensões, afetando a interface adesiva e resultando em sensibilidade pós-operatória e pobre qualidade das margens (DAUVILLIER et al., 2000; DAVIDSON; FEILZER, 1997; WILLEMS et al., 1992). Dentes amplamente destruídos, especialmente aqueles com perda das cristas marginais, possuem menor resistência e rigidez, sofrendo ainda mais as consequências da contração de polimerização. O estresse residual, que numa cavidade do tipo classe I se concentra mais na interface adesiva, passa a concentrar-se no remanescente dental em cavidades MOD amplas, especialmente na base das cúspides (TANTBIROJN et al., 2004; VERSLUIS et al., 2004). Coincidentemente, é a área na qual se observam, sob transiluminação, trincas horizontais geradas pela contração da resina composta (CLARK; SHEETS; PAQUETTE, 2003; HAN et al., 2005; KREJCI; STAVRIDAKIS, 2000; MAGNE et al., 2008; SULIMAN; BOYER; LAKES, 1993; YAMAMOTO et al., 2009).

Dentre as alternativas restauradoras indicadas para minimizar os efeitos da contração dos materiais resinosos diretos, estão as restaurações sanduíche. Elas constituem-se em uma base de cimento de ionômero de vidro (CIV) como substituto da dentina combinada à resina composta como cobertura da restauração, fazendo o papel de "esmalte". Foram introduzidas nos anos 1970 e representaram uma alternativa valiosa para solucionar o problema da contração de polimerização e da pobre adesão à dentina encontrada nas primeiras formulações de adesivos. Com o menor volume de resina composta, a contração de polimerização é diminuída, assim como o *stress* residual, proporcionando melhor selamento marginal e maior estabilidade cuspidéa. Na sua versão aberta, o CIV permanece exposto na margem cervical, localização essa de particular importância porque esse material tem a capacidade de liberar flúor e inibir a desmineralização dos tecidos circundantes à restauração. No entanto, avaliações clínicas dessa modalidade restauradora com CIVs convencionais demonstraram baixa taxa de sucesso clínico e, por isso, essa modalidade passou a não ser recomendada por alguns autores (VAN DIJKEN, 1994; WELBURY, MURRAY, 1990). A razão reside no fato de o CIV ser altamente suscetível à contaminação por umidade logo após a sua manipulação e sofrer dissolução progressiva. Além disso, o CIV convencional também exibe baixa resistência flexural se comparado à resina composta, contribuindo para a ocorrência das fraturas encontradas no grupo de restaurações sanduíche aberto (VAN DIJKEN, 1994). Isso levou o CIV a ser substituído por CIV modificado por resina (CIVMR), que resultou em maior sucesso clínico das restaurações sanduíche (DIETRICH et al., 1999; FRIEDL et al., 1997; KOUBI et al., 2010; LOGUERCIO et al., 2002). As versões abertas com CIVMR alcançaram resultados similares a restaurações diretas de resina composta após nove anos de avaliação (LINDBERG; VAN DIJKEN; LINDBERG, 2007; VILKINIS; HÖRSTED-BINDSLEV; BAELUM, 2000), aliada à baixa ocorrência de sensibilidade pós-operatória e à menor recorrência de cárie (VAN DIJKEN; KIERI; CARLÉN, 1999).

Na versão fechada da restauração sanduíche, a base de CIV ou CIVMR é totalmente confinada dentro do preparo cavitário e não se estende para as margens. Van Dijken (1994) demonstrou, em uma investigação clínica de seis anos, a superioridade dos sanduíches fechados, mesmo com o uso de CIV convencional, comparados com restaurações sanduíche aberto, que necessitaram de substituição em 75% dos casos. Os CIVs são suscetíveis tanto ao excesso quanto à falta de água, e não é rara a formação de rachaduras quando utilizados como base restauradora, geradas como consequência da desidratação antes dos procedimentos adesivos. Essas fendas também podem

ser resultado da alta viscosidade do CIV e do CIVMR, quando comparado com os sistemas adesivos, que apresentam ótima fluidez e íntimo contato com a dentina (ALOMARI; REINHARDT; BOYER, 2001). Portanto, uma evolução lógica da técnica seria aplicar o sistema adesivo antes da confecção da base de CIV e CIVMR (FRITZ; FINGER; UNO, 1996). Neste presente estudo, dois grupos experimentais foram restaurados dessa forma, com a pré-hibridização dos tecidos dentais antes da aplicação da base restauradora no fundo da cavidade. As bases de CIV e CIVMR permaneceram encapsuladas no interior da restauração, cuja técnica denominou-se de sanduíche "superfechado". As possíveis vantagens seriam menor contração de polimerização, maior resistência de união, menor microinfiltração, haja vista que o esmalte e a dentina são selados pelo sistema adesivo, e maior proteção da camada adesiva, pois há o isolamento e a separação dessa interface em relação ao material resinoso acima sobreposto, que sofre contração.

Outra escolha restauradora que alia a facilidade de uso das resinas compostas diretas à possível diminuição dos estresses da polimerização é a inclusão de fibras no interior das amplas restaurações de resina composta (AKMAN et al., 2011; BELLI et al., 2005; BELLI; DÖNMEZ; ESKITAŞCIOĞLU, 2006; BELLI; ERDEMİR; YILDIRIM, 2006; BELLI et al., 2006; BELLI et al., 2007; COBANKARA et al., 2008; DELIPERI, 2008; DELIPERI; BARDWELL, 2009; FENNIS et al., 2005). Dependendo de sua localização e orientação, a inclusão de fibras influencia na distribuição das cargas aplicadas sobre o material restaurador, cessando, reduzindo ou redirecionando a propagação de fraturas. Isso é particularmente importante nos casos de remanescentes dentais fragilizados, em que é interessante adiar o estabelecimento de restaurações indiretas, tanto em virtude de seu custo como da indicação a pacientes muito jovens, por exemplo. A esse efeito modificador da propagação dos estresses têm sido atribuídos a redução dos efeitos nocivos do alto Fator-C (BELLI; DÖNMEZ; ESKITAŞCIOĞLU, 2006), o aumento da resistência à fratura (BELLI et al., 2005) e a prevenção das falhas catastróficas ou não restauráveis (FENNIS et al., 2005). Entretanto, a quantidade de estudos científicos que aliam resina composta e fibras como solução para cavidades amplas é escassa, e a maioria avaliou dentes tratados endodonticamente. Embora úteis, esses estudos não podem ser conclusivos se estamos diante de preparos extensos em dentes vitais, pois a ausência do teto da câmara pulpar proporciona um comportamento mecânico completamente diverso em relação aos não tratados com endodontia. Outra dificuldade é não haver protocolo que determine o tipo de fibra, a localização e o processo de impregnação mais indicado.

Diante desses fatos, o objetivo deste trabalho foi buscar alternativas restauradoras diretas que fornecessem resistência mecânica e, ao mesmo tempo, minimizassem os danos causados pela contração de polimerização, em que pesem as restaurações indiretas serem consideradas o padrão ouro para reabilitar amplas cavidades. Essa busca foi inspirada por inúmeras razões. As restaurações diretas preservam mais estrutura dental, são finalizadas em uma única sessão, dispensam o trabalho de um laboratório de prótese, não dependem de equipamentos sofisticados e, por conseguinte, são menos onerosas ao paciente. Portanto, delineou-se um estudo laboratorial que avaliou a resistência à fadiga acelerada e a propensão a trincas de seis formas diferentes de restauração de cavidades amplas MOD em dentes posteriores com resina composta: *inlays* de resina composta desenhados e fabricados por computador, resina composta direta convencional, restaurações sanduíche "superfechado" com diferentes bases (CIV e CIVMR); e duas técnicas diversas de aplicação de fibras de polietileno associadas com resina composta.

Neste estudo, realizou-se um diminuto bisel nos ângulos cervicais e ascendentes proximais, e isso tem sido recomendado na literatura como forma de diminuir a microinfiltração, proporcionar uma melhor continuidade das margens, evitar microfaturas no esmalte e aumentar a resistência da restauração a fraturas (COELHO DE SOUZA et al., 2010; OPDAM et al., 1998; SCHMIDLIN et al., 2007). No entanto, o mesmo tratamento das margens não apresenta nenhuma vantagem quando realizado no ângulo cavossuperficial oclusal, segundo dados observados por Isenberg e Leinfelder (1990) em um estudo clínico. Coelho de Souza et al. (2008) observaram *in vitro* que margens biseladas em preparos MOD restaurados com resina composta apresentaram menos fendas na interface adesiva após termociclagem e seis meses de armazenamento em água, quando comparados a margens sem bisel, além de proporcionar maior resistência à fratura. Essa vantagem reside no fato de que o bisel corta os prismas de esmalte, apresentando-os no sentido transversal e produzindo uma superfície mais favorável para o condicionamento ácido e os procedimentos adesivos (MUNECHIKA et al., 1984). A única desvantagem dessa técnica é a remoção adicional de uma porção de esmalte sadio do ângulo cavossuperficial, porém essa é compensada pela maior longevidade das margens da restauração (COELHO DE SOUZA et al., 2008).

Devido à grande extensão de questões a serem discutidas neste único trabalho de tese, os dados gerados foram distribuídos e apresentados em três artigos que serão submetidos à publicação. Essa divisão buscou organizar e propiciar um melhor entendimento e discussão dos tópicos. É importante

realçar que, embora os dados estejam separados em três artigos, todos os grupos experimentais foram realizados pela mesma operadora, sob as mesmas condições de padronização e em um mesmo momento. A metodologia de todos os grupos e procedimentos está descrita detalhadamente, em separado, no tópico a seguir.

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

### 2.1 SELEÇÃO DOS DENTES E MONTAGEM DOS ESPÉCIMES

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (Anexo A – Processo nº 890/10) e pelo Comitê de Ética da University of Southern California – USC, EUA (Anexo B). Os voluntários ou seus responsáveis foram informados detalhadamente sobre o estudo e receberam e assinaram o Termo de Doação do Órgão Dental (Apêndice A), sob orientação da Resolução nº 196, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisas (Conep, Ministério da Saúde, Brasília, Brasil). Noventa e dois terceiros molares superiores humanos extraídos, hígidos, com dimensões e formatos similares foram selecionados (Figura 1-A). Esses mesmos molares foram raspados, limpos e examinados sob transiluminação (Microlux, Addent, Danbury, CT, EUA) para a certificação de que estavam livres de trincas ou defeitos estruturais (Figura 1-B), e, posteriormente, permaneceram armazenados em uma solução de timol a 0,1%. Cada dente foi montado em um dispositivo especial preenchido com resina acrílica (Palapress, Heraeus Kulzer GmbH, Dormagen, Alemanha), envolvendo as raízes até 3 mm abaixo da junção cimento-esmalte (JCE), com o objetivo de estabilizar o dente e facilitar sua manipulação durante o experimento (Figuras 3-C e 3-D).

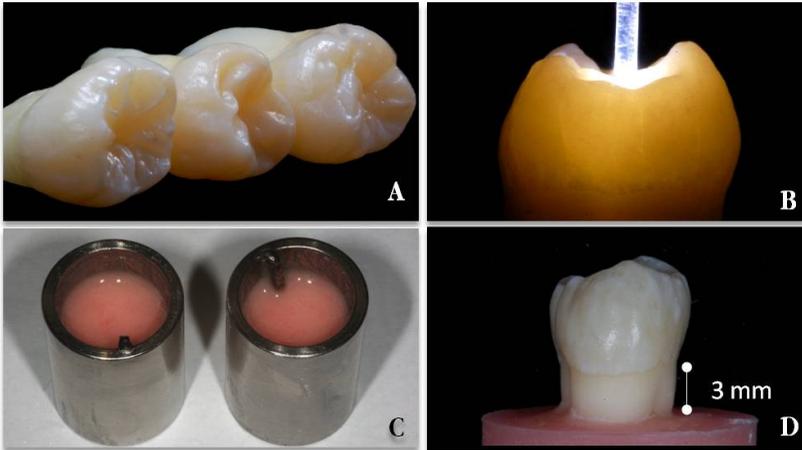


Figura 1 – (A) Molares superiores extraídos selecionados com dimensões e formatos similares. (B) Avaliação de defeitos estruturais por meio da transiluminação. (C) Dispositivos de montagem contendo resina acrílica. (D) Espécime montado.

## 2.2 DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE TRINCAS

Um "mapa" de localização de trincas foi realizado em vários estágios do estudo: antes do preparo dental, após o preparo dental, após uma semana de armazenamento do dente restaurado e ao final de cada ciclo de fadiga, utilizando-se de transiluminação. Cada espécime teve sua face dental fotografada sob condições padronizadas de iluminação e a 2,8:1 de magnificação (Nikon D50 e lentes macro Sigma 105 mm). As Figuras 2 e 3 exibem o protocolo de fotografias com *flash* e transiluminação realizado em cada momento do estudo. Em casos de dúvida, cada espécime foi avaliado por dois examinadores e ainda sob microscópio ótico a 10:1 de aumento (Leica MZ 125, Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha). Atenção especial foi dispensada na diferenciação entre trincas preexistentes daquelas criadas pela contração de polimerização. Com a observação de diferentes tamanhos de trincas, uma classificação com três categorias foi criada: a) sem trincas visíveis; b) trincas visíveis menores que 3 mm; e c) trincas visíveis maiores que 3 mm.



Fig. 2. Protocolo de registro fotográfico com *flasb*. (A) Face oclusal, (B) vestibular, (C) palatina, (D) mesial e (E) distal.

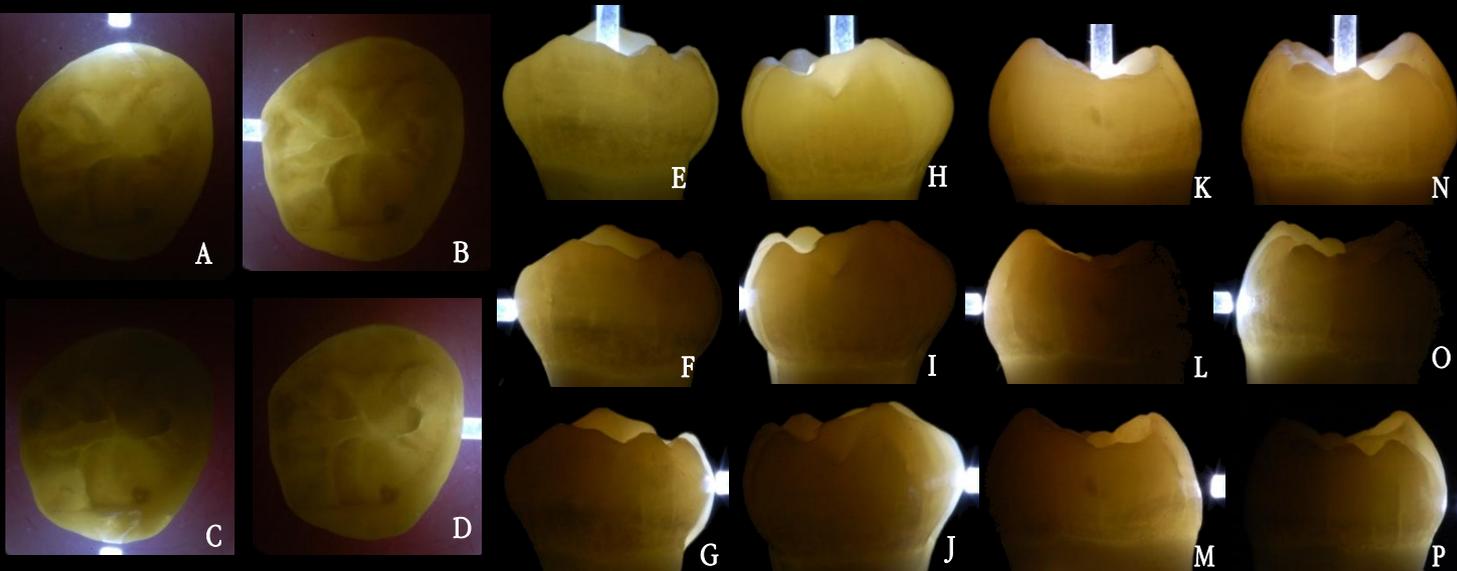


Fig. 3 Protocolo de registro fotográfico com transiluminação do mesmo espécime da Figura 2. A fonte de luz é movida em todos os ângulos na busca por trincas. (A-D) face oclusal, (E-G) vestibular, (H-J) palatina, (K-M) mesial e (N-P) distal.



### 2.3 PREPARO DENTAL

Os espécimes montados e registrados por meio de fotografias foram aleatoriamente divididos em seis grupos e identificados. Os preparos padronizados buscaram simular a substituição de restaurações amplas. Para esse propósito, pontas diamantadas tronco cônicas (131.029 e 314.021, Brasseler, Savannah, GA, EUA) foram utilizadas com motor em alta rotação, sob irrigação constante com água, para preparar uma cavidade ampla, mesioclusodistal (MOD) do tipo *slot* (sem caixas proximais), com 5 mm de profundidade em relação ao topo das cúspides e 5 mm de largura no sentido vestibulolingual (Figuras 4-A e 4-B). O próximo passo foi a realização de um pequeno bisel de cerca de 0,5 a 1 mm, a 45° nos ângulos cervicais e proximais ascendentes, utilizando-se uma ponta diamantada de granulação fina em forma de chama estreita (274, 011904U0, Brasseler), exceto no grupo de restaurações indiretas MZ100.

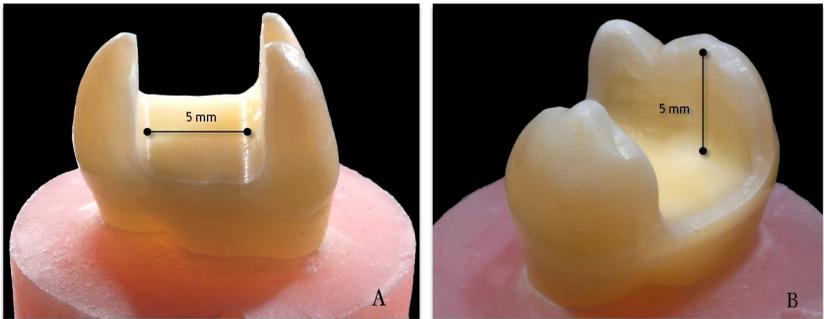


Figura 4 – Preparo MOD padronizado e suas medidas correspondentes. (A) Todas as cavidades apresentavam 5 mm de largura no sentido vestibulopalatal e (B) 5 mm de profundidade em relação ao topo das cúspides.

### 2.4 GRUPOS RESTAURADORES

Dois dentes foram restaurados por dia, seguindo a sequência dos grupos. Cada grupo experimental continha 15 dentes, divididos aleatoriamente em seis grupos (Tabela 1):

- MZ100 – *inlay* de resina composta Paradigm MZ100 (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), desenhado e usinado pelo sistema CAD/CAM e Cerec 3 (Sirona Dental Systems, Alemanha);
- M2 – restauração de resina composta direta Miris 2 (Coltène/Whaledent, Altstätten, Suíça) tradicional;
- KM – restaurações sanduíche "superfechado" com base de cimento de ionômero de vidro convencional (CIV) (Ketac Molar Quick, 3M ESPE) cobertas com resina composta Miris 2;
- FJ – restaurações sanduíche "superfechado" com base de CIV modificado por resina (CIVMR) (Fuji II LC, GC Corporation, Tóquio, Japão) cobertas com resina composta Miris 2;
- BD ("Band-Aid") – restaurações de resina composta Miris 2, executadas sob uma base reforçada pela inclusão de uma tira de fibra de polietileno (Ribbond-THM, Seattle, WA, EUA); e
- WP ("wall papering") – restaurações de resina composta Miris 2, executadas sob uma base reforçada pela inclusão de múltiplos pedaços de fibra de polietileno (Ribbond-THM, EUA).

Tabela 1 – Distribuição dos grupos

GRUPO	n	TÉCNICA	BASE	MATERIAL DE COBERTURA
MZ100	15	Indireta	Selamento dentinário imediato	Paradigm MZ100
M2	15	Direta	---	Miris 2
KM	15	Direta	CIV – Ketac Molar	Miris 2
FJ	15	Direta	CIVMR – Fuji II LC	Miris 2
BD	15	Direta	Ribbond "Band-Aid"	Miris 2
WP	15	Direta	Ribbond "wall papering"	Miris 2

#### 2.4.1 Grupo MZ100

Os espécimes deste grupo receberam selamento dentinário imediato (SDI) na dentina recém-cortada, utilizando-se um sistema adesivo de condicionamento ácido total de três passos (Optibond FL, Kerr, Orange, CA, EUA). Essa abordagem buscou separar a adesão em dois períodos. A primeira etapa é dedicada à dentina recém-cortada, ou seja, toma-se cautela com a manutenção da umidade do tecido por meio do *primer* e sela-se a porção "mais orgânica" do dente com adesivo. Em uma segunda etapa no momento da cimentação, a finalização do procedimento adesivo se dá no esmalte e na

dentina já coberta com adesivo, ou melhor, neste passo da adesão não há preocupação em manter a umidade dos tecidos dentais. A execução do SDI seguiu protocolos previamente publicados (MAGNE et al., 2007; MAGNE et al., 2010; MAGNE; KNEZEVIC, 2009; SCHLICHTING et al., 2011) e as recomendações do fabricante: condicionamento da porção dentinária (Figura 5-A) com ácido fosfórico a 35% por 15 s (Ultraetch, Ultradent, South Jordan, UT, EUA), enxágue abundante com água por 30 s, secagem cuidadosa da dentina por 3 a 5 s com jatos de ar, tomando-se cuidado para não desidratar demasiadamente o tecido, aplicação do *primer* (Optibond FL, frasco 1) com microaplicador sobre a dentina por 15 s (Figura 5-B), secagem com jato de ar por 3 a 5 s e aplicação uniforme do adesivo (frasco 2) apenas na dentina (Figura 5-C). Essa camada de adesivo foi fotoativada (Figura 5-D) por 20 s a  $1.000 \text{ mW/cm}^2$  (Valo, Ultradent), seguida por uma ativação adicional de 10 s sob uma barreira de gel bloqueador de oxigênio (KY Jelly, Johnson & Johnson, Montreal, Canadá). Os excessos de adesivo que, por ventura, escorreram em direção ao esmalte foram removidos com uma ponta diamantada esférica, sob baixa rotação (1.500 rpm), deixando o esmalte livre para os procedimentos de cimentação na segunda etapa (Figuras 5-E e 5-F), e, em seguida, os dentes foram armazenados em água destilada por 24 horas.

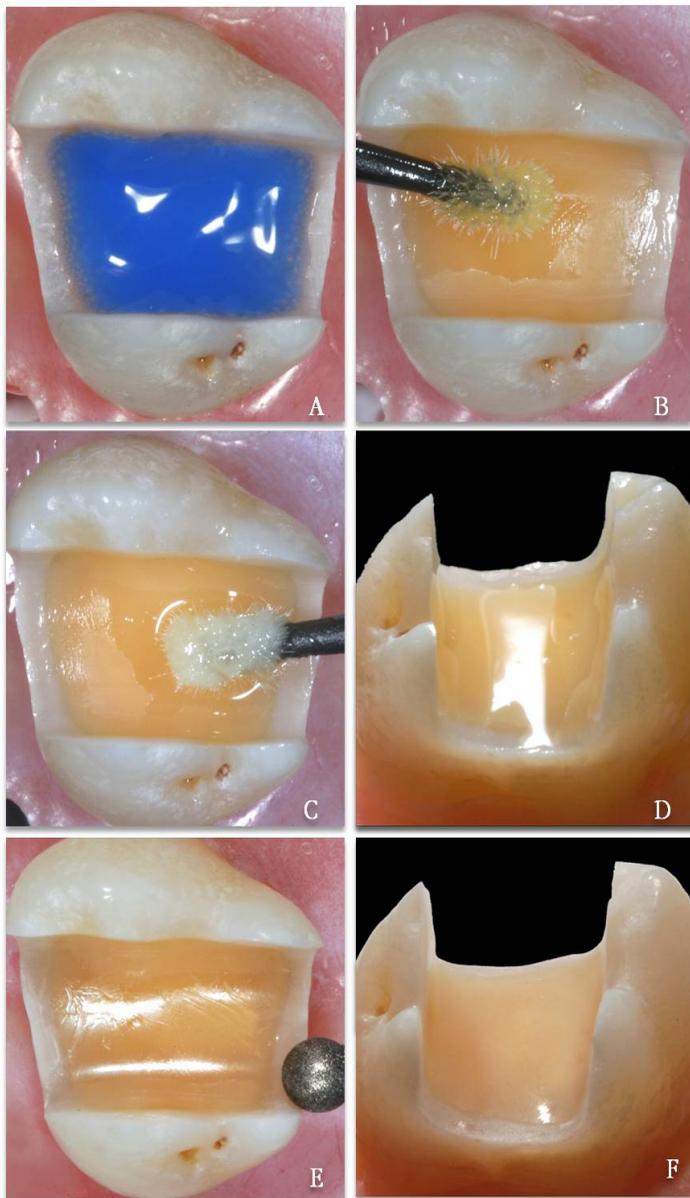


Figura 5 – Procedimentos adesivos para o SDI. (A) Condicionamento ácido da dentina por 15 s. (B) Aplicação do *primer* na dentina (frasco 1). (C) Aplicação do adesivo na dentina (frasco 2). (D) Camada de adesivo fotopolimerizada. (E) Remoção cuidadosa do adesivo sobre o esmalte. (F) SDI finalizado.

Os *inlays* foram confeccionados utilizando-se o sistema CAD/CAM Cerec 3 (versão 3.03, Sirona Dental Systems). Para a moldagem óptica, os preparos foram pulverizados com pó de dióxido de titânio (Cerec Powder, Vita-Zahnfabrik, Alemanha), que permitiram a visualização do preparo por reflexão, através da câmera 3D (Figura 6-A). Com o objetivo de padronizar a forma e a anatomia dos *inlays*, o desenho original da restauração não foi editado, apenas as ferramentas de posicionamento foram utilizadas para assegurar uma espessura de cerca de 3,5 mm no sulco principal (fase CAD). As restaurações foram usinadas (fase CAM) em blocos de resina composta Paradigm MZ100 (3M ESPE, tamanho 14) e polidas mecanicamente (kit 4477 Q-Polishing System, Komet, Lemgo, Alemanha) (Figuras 6-B e 6-C).

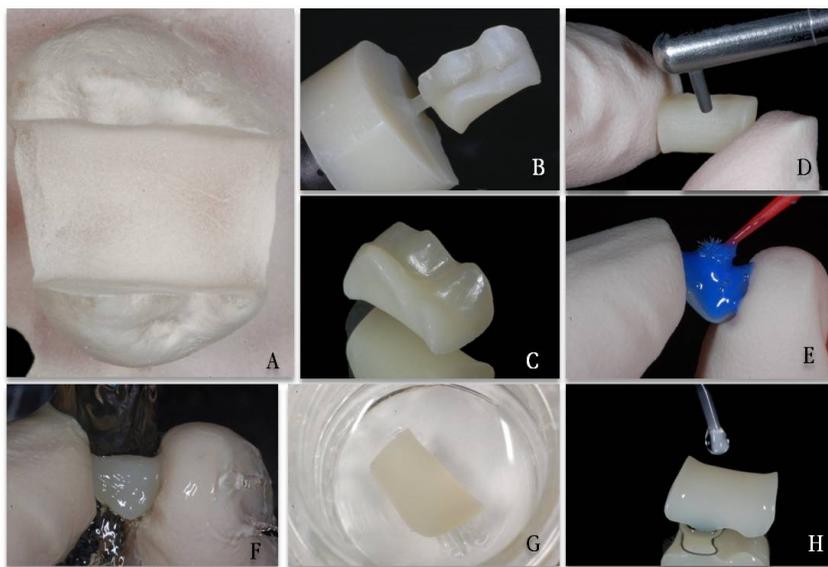


Figura 6 – Confeção e preparo dos *inlays* para cimentação. (A) Pulverização com pó reflexivo de dióxido de titânio para escaneamento óptico. (B) Bloco de resina MZ100 após usinagem. (C) *Inlay* após acabamento. (D) Jateamento da parte interna com óxido de alumínio de 27 micra. (E) Limpeza com ácido fosfórico a 35% por 1 min. (F) Lavagem sob água corrente para remoção do condicionamento ácido. (G) *Inlay* submerso em água destilada sob ação de banho ultrassônico. (H) Aplicação de silano.

Os procedimentos de cimentação iniciaram-se pelo tratamento da superfície interna das restaurações. Essas restaurações foram microjateadas (Rondoflex plus 360, KaVo Dental, Charlotte, NC, EUA) com óxido de alumínio a 27 micra, com uma pressão de 30 psi (Figura 6-D), seguidas por limpeza mecânica suave com ácido fosfórico a 35% (Ultra-etch, Ultradent) durante 1 min (Figura 6-E). Após enxágue com água por 30 s (Figura 6-F), os *inlays* foram imersos em água destilada e banho ultrassônico por 2,5 min (Figura 6-G), secos com jatos de ar, silanizados (Silane, Ultradent) (Figura 6-H) e secos em um forno de pós-polimerização a 100°C por 1 min (DI500 oven; Coltène AG, Alstätten, Suíça). Por sua vez, os preparos dentais receberam microabrasão com partículas de óxido de alumínio de 27 micra a uma pressão de 30 psi (Figura 7-A), condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 30 s (Figura 7-B) e, após enxágue abundante com água, foram secos com jatos de ar (Figura 7-C). O adesivo (frasco 2, Optibond FL) foi aplicado em ambas as superfícies adesivas (preparo dental e superfície interna do *inlay*) (Figura 7-D) sem aplicação da luz fotopolimerizadora e deixado à parte, protegido da luz ambiente. Uma resina composta (Filtek Z100; 3M-ESPE) foi utilizada como agente cimentante, preaquecida por 5 min a 68°C no Calset (Addent) e inserida no preparo dental. O *inlay* foi cuidadosamente assentado (Figura 7-E) e, após cuidadosa eliminação dos excessos de resina, cada superfície foi fotopolimerizada por 60 s (20 s por superfície, repetido três vezes) e mais 10 s sob uma barreira de gel boqueador de oxigênio. As margens receberam acabamento e polimento com pontas carbide de tungstênio e pontas polidoras diamantadas (kit 4477 Q-Polishing System, Komet). Dois dentes desse grupo (um molar superior do lado direito e outro do lado esquerdo) não foram utilizados no teste de fadiga, mas serviram como guia para a cópia da inclinação das cúspides e da anatomia oclusal nas restaurações de resina composta dos demais grupos.

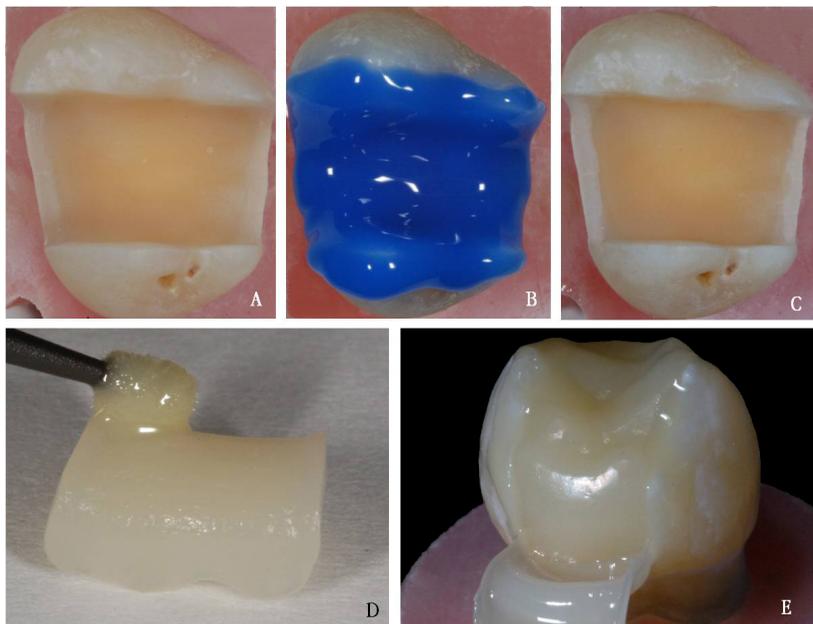


Figura 7 – Preparo do remanescente dental para cimentação. (A) Aspecto do preparo cavitário após microjateamento com óxido de alumínio a 27 micra. (B) Condicionamento ácido por 30 s. (C) Aspecto do preparo cavitário após o enxágue e secagem com jatos de ar. O esmalte apresenta o aspecto branco opaco característico do condicionamento ácido. (D) Aplicação de uma camada de adesivo (frasco 2) na porção interna do *inlay*, que não foi polimerizada antes da cimentação. (E) Assentamento da restauração juntamente com a resina composta (Z100) preaquecida fazendo o papel de agente cimentante.

#### 2.4.2 Grupo M2

O mesmo sistema adesivo (OptiBond FL) utilizado anteriormente foi aplicado no grupo M2, KM, FJ, BD e WP. Os procedimentos adesivos iniciaram-se pelo condicionamento ácido do esmalte por 30 s e da dentina por 15 s, seguidos por enxágue com água por 30 s. A dentina foi cuidadosamente seca com leves jatos de ar por 3 a 5 s, antes da aplicação do *primer* (frasco 1) com um microaplicador por 15 s. O adesivo foi aplicado em seguida, uniformemente, na dentina e no esmalte (Figura 8-B) e, posteriormente, fotoativado por 20 s. Seguindo a opacidade dos dentes naturais (massas de esmalte e de dentina), as restaurações foram confeccionadas em sete

incrementos. As paredes proximais foram reconstruídas horizontalmente, primeiro com um incremento de 2 mm de massa para dentina (Miris S2), seguido por outro incremento de mesma espessura de massa de esmalte (Miris NR) para a crista marginal (Figura 8-C). O restante da cavidade em formato classe I foi preenchido com dois incrementos horizontais de 1,5 mm de espessura com a mesma cor de dentina (Figuras 8-D e 8-E) e no topo mais um incremento de esmalte (Figura 8-F). Cuidado especial foi tomado no intuito de copiar a inclinação das cúspides e a anatomia oclusal dos *inlays* que serviram de referência. Cada incremento de resina foi fotoativado por 20 s a  $1.000 \text{ mW/cm}^2$  (Valo, Ultradent), e a fotoativação final foi realizada sob uma camada de gel bloqueador de oxigênio (KY Jelly, Johnson & Johnson) por 10 s. Os procedimentos de acabamento e polimento foram realizados da mesma forma que no grupo MZ100.

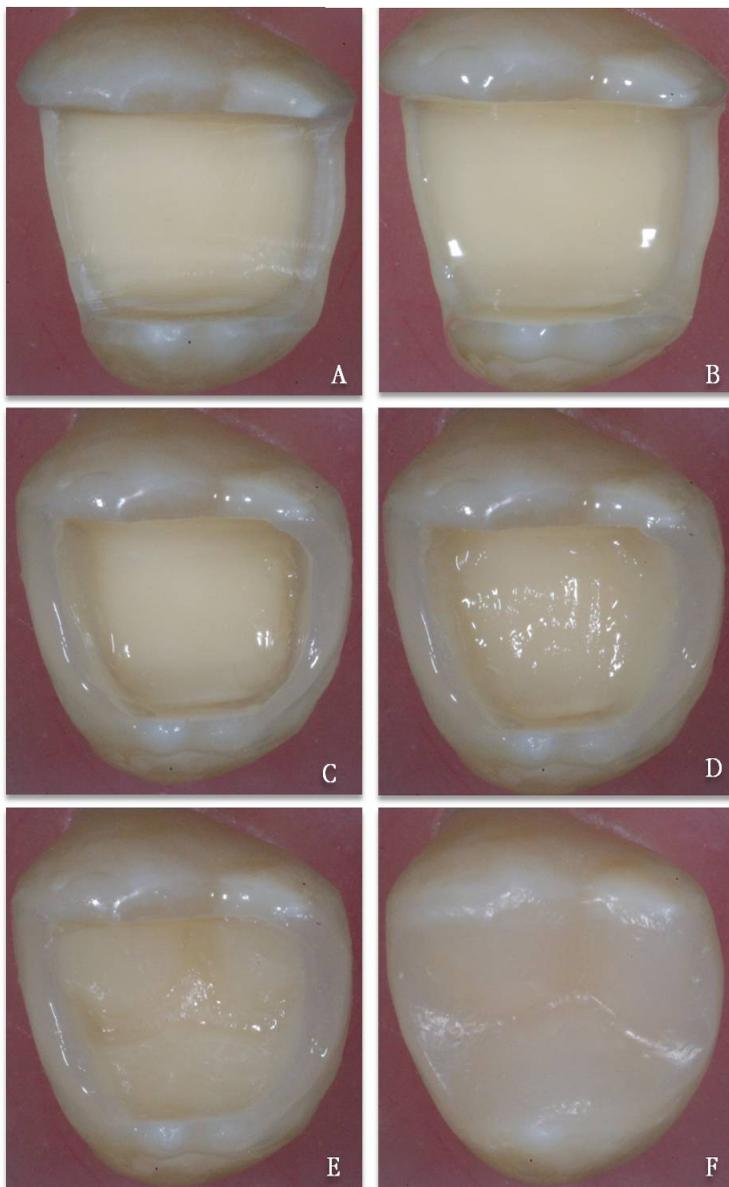


Figura 8 – Procedimentos restauradores do grupo M2. (A) Preparo concluído. (B) Camada de adesivo polimerizada. (C) Cristas marginais reconstruídas com massas de dentina e esmalte. (D) Primeira camada de dentina no fundo da cavidade. (E) Segunda camada de dentina. (F) Restauração finalizada com a última camada de resina para esmalte e acabamento inicial.

### 2.4.3 Grupo KM

Neste grupo, após a aplicação do sistema adesivo (Figura 9-A), as paredes proximais foram construídas com 2 mm de espessura de resina para dentina (Miris S2), seguidas por outro incremento de no máximo 2 mm de resina para esmalte (NR), fotopolimerizadas individualmente (Figura 9-B). As cápsulas do CIV convencional Ketac Molar Quick Aplicap possuem, no seu interior, o pó do ionômero de vidro (cálcio, lantânio e alumínio) e o líquido (água e ácidos policarboxílico e tartárico) pré-dosados na proporção de 3,4:1, porém separados individualmente por uma barreira interna. As cápsulas foram ativadas por 2 s em um dispositivo próprio fornecido pelo fabricante (3M ESPE) que impele o êmbolo localizado posteriormente e rompe a barreira interna, permitindo que as duas fases se misturem (Figuras 10-A e 10-B). A complementação da mistura se deu com a adaptação da cápsula ativada em uma máquina misturadora (Rotomix Capsule Mixing Unit, 3M ESPE) que, por meio de força centrífuga durante 8 s, proporciona a completa e homogênea mistura do pó e do líquido (Figura 10-C). A cápsula então foi removida e levada à "pistola", também fornecida pelo fabricante, que permitiu impelir o êmbolo e aplicar o CIV através da cânula aplicadora (Figura 10-D).

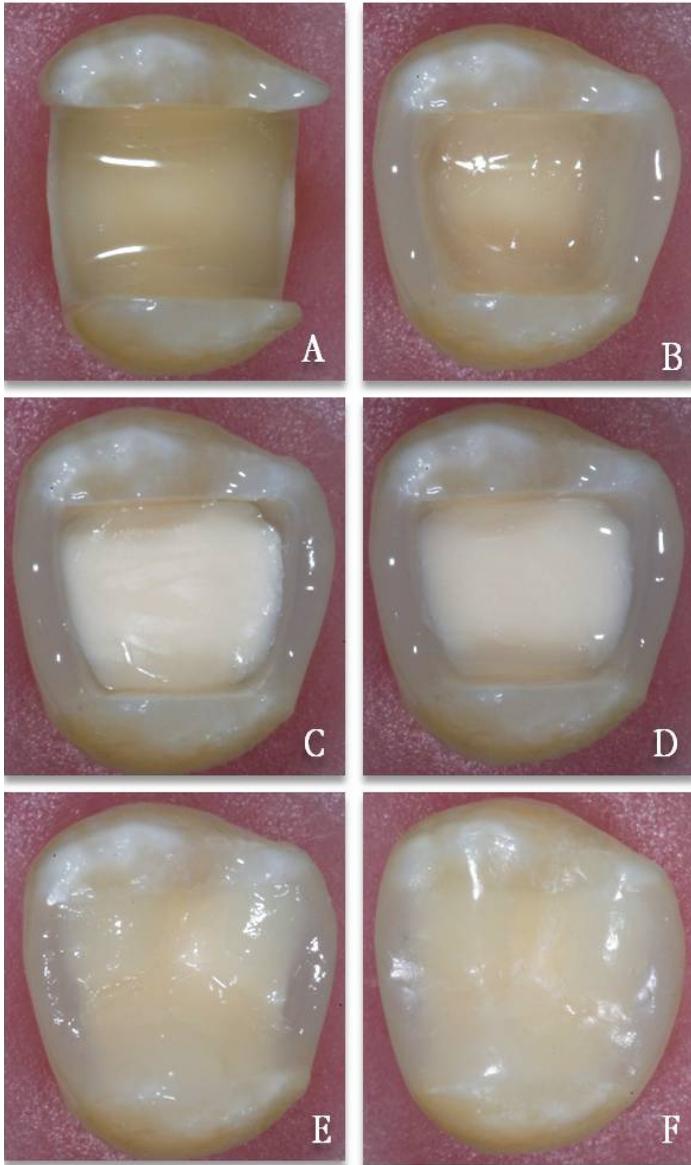


Figura 9 – Sequência restauradora do grupo KM. (A) Camada de adesivo aplicada e polimerizada. (B) Paredes proximais reconstruídas formando uma cavidade classe I. (C) Base de Ketac Molar ocupando 50% da cavidade. (D) Uma segunda camada de adesivo foi aplicada sobre a base de CIV e fotopolimerizada. (E) Restauração incremental com massa para dentina S2. (F) Restauração sanduíche superfechada finalizada.

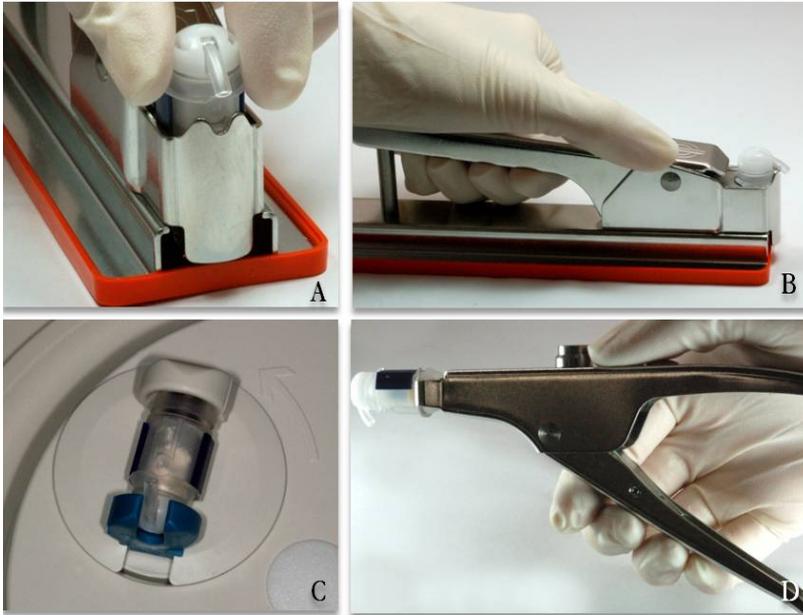


Figura 10 – Ativação e preparo da cápsula de Ketac Molar. (A e B) Rompimento da barreira interna que permite a mistura do pó e do líquido de CIV no interior da cápsula. (C) Cápsula adaptada ao Rotomix para completar e homogeneizar a mistura. (D) Após a mistura, a cápsula é acoplada a uma pistola para aplicação na restauração sanduíche.

Aproximadamente 50% da classe I remanescente foi preenchida com o CIV convencional, deixando um espaço oclusal de cerca de 2 mm (Figura 9-C). A camada de CIV foi cuidadosamente alisada para a melhor adaptação e acamação da base, e uma camada de adesivo (frasco 2) foi aplicada sobre a base de CIV e fotoativada por 20 s (Figura 9-D). O restante da cavidade (cerca de 2 mm de profundidade) foi preenchido com Miris 2 (Figura 9-E, uma camada horizontal de aproximadamente 1,5 mm de massa S2 e 0,5 mm de incremento de resina para esmalte NR). A inclinação cuspídea e a anatomia oclusal (Figura 9-F) foram copiadas atentamente das referências de *inlays*-modelo fabricados anteriormente no grupo MZ100 pelo sistema CAD/CAM. Cada incremento de resina foi fotoativado por 20 s e a polimerização final foi realizada por 10 s sob um gel bloqueador de oxigênio (KY Jelly, Johnson & Johnson). As restaurações receberam acabamento e polimento de forma mecânica, como nos grupos anteriores.

#### 2.4.4 Grupo FJ

Os procedimentos adesivos e a construção das paredes proximais em resina composta foram realizados da mesma forma que no grupo KM. A ativação da cápsula de Fuji II LC (Figura 11-A) se deu, primeiramente, impulsionando-se o êmbolo verde localizado na parte posterior em uma superfície plana e, em seguida, completou-se a introdução final do êmbolo com a pistola (3M). Após 10 s sob centrifugação (Rotomix, 3M ESPE), o CIVMR foi aplicado no fundo da cavidade, preenchendo cerca de 50% do preparo cavitário, e fotoativado por 20 s (Figura 11-B). No intuito de isolar o CIVMR e protegê-lo contra desidratação, uma segunda camada de adesivo (frasco 2) foi aplicada sobre a base e fotoativada (Figura 11-C). A restauração de resina composta no espaço remanescente foi realizada da mesma forma que no grupo KM com a resina Miris 2, assim como os procedimentos de acabamento e polimento (Figuras 11-D e 11-E).

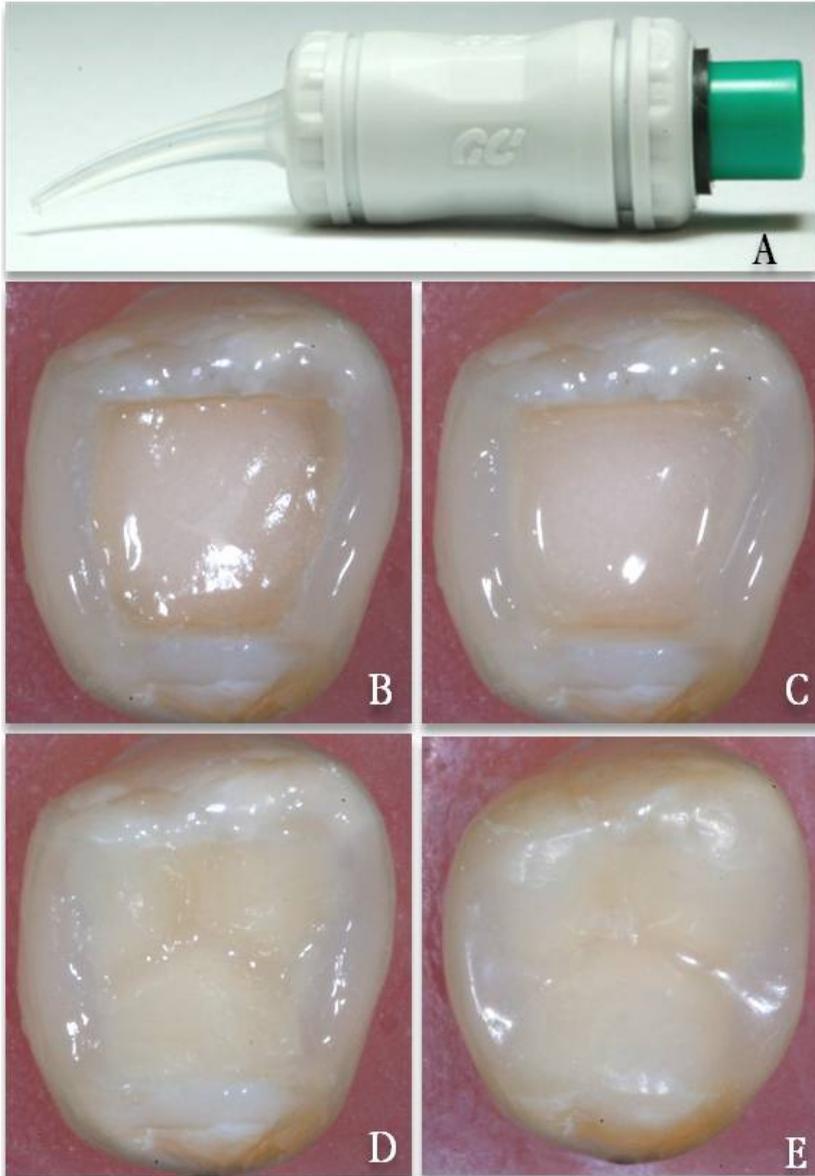


Figura 11 – Sequência restauradora do grupo FJ. (A) Cápsula de Fuji II LC. (B) Base de CIVMR aplicada no fundo da cavidade, ocupando 50% do preparo. (C) Segunda camada de adesivo fotopolimerizada sobre a base. (D) Incrementos de resina para dentina S2. (E) Restauração sanduíche fechado finalizada.

#### 2.4.5 Grupo BD

A partir da aplicação do mesmo sistema adesivo (Optibond FL), os dentes deste grupo tiveram as paredes proximais confeccionadas da mesma forma que no grupo KM e FJ, formando uma cavidade classe I. Uma tira da fibra de polietileno, medindo cerca de 7 mm x 4 mm, foi pré-impregnada (Figura 12-A) com uma resina sem carga, fornecida pelo mesmo fabricante (Ribbond Wetting Resin), aquecida por 5 min a 54°C no Calset (Addent). Uma camada de resina composta também fornecida pelo fabricante (Ribbond Securing Composite), específica para a adaptação e a fixação da fibra, foi aplicada com uma espessura de 0,5 mm no fundo da cavidade, não polimerizada (Figura 12-B). A tira de fibra pré-impregnada, denominada "Band-Aid", teve o excesso de agente resinoso removido e aplicado sobre a delgada camada de resina, em forma de "U", ao longo do fundo da cavidade, no sentido vestibulopalatal, alcançando 1/3 das paredes vestibular e palatina (Figuras 12-C e 12-D). Cuidado especial foi tomado para adaptar a tira de fibra o mais próximo possível da dentina subjacente, utilizando-se um instrumento fornecido pelo fabricante (Ribbond 50-70 Tactile Tone). Após a adaptação final da tira de fibra sobre a resina composta, o conjunto foi fotoativado por 20 s. Uma camada de adesivo (frasco 2, Optibond FL) foi aplicada sobre o conjunto resina-fibra (Figura 12-E), e o volume remanescente foi restaurado incrementalmente com duas camadas de 1,5 mm cada de Miris 2 S2 e um incremento de Miris 2 NR, fotoativados individualmente (Figuras 12-F e 12-G). A inclinação cuspídea e a anatomia foram estritamente copiadas dos *inlays*-modelo fabricados anteriormente como referência. Da mesma forma anteriormente relatada, uma fotopolimerização adicional de 10 s foi executada sob uma barreira de gel de glicerina e, em seguida, foram realizados os procedimentos de acabamento e polimento das restaurações (Figura 12-H).

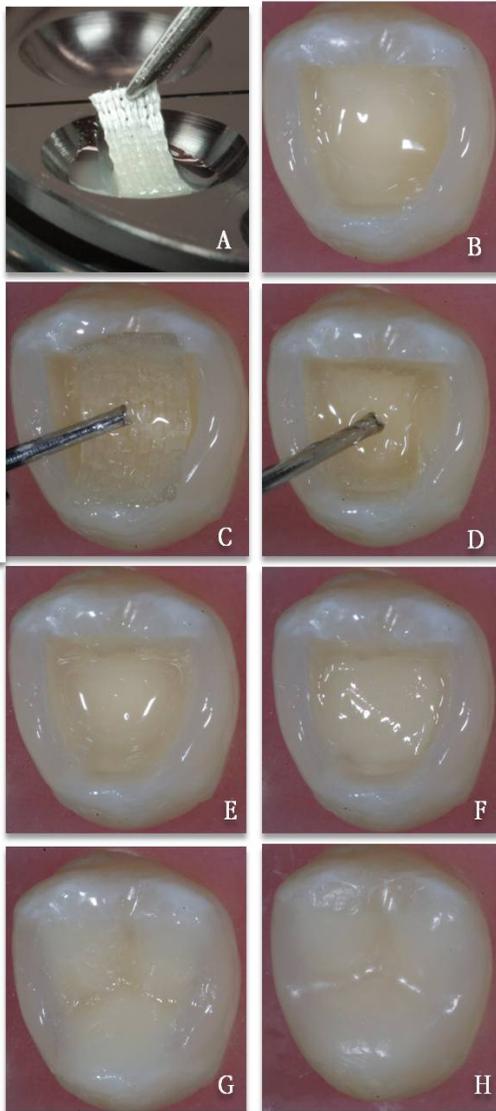


Figura 12 – Sequência restauradora do Grupo BD. (A) Pré-impregnação da tira de fibra com agente resinoso sem carga. (B) Resina composta para fixação da fibra posicionada no fundo da cavidade. (C) Adaptação da tira de fibra em "U", no sentido vestibulopalatal. (D) O conjunto resina-fibra foi adaptado o mais próximo possível da dentina e fotoativado posteriormente. (E) Aplicação do adesivo sobre a base reforçada por fibra. (F e G) Restauração incremental com massas de dentina e esmalte, seguindo os *inlays*-modelo. (H) Restauração do grupo BD finalizada.

#### 2.4.6 Grupo WP

A diferença deste grupo para o anterior BD se dá unicamente em relação às dimensões dos fragmentos de fibra de polietileno e ligeiramente sobre a localização de aplicação. Múltiplos pedaços menores (2 x 3 mm e 3 x 4 mm, dependendo da área a ser coberta) receberam a mesma pré-impregnação, com o agente resinoso aquecido a 54°C durante 5 min. O fundo da cavidade e as paredes circundantes da classe I foram cobertos com uma delgada camada de resina (Securing Composite Resin) de 0,5 mm de espessura não polimerizada (Figura 13-A). Três porções maiores (3 x 4 mm) de fibra foram aplicadas lado a lado, na parede de fundo, no sentido mesiodistal, avançando 1/3 nas paredes mesial e distal. Em seguida, dois fragmentos menores (2 x 3 mm) foram aplicados contra a parede vestibular e dois contra a parede palatal (Figuras 13-B e 13-C). Todos os fragmentos de tiras de fibra tiveram o excesso de agente resinoso removido e foram adaptados, com auxílio do mesmo instrumento utilizado no grupo BD, o mais próximo possível da resina composta subjacente e fotoativados por 20 s a 1.000 mW/cm<sup>2</sup>. Em seguida, mais uma camada de adesivo foi aplicada sobre esse conjunto e fotoativada por 20 s (Figura 13-D). O restante da restauração de resina e o polimento foram realizados da mesma forma que no grupo BD (Figuras 13-E e 13-F).

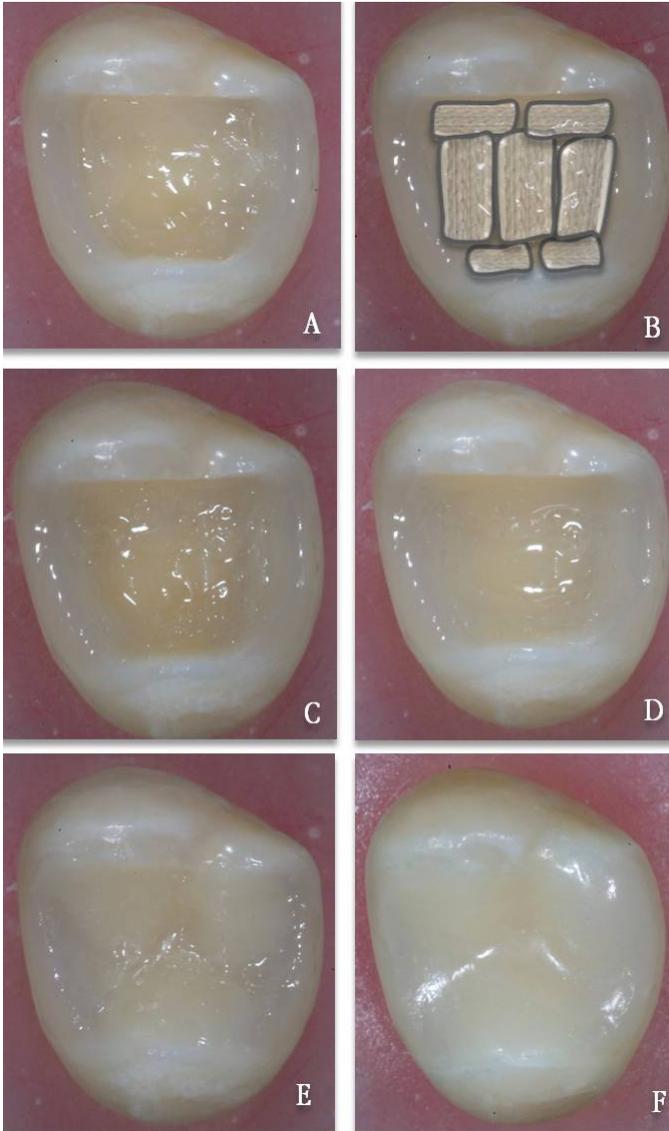


Figura 13 – Sequência restauradora do grupo WP. (A) Resina composta para fixação da fibra posicionada no fundo da cavidade. (B) Esquema representativo da localização das porções de fibra. (C) Fragmentos de fibras posicionados o mais próximo possível das paredes da cavidade. (D) Aplicação do adesivo sobre a base reforçada por fibra. (E) Restauração incremental com massas de dentina e esmalte, seguindo os *inlays*-modelo. (F) Restauração do grupo WP finalizada.

## 2.5 TESTE DE FADIGA

Os espécimes restaurados foram mantidos em água destilada à temperatura ambiente por uma semana antes do teste de resistência à fadiga. Imediatamente antes da adaptação à máquina de testes, cada superfície dental foi submetida novamente ao protocolo fotográfico para localização de trincas. Forças mastigatórias cíclicas foram aplicadas por meio de uma máquina de mastigação artificial servo-hidráulica (Mini Bionix II, MTS Systems, Eden Prairie, MN, EUA), utilizando-se como antagonista uma esfera de resina composta de 7 mm de diâmetro (Filtek Z100, 3M-ESPE), confeccionada para cada espécime (Figura 14-A) e pós-polimerizada por 5 min a uma temperatura de 100°C (MAGNE; KNEZEVIC, 2009). A mesma resina foi adaptada à haste executante do movimento de mastigação, com auxílio de uma camada da mesma resina composta de cerca de 2 mm (Figura 14-B). Essas esferas de resina composta, no momento do teste, contactaram simultaneamente e igualmente as cúspides mesiovestibular, distovestibular e palatina (tripodismo) com cargas mastigatórias isométricas sob frequência de 5 Hz. A câmara de carga foi preenchida com água destilada até a completa imersão dos espécimes (Figura 14-C), e os primeiros 5.000 ciclos constituíram um aquecimento sob carga de 200 N, seguido por cargas crescentes de 400, 600, 800, 1.000, 1.200 e 1.400 N, com o máximo de 30.000 ciclos para cada carga. Os espécimes receberam carga até a sua fratura ou até o máximo de 185.000 ciclos, com o registro de ciclos completados ao final. O ajuste de sensibilidade da máquina de testes permitia que a força cessasse se algum deslocamento resultante de fratura do dente ou restauração fosse detectado. Sob microscopia ótica e com concordância entre dois examinadores, a distinção entre fraturas restauráveis e não restauráveis foi realizada.

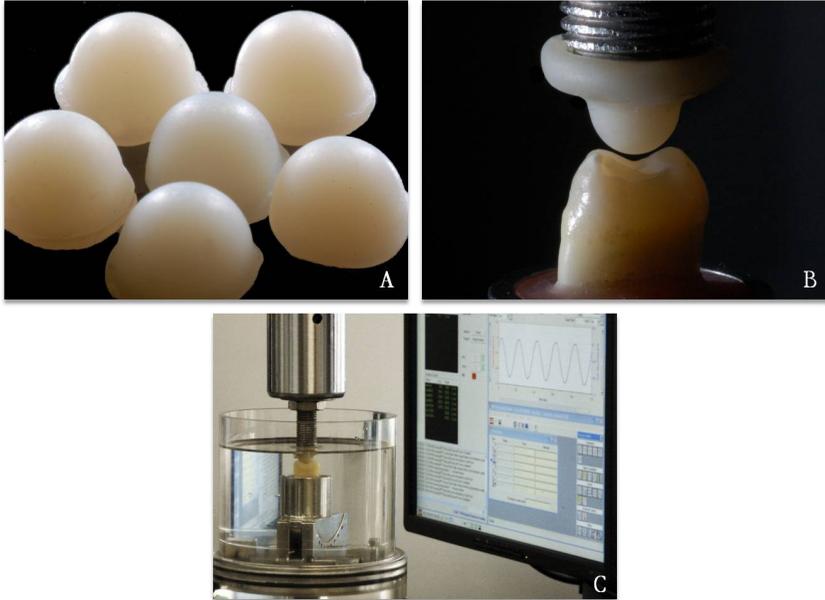


Figura 14 – (A) Esferas de resina composta Z100 fabricadas para cada espécime no teste de fadiga. (B) Posicionamento do espécime em relação à esfera antagonista de resina unida à haste. (C) Teste de fadiga com espécime submerso em água destilada.

## 2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A resistência à fadiga dos seis grupos foi comparada usando-se a análise da curva de sobrevivência de Kaplan-Meier. A cada intervalo de tempo (definido pela carga de cada estágio), o número de espécimes que começou cada ciclo e o número que fraturou foram contabilizados, formando a probabilidade de sobrevivência (%) a cada intervalo de carga. A influência da técnica restauradora e do material selecionado na resistência à fadiga foi analisada utilizando-se a análise de sobrevivência de Kaplan-Meier. Diferenças foram detectadas através de comparações *post hoc* com o teste de *log rank* a um nível de significância de 0,05 (com a correção de Bonferroni para cinco comparações). Os dados foram então analisados no software estatístico MedCalc v.11.6.1.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Bélgica).

# Artigo 1

---

---





## Resistência à fadiga e propensão a trincas em restaurações de resina MOD amplas: diretas *versus inlays* de CAD/CAM

### RESUMO

Objetivo: este estudo avaliou a influência da seleção de material e técnica restauradora (direta *versus inlay* de CAD/CAM) sobre restaurações adesivas amplas e seus efeitos na propensão a trincas e na resistência à fadiga acelerada.

Métodos: um preparo dental padronizado MOD do tipo *slot* foi realizado em 32 molares (5 mm de profundidade e 5 mm de largura no sentido vestibulopalatal). Quinze dentes foram restaurados com resina composta direta (Optibond FL e Miris 2, restaurados em sete incrementos) e outros 17 foram restaurados com *inlays* de resina composta usando blocos de Paradigm MZ100 usinados no Sistema CEREC (incluindo selamento dentinário imediato com Optibond FL). As superfícies internas dos *inlays* foram microjateadas e silanizadas, e os preparos dentais foram microjateados e condicionados antes da cimentação. Todos os *inlays* foram cimentados usando Optibond FL e uma resina composta fotopolimerizável (Filtek Z100). Dois espécimes restaurados com *inlays* não foram testados e serviram apenas para modelo de anatomia oclusal do grupo de resina composta direta. Trincas no esmalte foram localizadas através de fotografias e transiluminação. Cargas cíclicas isométricas (5 Hz) foram simuladas, começando com uma carga de 200 N (5.000 ciclos), seguida dos estágios de 400, 600, 800, 1.000, 1.200 e 1.400 N, com o máximo de 30.000 ciclos cada. Os espécimes foram submetidos à ciclagem mecânica até a fratura ou até o máximo de 185.000 ciclos.

Resultados: os dentes restaurados com a técnica direta fraturaram com uma média de 1.213 N, tendo dois deles alcançado o total de 185.000 ciclos (sobrevivência de 13%), e, no grupo dos *inlays*, a taxa de sobrevivência foi de 100%. A maioria das falhas com Miris 2 ocorreram acima da junção cimento-esmalte e eram restauráveis (77%). A contração de polimerização gerada pela resina composta direta causou maior deflexão cuspídea e trincas (em 47% dos espécimes *versus* 7% dos *inlays*).

Conclusões: os *inlays* de CAD/CAM aumentaram a resistência à fadiga acelerada e diminuíram a propensão a trincas de restaurações amplas MOD em molares superiores, quando comparadas a restaurações diretas. Ambas as técnicas restauradoras alcançaram excelentes resultados sob fadiga em cargas

mastigatórias fisiológicas, e *inlays* de CAD/CAM podem ser indicados para pacientes que apresentam altas cargas mastigatórias.

## INTRODUÇÃO

A longevidade das restaurações pode ser influenciada por múltiplos parâmetros, como as propriedades dos materiais, o comportamento dos pacientes e as habilidades do operador (MANHART et al., 2004; ROULET, 1997). O *stress* gerado a partir da contração de polimerização é um dos maiores problemas relacionados à técnica direta, especialmente em cavidades amplas com alto Fator-C (DAVIDSON; DE GEE; FEILZER, 1984). Esse *stress* desafia a camada híbrida formada entre a resina e a dentina e pode resultar na formação de fendas e/ou na diminuição da resistência adesiva à dentina (DAVIDSON; DE GEE, 1984; FEILZER; DE GEE; DAVIDSON, 1987; NAYIF et al., 2008). Por outro lado, quando do uso de sistemas adesivos mais eficientes e do alcance da adesão total, a resina composta contrairá e causará movimentação das cúspides, deformação e formação de trincas na estrutura dental circundante (CLARK; SHEETS; PAQUETTE, 2003; HAN et al., 2005; KREJCI; STAVRIDAKIS, 2000; MAGNE et al., 2008; SULIMAN; BOYER; LAKES, 1993; TANTBIROJN et al., 2004; VERSLUIS et al., 2004; YAMAMOTO et al., 2009).

A resina composta é um material restaurador cada vez mais popular. Avanços na tecnologia de cargas e formulações da matriz resinosa têm resultado em melhorias significativas nas propriedades mecânicas e na redução da contração de polimerização (MARCHESI et al., 2010). Entretanto, para prevenir as consequências da contração de polimerização, as restaurações indiretas cimentadas (pós-polimerizadas) podem ser recomendadas (BLANKENAU; KELSEY; CAVEL, 1984; LEINFELDER, 2005; MAGNE; DIETSCHI; HOLZ, 1996; TOUATI; AINDAN, 1997; VAN DIJKEN, 1994). *Inlays* e *onlays* de resina composta (Figura 1) podem ser fabricados através de técnicas realizadas em laboratórios de prótese. Outras abordagens são referentes ao uso de técnicas realizadas no próprio consultório odontológico, incluindo técnicas semidiretas e restaurações desenhadas e fabricadas por computador (CAD/CAM). Wassel, Walls e McCabe (2000), por meio de avaliação clínica de cinco anos, não encontraram nenhuma vantagem em *inlays* semidiretos pós-polimerizados comparados a restaurações diretas restauradas incrementalmente com a mesma resina composta em restaurações pareadas. Em uma revisão extensa sobre técnicas restauradoras em avaliações clínicas (MANHART et al., 2004), demonstraram que restaurações de resina composta indiretas tiveram uma maior taxa de falha anual (2,9%) comparadas a restaurações diretas de resina composta (2,2%).

Opdam et al. (2010), em um estudo retrospectivo de 12 anos, encontraram altas taxas de sucesso clínico para restaurações de resina composta direta amplas, envolvendo três, quatro ou cinco faces. Apesar das informações mencionadas acima, restaurações indiretas são consideradas o padrão ouro para restaurar cavidades amplas (AGGARWAL et al., 2008; BORTOLOTTI; ONISOR; KREJCI, 2007; MANHART et al., 2004; ROULET, 1997), especialmente para prevenir trincas no esmalte ou na dentina geradas durante a contração de polimerização. O *stress* resultante da contração de polimerização induz a deflexão cuspeada (TANTBIROJN et al., 2004; VERSLUIS et al., 2004), porém isso não é uma preocupação em restaurações indiretas cimentadas porque a contração de polimerização ocorrerá apenas na linha de cimento, contribuindo para uma adaptação marginal superior (DIETSCHI et al., 1995; KUROYE et al., 2003). Vantagens adicionais significativas dos *inlays* são a anatomia oclusal facilitada e os contornos proximais mais adaptados, especialmente no caso de restaurações amplas do tipo classe II, desde que elas sejam construídas sobre troquéis removíveis (LEINFELDER, 2005; PEUTZFELDT; ASMUSSEN, 2000; TOUATI; AINDAN, 1997; WASSEL; WALLS; McCABE, 2000). Restaurações CAD/CAM são alternativas previsíveis pela sua alta taxa de sucesso clínico, ótima estabilidade de cor, adaptação marginal excelente e desgaste oclusal aceitável (BINDL; MÖRMANN, 2003; MANHART et al., 2004; MARTIN; JEDYNAKIEWICZ, 1999; MÖRMANN; KREJCI, 1992; OTTO; DE NISCO, 2002). Em uma abordagem inovadora, o dentista torna-se apto a fabricar restaurações adesivas indiretas de porcelana, a partir de uma impressão óptica do preparo dental em uma única sessão, evitando os custos de um técnico de laboratório e dos materiais de moldagem (MEHL; HICKEL, 1999; SMITH; CARDWELL, 1989). Recentemente, blocos de resina também se tornaram disponíveis para restaurações CAD/CAM, abrindo o leque de opções de materiais restauradores (FASBINDER, 2002; RUSIN, 2001). Esse material possui características mecânicas melhoradas comparado à resina direta, porque é fabricado com pós-polimerização sob calor e pressão e possui características de desgaste favoráveis (KUNZELMAN et al., 2001). Além disso, por não ser um material friável como a porcelana, a resina permite preparos mais conservadores e desenhos de restaurações mais delgadas (SCHLICHTING et al., 2011; TSITROU; VAN NOORT, 2008). A combinação da técnica CAD/CAM, de blocos de resina Paradigm MZ100 para o Sistema Cerec e de selamento dentinário imediato (SDI) tem provado ser um método conservador e uma solução mais biomimética sob carga de fadiga (MAGNE; KNEZEVIC, 2009a; MAGNE et al., 2010).



Figura 1 – *Inlays* de resina composta

Esta pesquisa avaliou a resistência à fadiga acelerada e a propensão a trincas geradas a partir da contração de polimerização em cavidades padronizadas classe II MOD amplas, restauradas com *inlays* de resina composta, comparada com restaurações diretas de resina composta. As hipóteses nulas foram: a) não haverá diferença significativa na resistência à fadiga acelerada e no modo de fratura entre as técnicas restauradoras utilizadas; e b) não haverá diferença na propensão a trincas no esmalte (induzidas pela contração de polimerização) entre os dois grupos.

## MATERIAIS E MÉTODO

Após aprovação do Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina (Processo n° 890/10) e do Comitê de Ética da University of Southern California, 32 terceiros molares superiores humanos extraídos com tamanho e formato similares foram cuidadosamente selecionados de uma ampla coletânea de dentes e então tiveram suas raízes raspadas, foram completamente limpos e armazenados em solução de timol a 0,1%. Cada dente foi montado em resina acrílica (Palapress, Heraeus Kulzer GmbH, Dormagen, Alemanha) no interior de um dispositivo de posicionamento especial, com inclusão das raízes até 3 mm abaixo da junção cimento-esmalte. Com o objetivo de localizar trincas durante o experimento, cada superfície do dente foi fotografada sob condições padronizadas, com aumento de 2,8 x (Nikon D50 e lente macro Sigma 105 mm), utilizando *flash* circular (Sigma EM-140 DG). Uma segunda tomada de imagens foi realizada utilizando transiluminação (Microlux, Addent, Danbury, CT, EUA) para a detecção de

trincas preexistentes e daquelas geradas a partir de procedimentos subsequentes.

### *Preparo dos espécimes*

Preparos padronizados, simulando a substituição de restaurações MOD amplas (Figura 2), foram realizados com pontas diamantadas tronco cônicas e peças de mão em alta rotação elétricas sob irrigação constante, seguida pela localização fotográfica de trincas. Os dentes foram aleatoriamente distribuídos em dois grupos: MZ100 (n=17) – restaurações indiretas (*inlays* fabricados no Cerec utilizando blocos de resina Paradigm MZ100, 3M-ESPE, St. Paul, MN) – e M2 (n=15) – restaurações de resina composta micro-híbrida direta (Miris 2, Coltène-Whaledent, Altstätten, Suíça).

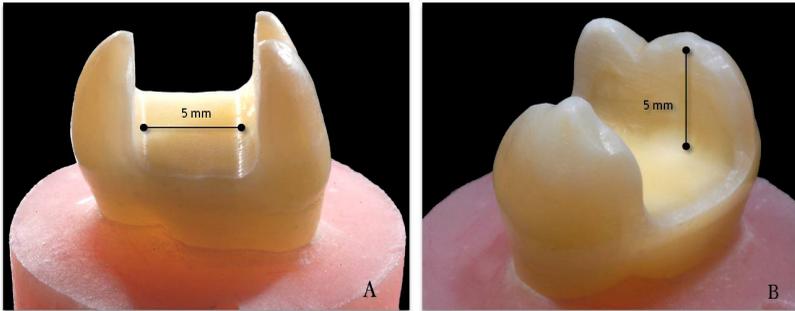


Figura 2 – Preparo MOD padronizado e suas medidas correspondentes. (A) Todas as cavidades apresentavam 5 mm de largura no sentido vestibulopalatal e (B) 5 mm de profundidade em relação ao topo das cúspides.

Nos preparos do grupo M2, somente um pequeno bisel de 45°C, medindo 0,5 a 1 mm, foi realizado nos ângulos cavossuperficiais das paredes proximais com uma ponta diamantada fina em forma de chama estreita (274, 011904U0, Brassler).

### *Procedimentos restauradores*

Para o grupo MZ100, o selamento dentinário imediato (SDI) foi aplicado à dentina recém-cortada utilizando-se o sistema adesivo de três passos (Optibond FL, Kerr, Orange, CA, EUA), seguindo protocolos previamente publicados (MAGNE; SO; CASCIONE, 2007) e as recomendações do fabricante. O adesivo foi fotopolimerizado por 20 s a uma potência de 1.000 mW/cm<sup>2</sup> (Valo, Ultradent, South Jordan, UT, EUA), seguido por uma fotopolimerização adicional de 10 s sob uma barreira de gel bloqueador de oxigênio (K-Y Jelly, Johnson & Johnson, Montreal, Canadá). Os *inlays* foram gerados a partir do Sistema Cerec 3 CAD/CAM (v. 3.03 Sirona Dental Systems, GmbH, Bensheim, Alemanha), com uma média de espessura de 3,5 mm no sulco principal. Como forma de padronizar a forma e a anatomia, o desenho original da restauração não foi editado, apenas as ferramentas de posicionamento foram utilizadas para assegurar a espessura correta dos *inlays*. As restaurações foram usinadas utilizando blocos de resina Paradigm MZ100 (tamanho 14) e polidas mecanicamente (Kit 4477 Q-Polishing System, Komet, Lemgo, Alemanha). A superfície interna dos *inlays* foi microjateada (Rondoflex plus 360, KaVo Dental, Charlotte, NC, EUA) com óxido de alumínio de 27 micra a uma pressão de 30 psi, seguido por limpeza mecânica suave com ácido fosfórico a 35% e microbrush durante 1 min. Após enxágue com água por 30 s, os *inlays* foram imersos em água destilada e banho ultrassônico por 2,5 min, secos com jatos de ar, silanizados (Silane, Ultradent) e secos em um forno de pós-polimerização a 100°C por 1 min (DI500 oven; Coltène). Os preparos dentais receberam microabrasão com partículas de óxido de alumínio de 27 micra a uma pressão de 30 psi, condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 30 s e, após enxágue abundante com água, foram secos com jatos de ar. O adesivo (Optibond FL, frasco 2, Kerr) foi aplicado em ambas as superfícies adesivas (preparo dental e superfície interna do *inlay*) sem fotopolimerização e deixado à parte, protegido da luz ambiente. Uma resina composta (Filtek Z100; 3M-ESPE) foi utilizada como agente cimentante, preaquecida por 5 min a 68°C no Calset (Addent, Danbury, CT) e inserida no preparo dental, até o completo assentamento do *inlay*. Após cuidados e eliminação dos excessos de resina, cada superfície foi fotopolimerizada por 60 s (20 s por superfície, repetido três vezes) e mais 10 s sob uma barreira de gel boqueador de oxigênio. As margens receberam acabamento e polimento com pontas carbide de tungstênio e pontas polidoras diamantadas (kit 4521 e kit 4527, Komet, Lemgo, Alemanha). Dois

dentes desse grupo (um molar superior do lado direito e outro do lado esquerdo) não foram utilizados no teste de fadiga, mas serviram como guia para copiar a inclinação das cúspides e a anatomia oclusal nas restaurações de resina composta do grupo M2.

O mesmo sistema adesivo de condicionamento ácido total de três passos (OptiBond FL) utilizado anteriormente foi aplicado no grupo de resina direta M2. Seguindo a opacidade dos dentes naturais (massas de esmalte e de dentina), as restaurações foram confeccionadas em sete incrementos. As paredes proximais foram reconstruídas horizontalmente, primeiro com um incremento de 2 mm de massa para dentina (Miris S2), seguido por outro incremento de mesma espessura de massa de esmalte (Miris NR) para a crista marginal. O restante da cavidade em classe I foi preenchido com dois incrementos horizontais de 1,5 mm de espessura com a mesma cor de dentina e no topo mais um incremento de esmalte. Um cuidado especial foi tomado no intuito de copiar a inclinação das cúspides e a anatomia oclusal dos *inlays* que serviram de referência. Cada incremento de resina foi fotoativado por 20 s a 1.000 mW/cm<sup>2</sup> e a fotoativação final foi realizada sob uma camada de gel bloqueador de oxigênio (KY Jelly, Johnson & Johnson) por 10 s. Os procedimentos de acabamento e polimento foram realizados da mesma forma que no grupo MZ100.

### *Teste de fadiga*

Os espécimes restaurados foram mantidos em água destilada à temperatura ambiente por uma semana após os procedimentos adesivos. Cada superfície dental foi submetida novamente ao protocolo para localização de trincas. Uma máquina de mastigação artificial servo-hidráulica (Mini Bionix II, MTS Systems, Eden Prairie, MN, EUA) foi utilizada para simular as forças mastigatórias com antagonista em forma de esfera de resina composta de 7 mm de diâmetro (Filtek Z100, 3M ESPE), pós-polimerizada por 5 min a uma temperatura de 100°C (MAGNE; KNEZEVIC, 2009b). Essas esferas de resina composta, no momento do teste, contactaram simultaneamente e igualmente as cúspides mesiovestibular, distovestibular e palatina (tripodismo), com cargas mastigatórias isométricas sob frequência de 5 Hz. A câmara de carga foi preenchida com água destilada até a completa imersão dos espécimes, e os primeiros 5.000 ciclos se constituíram em um aquecimento sob carga de 200 N, seguido por cargas crescentes de 400, 600, 800, 1.000, 1.200 e 1.400 N, com

o máximo de 30.000 ciclos para cada carga (Figura 3). Os espécimes receberam carga até a sua fratura ou até o máximo de 185.000 ciclos, com o registro de ciclos completados ao final. Sob microscopia ótica com aumento de 10:1 (Leica MZ 125, Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha) e com concordância entre dois examinadores, a distinção entre fraturas restauráveis e não restauráveis foi realizada (Figura 4).

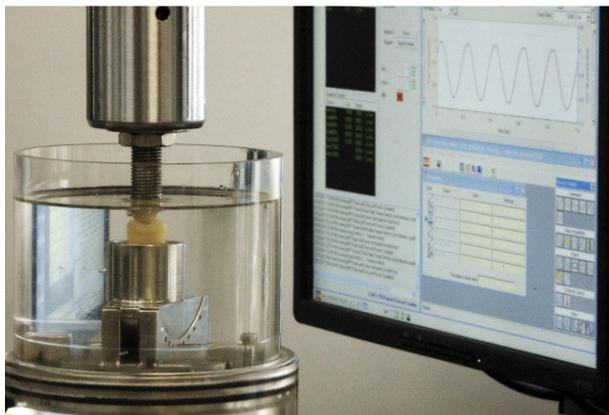


Figura 3 – Câmara de carga com espécime submergido sob carga isométrica e computador anexo no qual o *software* controla e simula as forças mastigatórias constantemente

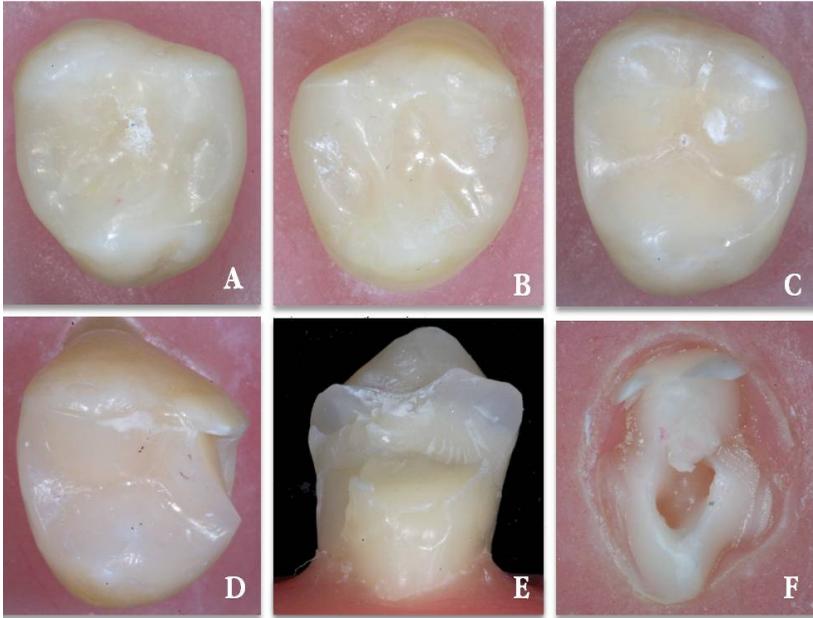


Figura 4 – Exemplos de espécimes após o teste de fadiga. (A e B) Espécimes sobreviventes ao teste de fadiga, pertencentes ao grupo MZ100. (C) Espécimes sobreviventes do grupo M2. (D) Fratura restaurável (acima da junção cimento-esmalte) no grupo M2. (E e F) Fraturas não restauráveis no grupo M2.

#### *Deteção e localização de trincas*

Os espécimes foram avaliados inúmeras vezes durante o experimento com o objetivo de detectar novas trincas no esmalte, a um aumento de 2,8 x em condições padronizadas, valendo-se de transiluminação (Nikon D50 e lentes macro Sigma 105 mm utilizando *flash* circular Sigma EM-140DG ou transiluminador Microlux, Addent) antes e depois do preparo dental, uma semana após a restauração e ao final do teste de fadiga. No caso de dúvida, o espécime foi avaliado com a concordância de dois examinadores e analisado sob microscópio ótico com aumento de 10:1 (Leica MZ 125, Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha). Atenção especial foi dispensada na diferenciação entre trincas preexistentes daquelas criadas pela contração de polimerização. Com a observação de diferentes tamanhos de trincas, uma classificação com três categorias foi criada: a) sem trincas visíveis; b) trincas visíveis menores que 3 mm; e c) trincas visíveis maiores que 3 mm (Figura 5).

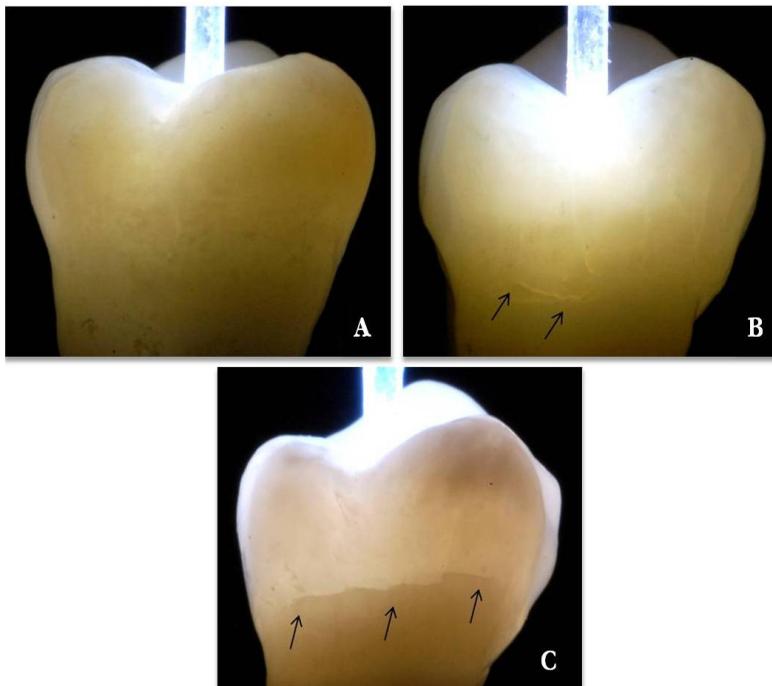


Figura 5 – Exemplos de detecção e localização de trincas. (A) Sem trincas visíveis. (B) Trincas pequenas com menos de 3 mm. (C) Trincas severas com mais de 3 mm.

#### *Análise estatística*

A resistência à fadiga dos dois grupos foi comparada usando-se a análise de sobrevivência. A cada intervalo de tempo (definido pela carga de cada intervalo), o número de espécimes que começaram cada etapa e daqueles que fraturaram durante cada intervalo foi contabilizado para o cálculo da probabilidade de sobrevivência (%). A influência da técnica restauradora e do material selecionado foi analisada comparando as curvas de sobrevivência, utilizando-se o teste *log rank* a um nível de significância de 0,05. Os dados foram então analisados no *software* estatístico MedCalc v.11.6.1.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Bélgica).

## RESULTADOS

A sobrevivência do grupo MZ100 foi de 100%. A análise estatística do gráfico de sobrevivência (Figura 6) revelou diferença significativa entre os grupos ( $P < 0,001$ ). A sobrevivência do grupo M2 foi de 13% e a média da carga com que os espécimes falharam foi de 1.213 N (11.475 ciclos), com uma única fratura em 800 N. A maioria das falhas do grupo M2 ocorreram com cargas de 1.200 N e 1.400 N (Figura 6). O teste *post hoc* confirmou maior resistência à fadiga do grupo MZ100 comparado ao grupo M2 ( $p < 0,001$ ). No grupo M2, 77% das falhas foram consideradas restauráveis (Figura 4-D) e 23% ocorreram claramente abaixo da junção cimento-esmalte (Figuras 4-E e 4-F), constituindo falhas catastróficas (Tabela 1).

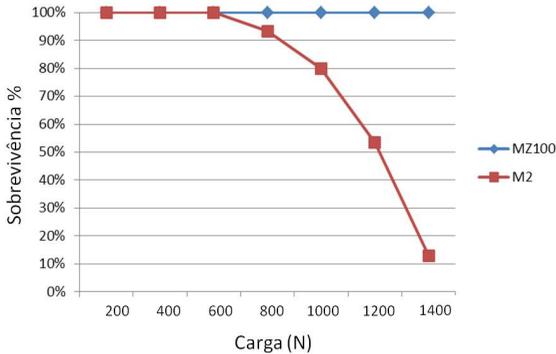


Figura 6 – Gráfico da distribuição da sobrevivência dos grupos a cada valor de carga (n=15).

Tabela 1 – Tipos de falha			
Grupo	Espécimes intactos	Fraturas acima da JCE ou restauráveis	Fraturas abaixo da JCE ou não restauráveis
MZ100 (n=15)	15	0	0
M2 (n=15)	2	10	3

A ocorrência de novas trincas não foi observada após o preparo dental. Finalizadas as restaurações e após uma semana de armazenamento em água, a propensão a trincas (novas trincas geradas) (Tabela 2) foi maior para o grupo M2 (47%) comparado ao grupo MZ100 (7%), com a presença de trincas

severas apenas no grupo M2, em 40% dos espécimes. Após o teste de fadiga, não houve a ocorrência de novas trincas horizontais, apenas múltiplas trincas verticais na maioria dos espécimes.

<b>Tabela 2 – Propensão a trincas após uma semana das restaurações e antes do teste de fadiga</b>			
Grupo	Sem trincas	Trincas com menos de 3 mm	Trincas com mais de 3 mm
MZ100 (n=15)	14 (93%)	1 (7%)	0 (0%)
M2 (n=15)	8 (53%)	1 (7%)	6 (40%)

## DISCUSSÃO

Dentro das limitações deste estudo, as hipóteses nulas podem ser rejeitadas. Primeiro, os *inlays* de resina composta de MZ100 aumentaram significativamente a resistência à fadiga de restaurações amplas do tipo classe II MOD, quando comparados com restaurações de resina composta direta. A segunda hipótese nula também não pode ser aceita, pois o grupo M2 aumentou consideravelmente a propensão a trincas, assim como as apresentou com maior severidade se comparado ao grupo MZ100.

Neste estudo, pelo alto nível de padronização dos procedimentos (dimensões dos dentes, preparos dentais, aplicação de carga, anatomia oclusal realizada por um único operador), foi possível limitar consideravelmente a quantidade de variáveis normalmente encontradas em estudos clínicos. As avaliações clínicas representam a última e mais válida avaliação dos materiais e das técnicas restauradoras. Entretanto, há influência da mastigação dos pacientes, dos hábitos alimentares, da suscetibilidade individual à cárie, especialmente em estudos clínicos transversais (OPDAM et al., 2010; ROULET, 1997). Esta investigação *in vitro* objetiva reproduzir, em parte, os estudos controlados, prospectivos e longitudinais desde que as restaurações sejam realizadas sob condições clínicas ideais, em que os pacientes são selecionados a partir de grupos com acesso mais facilitado, como estudantes de odontologia ou funcionários que fazem parte da equipe das universidades, os quais são altamente motivados no quesito higiene bucal, associados a dentistas com excelentes habilidades, especialmente treinados para o estudo específico (MANHART et al., 2004; ROULET, 1997). Ao contrário das avaliações

clínicas prospectivas, o presente estudo apresentou resultados significativos de forma extremamente rápida e oportuna. Avaliações clínicas requerem cinco anos ou mais, limitam o estudo a poucas amostras de população (devido aos altos custos) e podem chegar a resultados inconclusivos em virtude da alta variabilidade da população estudada (DELONG; DOUGLAS 1991). No que se refere ao tema desta investigação, diferenças podem ser facilmente detectadas entre os dois grupos experimentais, enquanto outros estudos não foram capazes de detectar essas diferenças entre *inlays* e restaurações de resina composta direta (MANHART et al., 2004; ROULET, 1997; WASSEL; WALLS; McCABE, 2000). Além de tudo, os materiais e os produtos utilizados para os ensaios clínicos podem não estar mais disponíveis no mercado ao final da pesquisa devido, muitas vezes, à hiperatividade do mercado de produtos odontológicos e a mudanças nas estratégias de venda, que os fazem ter vida útil curta para a disponibilidade de venda. A melhor reprodução das situações clínicas é representada pelo teste de fadiga acelerada empregado neste estudo, originalmente introduzido por Fennis et al. (2004), por ser uma avaliação intermediária entre o teste de resistência à fratura e o teste de fadiga tradicional (KUIJS et al., 2006; MAGNE; KNEZEVIC, 2009a, 2009b). Testes que utilizam carga estática não são realísticos porque os espécimes são forçados a falhar sob o dispositivo de deslocamento da carga e isso gera dados sob circunstâncias drásticas, com significado clínico limitado (SCHLICHTING et al., 2011). Ao mesmo tempo, os testes de fadiga tradicionais (pouca carga/muitos ciclos) demandam muito tempo e, como demonstrado por Kuijs et al. (2006) em alguns testes-piloto, os espécimes falharam apenas sob cargas moderadas e depois de 1.000.000 de ciclos. A máquina de fadiga de ciclo fechado servo-hidráulica utilizada no presente estudo reproduz de forma muito próxima a mastigação humana fisiológica, pois proporciona um *feedback* constante como o sistema neuromuscular e apresenta uma correspondência excelente com dados de avaliações clínicas (DELONG; DOUGLAS, 1991). Portanto, esse teste representa um ótimo meio-termo entre ensaios clínicos e outros métodos disponíveis *in vitro* (KUIJS et al., 2006).

Uma nova abordagem empregada no presente estudo foram a detecção e a localização de trincas do esmalte nos dentes, antes e depois da restauração. Isso representa uma nova forma de avaliar os efeitos da contração de polimerização em uma abordagem mais relevante clinicamente, em vez de avaliar os espécimes de resina composta ou a deflexão cuspídea isoladamente. Esse protocolo pode representar um novo padrão de avaliação de materiais resinosos diretos. Grandes trincas horizontais no esmalte (Figura 4-C) são esperadas na base das cúspides no caso de restauração do tipo classe II MOD

amplas (MAGNE et al., 2008; VERSLUIS et al., 2004). Os resultados revelam que os *inlays*, ou melhor, as restaurações indiretas, são o padrão ouro em relação à propensão de trincas, pois apenas um espécime dos 15 presentes no grupo MZ100 apresentou uma trinca (menor que 3 mm) após uma semana da restauração concluída. Pode prever-se que a maioria das trincas presentes na base das cúspides, como as observadas em 40% dos dentes no grupo M2, podem induzir microinfiltração e sensibilidade pós-operatória. Enquanto esse resultado pôde ser previsto (quantidade grande de resina composta que sofre contração), não era esperado que 53% dos dentes no grupo M2 não apresentassem sequer uma trinca após uma semana da restauração finalizada. Dois elementos podem contar para esse resultado. Primeiro, o uso do sistema adesivo OptiBond FL, o qual pode ter contribuído para a absorção parcial do *stress* gerado, a partir da contração de polimerização, em virtude de sua alta viscosidade e espessura que ultrapassa 100  $\mu\text{m}$  (CHOI; CONDON; FERRACANE, 2000; STAVRIDAKIS; KREJCI; MAGNE, 2005). Segundo, por ser a Miris 2 uma resina composta micro-híbrida com alto conteúdo de carga (65% em volume e 80% em peso) com nanopartículas (cargas que variam de 0,02 a 2,5 microns), resulta em um material com menor contração de polimerização se comparada a formulações prévias (Miris). A resina composta Miris 2 é indicada para múltiplas finalidades, como restaurações diretas e indiretas, anteriores e posteriores. É particularmente indicada para propósitos biomiméticos devido ao seu conceito simplificado de incrementos anatômicos: "massas de esmalte para repor esmalte e massas de dentina para substituir a dentina", alcançando propriedades ópticas mais favoráveis (MAGNE et al., 2008) e melhor comportamento para esculpir a resina (CHIANG; KNEZEVIC; KUNZELMANN, 2008). O significado clínico das trincas de esmalte induzidas pela contração de polimerização pode ser questionado. Opdam et al. (2010) não reportaram problemas significativos em restaurações amplas de resina composta direta (envolvendo três, quatro e cinco faces) após 12 anos. Estudos clínicos não utilizam detecção e localização de trincas por meio da transiluminação, portanto pode não ser possível formular qualquer conclusão a partir dos dados coletados. Pode ser hipotetizado que a subsequente absorção de água, que é um fenômeno conhecido dos materiais resinosos, pode lentamente compensar o *stress* gerado pela contração, permitindo assim reverter os efeitos negativos dessas trincas. Na verdade, a contração de polimerização pode ser totalmente compensada pela expansão higroscópica dentro de quatro semanas após a restauração, mesmo tendo a resina composta propriedades hidrofóbicas (VERSLUIS et al., 2011). O efeito de reverter o *stress* advindo da absorção de água pode não ter ocorrido na

presente investigação, porque os espécimes foram testados apenas uma semana da conclusão da restauração, assim possivelmente contribuindo para a diferença entre os dois grupos.

Os *inlays* de MZ100 são confeccionados com material resinoso pré-polymerizado e, por isso, não sofrem *stress* na pós-polymerização ou microfaturas advindas desse fenômeno. Tanto quanto Miris 2, MZ100 é uma resina micro-híbrida (66% de carga em volume e 85% em peso) com partículas de carga esferoidais de zircônia e sílica. Magne e Knezevic (2009a, 2009b) compararam previamente *onlays* de MZ100 e de Miris 2 em testes de fadiga acelerada em dentes tratados endodonticamente, os quais alcançaram performances similares. O excelente comportamento das restaurações indiretas de MZ100 e M2 não é regra nos dados encontrados na literatura. Os resultados das primeiras pesquisas com resinas compostas indiretas eram pobres no início de sua comercialização, pois apresentavam baixo módulo de elasticidade (menos que 6 GPa) e baixo conteúdo de carga (menos de 60% em volume). Os primeiros sistemas para restaurações indiretas, diferentes de MZ100 e Miris 2, foram concebidos para satisfazer os pedidos dos técnicos em prótese dental, a fim de simular as propriedades de manipulação semelhantes às da porcelana. Esse comportamento mais fluido, então, permitiu que o material pudesse ser manipulado com pincéis (como a porcelana), mas isso tornava o material mais pobre em suas propriedades mecânicas (CESAR; MIRANDA; BRAGA, 2001; MANHART et al., 2004). Outro elemento que pode ter contribuído para o alto sucesso dos *inlays* de MZ100 foi a aplicação da técnica de SDI e sua combinação com a cimentação de resina composta preaquecida como material cimentante, pois esse protocolo tem provado produzir falhas não adesivas (MAGNE; KNEZEVIC, 2009a, 2009b; MAGNE et al., 2010; SCHLICHTING et al., 2011).

Pode-se concluir que ambos os grupos alcançaram excelentes resultados até a carga de 1.200 N, o que excede facilmente as forças mastigatórias fisiológicas humanas, que variam de 8 a 880 N (BATES; STAFFORD; HARRISON, 1976). Mesmo as forças de mordida máximas de 600 a 900 N (WALTIMO; KÖNÖNEN, 1993, 1995) foram suportadas por todos os espécimes em ambos os grupos, sendo as diferenças apenas observadas nas últimas etapas de carga (1.200 e 1.400 N). Essas grandes forças são raramente alcançadas em circunstâncias rotineiras, sendo vistas apenas em traumas ou acidentes mastigatórios. Acima de tudo, a maioria das falhas no grupo M2 foram restauráveis. Baseando-se nos dados apresentados, não pode ser concluído que cavidades amplas MOD não podem ser restauradas com resina composta direta Miris 2. Tais restaurações, mesmo apresentando uma maior

propensão a trincas e fraturas a cargas mais elevadas, podem servir bem a pacientes que têm acesso limitado a recentes ferramentas da tecnologia CAD/CAM.

## CONCLUSÕES

Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, pode ser concluído que:

a) *inlays* de resina composta fabricados pela técnica CAD/CAM são ideais para restaurar cavidades amplas MOD. Eles aumentam a resistência à fadiga de molares restaurados quando comparados a restaurações diretas de resina composta. Nenhum dos *inlays* falhou antes dos 185.000 ciclos, enquanto apenas dois espécimes (13%) sobreviveram à ciclagem completa de fadiga no grupo de resina composta direta;

b) no grupo de restaurações de resina composta direta a maioria das fraturas foram restauráveis (77%);

c) restaurações amplas de resina composta têm uma propensão a trincas criadas pela contração de polimerização significativamente maior (47%) comparadas aos *inlays* (7%); e

d) enquanto ambos os grupos alcançaram excelentes resultados de resistência à fadiga sob cargas mastigatórias fisiológicas, os *inlays* de resina composta fabricados pela tecnologia CAD/CAM podem ter sua indicação estendida para pacientes que apresentam alta carga mastigatória.

## Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes, Brasil), pela bolsa de estudos PDEE nº BEX 2383-10-1; à Elisa Oderich, por sua assistência na análise estatística; à 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA, pela doação dos blocos de Paradigm MZ100 e resina composta Z100; à Kerr, Orange, CA, EUA, pelo sistema adesivo Optibond FL; à Ultradent, South Jordan, UT, EUA, por ceder ácido fosfórico Ultra-etch, Silane e Valo; à companhia Addent, Danbury, CT, EUA, pelo transiluminador Microlux; à Heraeus Kulzer, Armonk, NY, EUA, pela resina

acrílica Palapress; e à Coltène-Whaledent, Altstätten, Suíça, pela doação da resina composta Miris 2.

## REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, V. et al. Effect of cycling loading on marginal adaptation and bond strength in direct vs. indirect class II MO composite restorations. *Oper. Dent.*, v. 33, n. 5, p. 587-592, 2008.
- BATES, J. F.; STAFFORD, G. D.; HARRISON, A. Masticatory function – a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *J. Oral Rehabil.*, v. 3, n. 1, p. 57-67, 1976.
- BINDL, A.; MÖRMANN, W. H. Clinical and SEM evaluation of all-ceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. *Eur. J. Oral Sci.*, n. 111, n. 2, p. 163-169, 2003.
- BLANKENAU, R. J.; KELSEY, W. P.; CAVEL, W. T. A direct posterior restorative resin inlay technique. *Quintessence Int.*, v. 15, n. 5, p. 515-516, 1984.
- BORTOLOTTI, T.; ONISOR, I.; KREJCI, I. Proximal direct composite restorations and chairside CAD/CAM inlays: marginal adaptation of a two-step self-etch adhesive with and without selective enamel conditioning. *Clin. Oral Invest.*, v. 11, n. 1, p. 35-43, 2007.
- CESAR, P. F.; MIRANDA, W. G. Jr; BRAGA, R. R. Influence of shade and storage time on flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. *J. Prosthet. Dent.*; v. 86, n. 3, p. 289-296, 2001.
- CHIANG, Y. C.; KNEZEVIC, A.; KUNZELMANN, K. H. Slumping during sculpturing of composite materials. *Dent. Mater.*, v. 24, n. 12, p. 1594-1601, 2008.

CHOI, K. K.; CONDON, J. R.; FERRACANE, J. L. The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. *J. Dent. Res.*, v. 79, n. 3, p. 812-817, 2000.

CLARK, D. J.; SHEETS, C. G.; PAQUETTE, J. M. Definitive diagnosis of early enamel and dentin cracks based on microscopic evaluation. *J. Esthet. Restor. Dent.*, v. 15, n. 7, p. 391-401, 2003.

DAVIDSON, C. L.; DE GEE, A. J. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J. Dent. Res.*, v. 63, n. 2, p. 146-148, 1984.

DAVIDSON, C. L.; DE GEE, A. J.; FEILZER, A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J. Dent. Res.*, v. 63, n. 12, p. 1396-1399, 1984.

DELONG, R.; DOUGLAS, W. H. An artificial oral environment for testing dental materials. *IEEE Trans Biomed. Eng.*, v. 38, n. 4, p. 339-345, 1991.

DIETSCHI, D. et al. Marginal adaptation and seal of direct and indirect class II composite resin restorations: an in vitro evaluation. *Quintessence Int.*, v. 26, n. 2, p. 127-138, 1995.

FASBINDER, D. J. Restorative material options for CAD/CAM restorations. *Comp. Cont. Educ. Dent.*, v. 23, n. 10, p. 911-916, 2002.

FEILZER, A. J.; DE GEE, A. J.; DAVIDSON, C. L. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J. Dent. Res.*, v. 66, n. 11, p. 636-639, 1987.

FENNIS, W. M. et al. fatigue resistance of teeth restored with cuspal-coverage composite restorations. *Int. J. Prosthodont.*, v. 17, n. 3, p. 313-317, 2004.

HAN, L. et al. Enamel micro-cracks produced around restorations with flowable composites. *Dent. Mater. J.*, v. 24, n. 1, p. 83-91, 2005.

KREJCI, I.; STAVRIDAKIS, M. New perspectives on dentin adhesion – differing methods of bonding. *Pract. Periodont. Aesthet. Dent.*, v. 12, n. 18, p. 727-732, 2000.

KUIJS, R. H. et al. A comparison of fatigue resistance of three material for cuspl-replacing adhesive restorations. *J. Dent.*, v. 34, n. 1, p. 19-25, 2006.

KUNZELMANN, K. H. et al. Wear evaluation of MZ100 compared to ceramic CAD/CAM materials. *Int. J. Comput. Dent.*, v. 4, n. 3, p. 171-184, 2001.

KUROE, T. et al. Contraction stress of composite resin build-up procedures for pulpless molars. *J. Adhes. Dent.*, v. 5, n. 1, p. 71-77, 2003.

LEINFELDER, K. F. Indirect posterior composite resins. *Compend. Contin. Educ. Dent.*, v. 26, n. 7, p. 495-503, 2005. quiz 504, 527.

MAGNE, P.; DIETSCHI, D.; HOLZ, J. Esthetic restorations for posterior teeth: practical and clinical considerations. *Int. J. Period. Rest. Dent.*, v. 16, n. 2, p. 104-119, 1996.

MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence Int.*, v. 40, n. 2, p. 125-133, 2009a.

MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence Int.*, v. 40, n. 9, p. 729-737, 2009b.

MAGNE, P. et al. Direct Dentin bonding technique sensitivity when using air/suction drying steps. *J. Esthet. Restor. Dent.*, v. 20, n. 2, p. 130-138, 2008.

MAGNE, P. et al. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *J. Prosthet. Dent.*, v. 104, n. 3, p. 149-157, 2010.

MAGNE, P.; SO, W. S.; CASCIONE, D. Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. *J. Prosthet. Dent.*, v. 98, n. 3, p. 166-174, 2007.

MANHART, J. et al. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper. Dent.*, v. 29, n. 5, p. 481-508, 2004.

MARCHESI, G. et al. Contraction stress of low-shrinkage composite materials assessed with different testing systems. *Dent. Mater.*, v. 26, n. 10, p. 947-953, 2010.

MARTIN, N.; JEDYNAKIEWICZ. Clinical performance of CEREC ceramic inlays: a systematic review. *Dent. Mater.*, v. 15, n. 1, p. 54-61, 1999.

MEHL, A.; HICKEL R. Current state of development and perspectives of machine-based production methods for dental restorations. *Int. J. Comput. Dent.*, v. 2, n. 1, p. 9-35, 1999.

MÖRMANN, W.; KREJCI, I. Computer-designed inlays after 5 years in situ: clinical performance and scanning electron microscopic evaluation. *Quintessence Int.*, v. 23, n. 2, p. 109-115, 1992.

NAYIF, M. M. et al. Bond strength and ultimate tensile strength of resin composite filled into dentine cavity; effect of bulk and incremental technique. *J. Dent.*, v. 36, n. 3, p. 228-234, 2008.

OPDAM, N. J. et al. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J. Dent. Res.*, v. 89, n. 10, p. 1063-1067, 2010.

- OTTO, T.; DE NISCO, S. Computer-aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *Int. J. Prosthodont.*, v. 15, n. 2, p. 122-128, 2002.
- PEUTZFELDT, A.; ASMUSSEN, E. The effect of postcuring on quantity of remaining double bonds, mechanical properties, and in vitro wear of two resin composites. *J. Dent.*, v. 28, n. 6, p. 447-452, 2000.
- ROULET, J. F. Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. *J. Dent.*, v. 25, n. 6, p. 459-473, 1997.
- RUSIN, R. P. Properties and applications of a new composite block for CAD/CAM. *Comp. Cont. Educ. Dent.*, v. 22, n. 6, p. 35-41, 2001.
- SCHLICHTING L. H. et al. Novel-design ultra-thin CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion. *J. Prosthet. Dent.*, v. 105, n. 4, p. 217-226, 2011.
- SMITH, B. G.; CARDWELL, J. E. One visit ceramic restorations made at the chairside: the CEREC machine. *Restorative Dent.*, v. 5, n. 3, p. 60-65, 1989.
- STAVRIDAKIS, M. M.; KREJCI, I.; MAGNE, P. Immediate dentin sealing of onlay preparations: thickness of pre-cured dentin bonding agent and effect of surface cleaning. *Oper. Dent.*, v. 30, n. 6, p. 747-757, 2005.
- SULIMAN, A. A.; BOYER, D. B.; LAKES, R. S. Cusp movement in premolars resulting from composite polymerization shrinkage. *Dent. Mater.*, v. 9, n. 1, p. 6-10, 1993.
- TANTBIROJN, D. et al. Tooth deformation pattern in molars after composite restoration. *Dent. Mater.*, v. 20, n. 6, p. 535-542, 2004.

- TOUATI, B.; AIDAN, N. Second generation laboratory composite resins for indirect restorations. *J. Esthet. Dent.*, v. 9, n. 3, p. 108-118, 1997.
- TSITROU, E. A.; VAN NOORT, R. Minimal preparation designs for single posterior indirect prostheses with the use of the Cerec system. *Int. J. Comp. Dent.*, v. 11, n. 3-4, p. 227-240, 2008.
- VAN DIJKEN, J. W. V. A 6-year evaluation of a direct composite resin inlay/onlay system and glass ionomer cement-composite resin sandwich restorations. *Acta Odontol. Scand.*, v. 52, n. 6, p. 368-376, 1994.
- VERSLUIS, A. et al. Can hygroscopic expansion compensate polymerization shrinkage? Part I. Deformation of restored teeth. *Dent. Mater.*, v. 27, n. 2, p. 126-133, 2011.
- VERSLUIS, A. et al. Residual shrinkage stress distributions in molars after composite restoration. *Dent. Mater.*, v. 20, n. 6, p. 554-564, 2004.
- WALTIMO, A.; KÖNÖNEN, M. A novel bite force recorder and maximal isometric bite force values for healthy young adults. *Scand. J. Dent. Res.*, v. 101, n. 3, p. 171-175, 1993.
- WALTIMO, A.; KÖNÖNEN, M. Maximal bite force and its association with signs and symptoms of craniomandibular disorders in young finnish non-patients. *Acta Odontol. Scand.*, v. 53, n. 4, p. 254-258, 1995.
- WASSEL, R. W.; WALLS, A. W.; McCABE, J. F. Direct composite inlays versus conventional composite restorations: 5-year follow up. *J. Dent.*, v. 28, n. 6, p. 375-382, 2000.
- YAMAMOTO, T. et al. Calculation of contraction stresses in dental composites by analysis of crack propagation in the matrix surrounding a cavity. *Dent. Mater.*, v. 25, n. 4, p. 543-550, 2009.



# Artigo II

---

---





## Resistência à fadiga e propensão a trincas em restaurações amplas diretas de resina composta do tipo sanduíche superfechado

### RESUMO

Objetivo: este estudo avaliou *in vitro* a influência do uso de cimento de ionômero de vidro convencional (CIV) *versus* o de cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR) como material de base para restaurações do tipo sanduíche superfechado em cavidades MOD amplas e seus efeitos na propensão a trincas induzidas pela polimerização e na resistência à fadiga acelerada. Dados previamente publicados sobre a performance de restaurações de resina composta direta tradicionais (grupo M2) e restaurações indiretas fabricadas pelo sistema CAD/CAM (grupo MZ100) foram incluídos para comparações.

Métodos: um preparo dental padronizado do tipo MOD foi aplicado a 30 molares superiores extraídos (5 mm de profundidade e 5 mm de largura no sentido vestibulopalatino). A técnica de restauração do tipo sanduíche "superfechado" foi utilizada, na qual o sistema adesivo (Optibond FL) foi primeiramente aplicado, seguido da confecção de uma base a partir de Ketac Molar (grupo KM) ou Fuji II LC (Grupo FJ), deixando um espaço oclusal remanescente de 2 mm para a cobertura com resina composta direta (Miris 2). As trincas de esmalte induzidas pela contração de polimerização foram localizadas com fotografias associadas com transiluminação. A mastigação isométrica cíclica (5 Hz) foi simulada, iniciando com a carga de 200 N (5.000 ciclos), seguida pelos estágios de 400, 600, 800, 1.000, 1.200 e 1.400 N, até o máximo de 30.000 ciclos cada. Os espécimes receberam carga até a fratura ou o máximo de 185.000 ciclos. Os grupos foram comparados analisando-se a curva de sobrevivência ( $\alpha=0,008$ , correção de Bonferroni).

Resultados: as restaurações de sanduíche superfechado com CIVMR (grupo FJ) mostraram taxa de sobrevivência mais alta dentre as técnicas diretas (40% de espécimes intactos), mas não diferiram estatisticamente do grupo KM (20%) ou de resina composta tradicional (13%, dados prévios). Restaurações do tipo sanduíche geraram menos trincas induzidas pela contração de polimerização quando comparado ao grupo M2. Nenhuma das técnicas diretas alcançou a performance dos *inlays* de MZ100 (sem fraturas e quase nenhuma trinca, dados prévios). A maioria das falhas foram restauráveis (acima da junção cimento-esmalte – JCE), e apenas um espécime do grupo FJ fraturou

abaixo do limite cimento-esmalte (*versus* três espécimes no grupo KM e três no grupo das restaurações tradicionais de resina composta).

Conclusões: a inclusão das bases de CIV/CIVMR sob restaurações amplas de resina composta não influencia na resistência à fadiga e tende a diminuir a propensão a trincas em esmalte geradas pela contração de polimerização. Os *inlays* de resina composta (MZ100) continuam sendo o padrão ouro em relação à resistência e à estabilidade cuspídea.

## INTRODUÇÃO

Os procedimentos adesivos na Dentística Operatória dependem dos sistemas adesivos, os quais têm sido continuamente melhorados. Entretanto, os altos valores de adesão obtidos, combinados com o aumento da eficiência e da intensidade das luzes fotopolimerizadoras, contribuem ainda mais para o desafio em minimizar os efeitos da contração de polimerização (FEILZER et al., 1995; UNTERBRINK; MUESSNER, 1995), os quais geram efeitos deletérios na estabilidade da interface adesiva (DAVIDSON, 1986; DAVIDSON; DE GEE, 1984; DAVIDSON; DE GEE; FEILZER, 1984). Amplas cavidades MOD em dentes posteriores são particularmente desafiadoras, pois essa configuração possui alto Fator-C (DAVIDSON; DE GEE; FEILZER, 1984; NIKOLAENKO et al., 2004; UNTERBRINK; LIEBENBERG, 1999), reduzida capacidade de escoamento (DAVIDSON; FEILZER, 1997) e necessita de grande volume de material restaurador (BRAGA et al., 2006; VERSLUIS et al., 2004). Inúmeras consequências clínicas são esperadas como microinfiltração (CHOI; CONDON; FERRACANE, 2000; LOGUERCIO et al., 2002), sensibilidade pós-operatória (VILKINIS; HÖRSTED-BINDSLEV; BÆLUM, 2000), deformação cuspídea (ALOMARI; REINHARDT; BOYER, 2001; VERSLUIS et al., 2004) e microfaturas da estrutura dental (MAGNE et al., 2008, Artigo I). Devido aos fatos acima mencionados, tem sido sugerida a indicação de restaurações de resina composta direta apenas a cavidades pequenas a médias e o uso de restaurações indiretas cimentadas (*inlays* ou *onlays*) para a reabilitação de cavidades amplas (DIETSCHI; MAGNE; HOLZ, 1994; MAGNE; DIETSCHI; HOLZ, 1996). Restaurações diretas, entretanto, passaram a ser alternativas bastante favoráveis do ponto de vista socioeconômico até para cavidades amplas (Opdam et al., 2010).

As restaurações do tipo sanduíche, primeiramente introduzidas por McLean (McLEAN et al., 1985; McLEAN; WILSON, 1977), constituíram uma solução conveniente para solucionar o problema da contração de polimerização e da pobre adesão à dentina das primeiras formulações dos sistemas adesivos. Por meio da combinação de uma base de cimento de ionômero de vidro (CIV) como um substituto da dentina, coberto por resina composta como uma camada de "esmalte", a quantidade de contração de polimerização pode ser reduzida, limitando então o *stress* residual e, conseqüentemente, contribuindo para melhor selamento marginal (KNIBBS, 1992; McLEAN et al., 1985; McLEAN; WILSON, 1977) e maior estabilidade cuspídea (ALOMARI et al., 2001). Nas restaurações sanduíche aberto, o CIV

permanece exposto na margem cervical. Essa localização é de particular importância porque o CIV tem a capacidade de liberar flúor e inibir a desmineralização da dentina comparado à resina composta (TANTBIROJN et al., 2009). Essa característica específica foi particularmente importante durante os anos 1980 devido à falta de sistemas adesivos dentinários confiáveis (FOLWACZNY et al., 2001). Contudo, estudos clínicos sobre restaurações sanduíche aberto com CIV convencional demonstraram baixa taxa de sucesso clínico e alguns autores deixaram de recomendar essa técnica restauradora (VAN DIJKEN, 1994; WELBURY; MURRAY, 1990). Muitas razões contribuem para esse insucesso. O CIV sofre com dissolução progressiva devido à sua alta susceptibilidade à umidade logo após a sua manipulação, e ainda permanece exposto ao ambiente ácido da região proximal, comparado, por exemplo, às restaurações na região vestibular (VAN DIJKEN, 1994; WELBURY; MURRAY, 1990). Mecanicamente, ele também exibe baixa resistência flexural se comparado à resina composta, contribuindo para a ocorrência de muitas fraturas (VAN DIJKEN, 1994).

Por esses motivos, o CIV passou a ser substituído por CIV modificado por resina (CIVMR) para o aperfeiçoamento das restaurações sanduíche, resultando em uma adaptação marginal à dentina ainda melhor se comparada a restaurações de compômero ou bases de materiais resinosos de polimerização dual (DIETRICH et al., 1999; FRIEDL et al., 1997; KOUBI et al., 2010; LOGUERCIO et al., 2002). Em alguns estudos clínicos, as restaurações sanduíche aberto com CIVMR alcançaram resultados similares a restaurações diretas de resina composta após nove anos de avaliação (LINDBERG; VAN DIJKEN; LINDBERG, 2007; VILKINIS; HÖRSTED-BINDSLEV; BAELUM, 2000). Outros têm enfatizado a baixa ocorrência de sensibilidade pós-operatória e a pouca recorrência de cárie nessa técnica restauradora (VAN DIJKEN; KIERI; CARLÉN, 1999).

Na versão fechada da restauração sanduíche, a base de CIV ou CIVMR é totalmente confinada dentro do preparo cavitário e não se estende para as margens. Van Dijken (1994) demonstrou, em uma investigação clínica de seis anos, a superioridade dos sanduíches fechados (23,5% de falhas), mesmo com o uso de CIV convencional, comparados a restaurações sanduíche aberto (necessitaram de substituição em 75% dos casos). Essa configuração, quando utilizada com CIVMR, também demonstrou menor microinfiltração comparada à resina composta (SIDHU; HENDERSON, 1992).

A formação de rachaduras na base de CIV e as fendas internas podem ser geradas como consequência da desidratação do material antes dos procedimentos adesivos. Essas fendas também podem ser resultado da

viscosidade aumentada dos CIV/CIVMR comparadas com os sistemas adesivos, que apresentam ótima fluidez e íntimo contato com a dentina (ALOMARI; REINHARDT; BOYER, 2001). Portanto, sugeriu-se aplicar o sistema adesivo antes da colocação da base de CIV/CIVMR (FRITZ; FINGER; UNO, 1996). Consequentemente, a evolução lógica da técnica sanduíche fechado sugerida neste estudo é chamada de restauração sanduíche "superfechado", resultado de uma pré-hibridização da dentina, procedimento que lembra o selamento dentinário imediato (SDI) (MAGNE; SO; CASCIONE, 2007). No SDI para restaurações indiretas, o período de tempo entre o selamento da dentina e a cimentação favorece o alcance da total adesão da camada híbrida, pois essa não é desafiada imediatamente pela contração de polimerização, pois a cimentação é somente realizada em outra sessão. No caso das restaurações sanduíche, o uso de bases de CIV/CIVMR promove o isolamento e a separação da interface adesiva em relação ao material resinoso acima sobreposto que sofre contração, dessa forma protegendo a interface adesiva.

Este estudo avaliou a resistência à fadiga acelerada e a propensão a trincas de esmalte induzidas pela contração de polimerização de restaurações do tipo sanduíche classe II MOD amplas, com bases de CIV ou CIVMR. As hipóteses nulas foram: a) não seriam encontradas diferenças significativas entre os dois materiais de base; e b) não haveria diferenças entre as restaurações sanduíche e as de resina composta convencional. Essas hipóteses foram testadas incluindo-se dados prévios a respeito de restaurações MOD amplas de resina composta em circunstâncias estritamente idênticas, realizadas pelo mesmo operador e autores (Artigo I).

## **MATERIAIS E MÉTODO**

Após aprovação do Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina (Processo nº 890/10) e do Comitê de Ética da University of Southern California, 30 molares superiores humanos extraídos, com dimensões e formatos similares, foram cuidadosamente separados de uma ampla coleção de dentes extraídos. Os dentes selecionados foram raspados, limpos e armazenados em uma solução de timol a 0,1%. Cada dente foi montado com resina acrílica (Palapress, Heraeus Kulzer GmbH, Dormagen, Alemanha) em um dispositivo especial, incluindo as raízes dentais até 3 mm abaixo da junção cimento-esmalte (JCE). Com o propósito de detectar e localizar as trincas geradas pela contração de polimerização, cada superfície do dente foi

fotografada utilizando-se um protocolo definido sob condições padronizadas de magnificação (câmera Nikon D50 e lente macro Sigma 105 mm), auxiliado por um *flash* circular (Sigma EM-140 DG). Em seguida, uma segunda tomada de imagens foi gerada utilizando transiluminação (Microlux, Addent, Danbury, CT, EUA) para detecção de trincas preexistentes e as novas foram geradas a partir dos procedimentos subsequentes.

### *Preparo dos espécimes*

Os preparos cavitários realizados buscaram simular a substituição de restaurações amplas do tipo classe II MOD (Figura 1), utilizando-se pontas diamantadas tronco cônicas (313.029 e 314.021, Brasseler, Savannah, GA, EUA), seguida da realização de um pequeno bisel com dimensões de 0,5 a 1 mm, a  $45^\circ$  no ângulo cervical e nos ângulos proximais ascendentes, com uma ponta diamantada em forma de chama estreita e de granulação fina (274, 011904U0, Brassler), sob constante irrigação com água e em alta rotação. Os dentes foram aleatoriamente distribuídos em dois grupos: KM (n=15), sanduíche superfechado com base em CIV (Ketac Molar, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) coberto por resina composta micro-híbrida (Miris 2, Coltène-Whaledent, Altstätten, Suíça), e grupo FJ (n=15), sanduíche superfechado com base de CIVMR (Fuji II LC; GC Corporation, Tóquio, Japão) associada com a mesma resina composta micro-híbrida do grupo anterior.

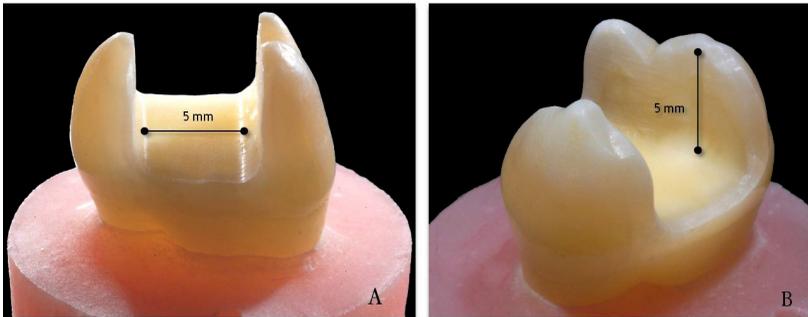


Figura 1 – Preparo MOD padronizado e suas medidas correspondentes. (A). Todas as cavidades apresentavam 5 mm de largura no sentido vestibulopalatal e (B) 5 mm de profundidade.

Em ambos os grupos, um sistema adesivo de condicionamento ácido total de três passos (Optibond FL, Kerr, Orange, CA, EUA) foi utilizado e fotopolimerizado por 20 s a 1.000 mW/cm<sup>2</sup> (Valo, Ultradent, South Jordan, UT, EUA), juntamente com a aplicação padronizada da resina composta de forma incremental. Primeiramente, as paredes proximais foram horizontalmente construídas com 2 mm de espessura de resina para dentina (Miris 2 S2), seguidas por outro incremento de no máximo 2 mm de resina para esmalte (cor NR) (Figuras 2-A e 2-B).

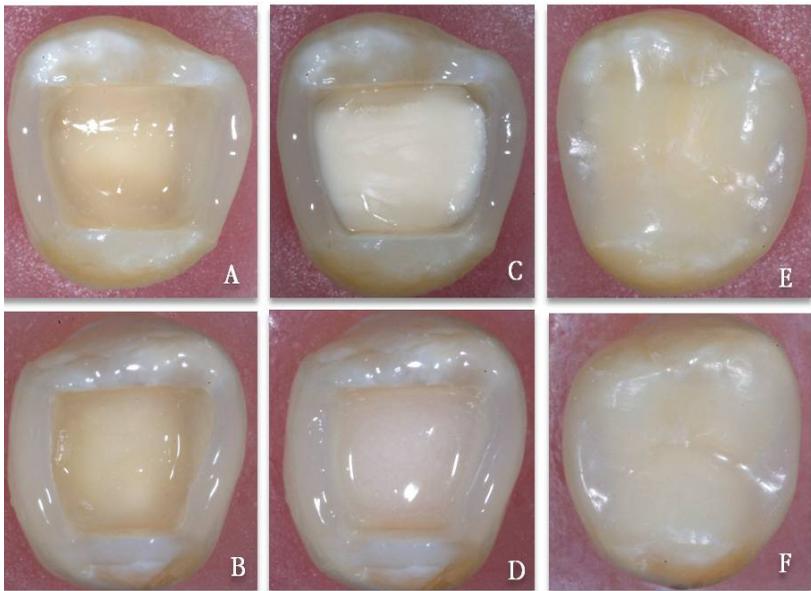


Figura 2 – Sequência restauradora básica dos grupos KM e FJ. (A e B) Paredes proximais construídas com resina composta Miris 2 nos grupos KM e FJ, respectivamente. (C e D) Base das restaurações sanduíche superfechado constituintes de CIV e CIVMR, respectivamente, ocupando 50% da cavidade. (E e F) Restaurações sanduíche superfechado finalizadas nos grupos KM e FJ, respectivamente.

Aproximadamente 50% da classe I remanescente foi preenchida com Ketac Molar (Figura 2-C, grupo KM) ou Fuji II LC (Figura 2-D, grupo FJ). Cautela especial foi tomada para o alisamento e a acamação da superfície de

CIV/CIVMR e a obtenção de pelo menos 2 mm de espaço oclusal para as últimas camadas com Miris 2 (uma camada horizontal de aproximadamente 1,5 mm de massa S2 e um incremento de 0,5 mm de espessura da resina para esmalte NR). Atentamente, a inclinação cuspídea e a anatomia oclusal foram copiadas como referência de *inlays*-modelo fabricados em um estudo prévio (Artigo I) pelo sistema CAD/CAM. Cada incremento de resina foi fotoativado por 20 s e a polimerização final foi realizada por 10 s sob um gel bloqueador de oxigênio (KY Jelly, Johnson & Johnson, Canadá). As restaurações receberam acabamento e polimento (Figuras 2-E e 2-F) de forma mecânica com brocas de tungstênio e polidores abrasivos para resina composta (kit 4477 Q-Polishing System, Komet, Lemgo, Alemanha).

### *Teste de fadiga*

Os dentes restaurados foram mantidos em água destilada à temperatura ambiente por uma semana a partir dos procedimentos adesivos. Cada face do dente foi novamente submetida à localização de trincas de esmalte. Uma máquina de mastigação artificial servo-hidráulica (Mini Bionix II, MTS Systems, Eden Prairie, MN, EUA) foi utilizada para simular as forças mastigatórias com um antagonista (Figura 3-A) em forma de uma esfera de resina composta de 7 mm de diâmetro (Filtek Z100, 3M-ESPE), pós-polimerizada a uma temperatura de 100°C por 5 min e substituída a cada espécime (MAGNE; KNEZEVIC, 2009a). Essas esferas de resina composta contactavam simultaneamente e igualmente as cúspides mesiovestibular, distovestibular e palatina (tripodismo) com cargas mastigatórias isométricas sob frequência de 5 Hz. A câmara de carga foi selada com um dispositivo de acrílico e preenchida com água destilada até a completa imersão dos espécimes (Figura 3-B). Os primeiros 5.000 ciclos serviram como um aquecimento sob carga de 200 N, seguido por cargas crescentes de 400, 600, 800, 1.000, 1.200 e 1.400 N, com o máximo de 30.000 ciclos para cada carga. Os espécimes receberam carga até a sua fratura ou até o máximo de 185.000 ciclos, com o registro de ciclos completados ao final. Sob microscopia ótica e com concordância entre dois examinadores, a distinção entre fraturas restauráveis e não restauráveis foi realizada (Figura 4).

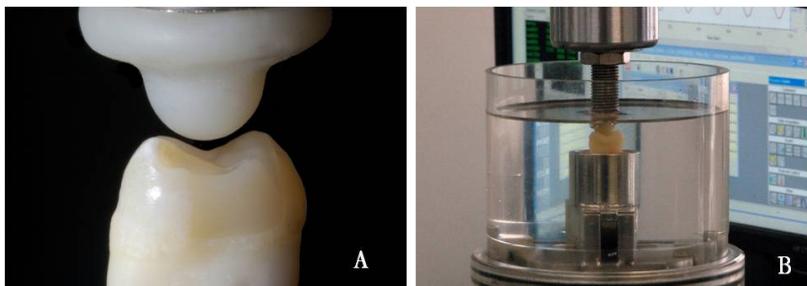


Figura 3 – Máquina de mastigação artificial para teste de fadiga. (A) Posicionamento do espécime com esfera de resina composta antagonista. (B) Imersão do espécime em água destilada.

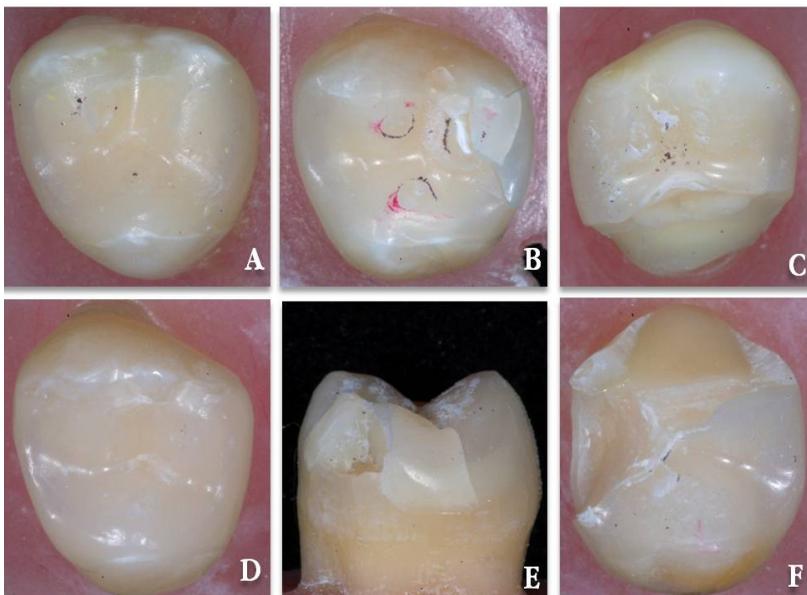


Figura 4 – Exemplos de espécimes após o teste de fadiga. (A) Espécime sobrevivente ao teste de fadiga, pertencente ao grupo KM. (B) Fratura acima da JCE, grupo KM. (C) Fratura catastrófica do grupo KM. (D) Espécime após sobrevivência a todos os ciclos de fadiga do grupo FJ. (E) Fratura restaurável do mesmo grupo. (F) Única fratura abaixo da JCE no grupo FJ.

*Deteccão e localização de trincas no esmalte*

Os espécimes foram avaliados inúmeras vezes durante o experimento com o objetivo de detectar novas trincas no esmalte, a um aumento de 2,8 x em condições padronizadas de luz e também valendo-se de transiluminação (Nikon D50 e lentes macro Sigma 105 mm utilizando *flash* circular Sigma EM-140DG ou transiluminador) antes e depois do preparo dental, uma semana após a restauração e ao final do teste de fadiga. No caso de dúvida, o espécime foi avaliado com a concordância de dois examinadores e analisado sob microscópio ótico com aumento de 10:1 (Leica MZ 125, Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha). Atenção especial foi dispensada na diferenciação entre trincas preexistentes daquelas criadas pela contração de polimerização. Com a observação de diferentes tamanhos de trincas, uma classificação com três categorias foi criada: a) sem trincas detectadas; b) trincas visíveis menores que 3 mm; e c) trincas visíveis maiores que 3 mm (Figura 5).

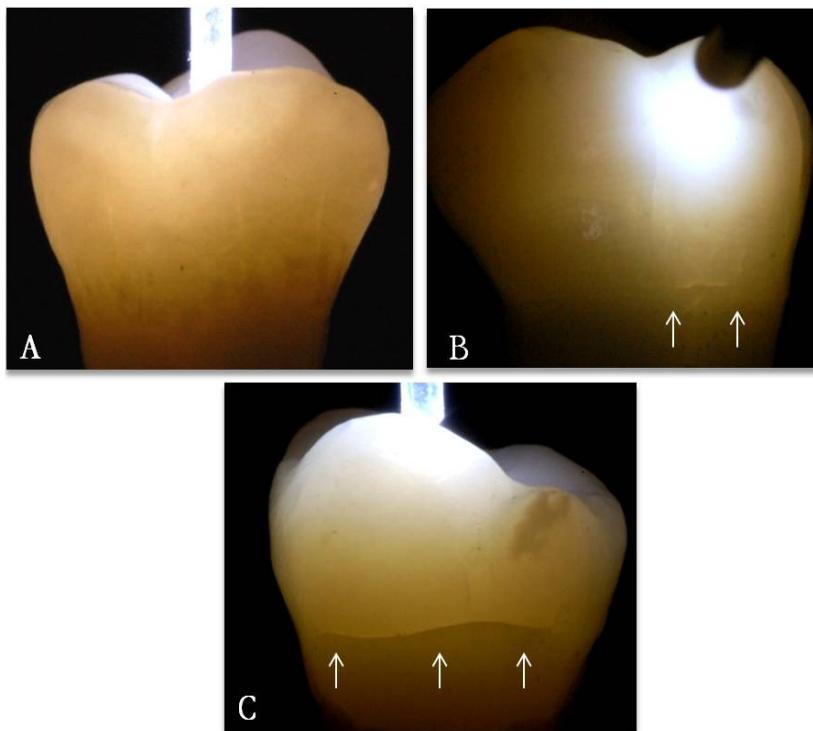


Figura 5 – Exemplos de detecção e localização de trincas. (A) Sem trincas visíveis. (B) Trincas pequenas com menos de 3 mm. (C) Trincas severas com mais de 3 mm.

### *Análise estatística*

A resistência à fadiga dos dois grupos foi comparada por meio da curva de sobrevivência de Kaplan-Meier. A cada intervalo de tempo (definido pela carga de cada intervalo), o número de espécimes que começaram cada etapa e daqueles que fraturaram durante cada intervalo foi contabilizado, formando a probabilidade de sobrevivência (%) a cada intervalo de carga. A influência do material utilizado como base sob a restauração sanduíche foi analisada comparando as curvas de sobrevivência e utilizando-se o teste *log rank* a um nível de significância de 0,05. Dados adicionais de um estudo prévio que investigou restaurações MOD amplas com resina composta (gerado em condições idênticas ao presente estudo, realizado pela mesma operadora e

autores) foram incluídos. A análise da curva de sobrevivência foi utilizada para comparar a resistência à fadiga das diferentes restaurações sanduíche (grupos KM e FJ do presente estudo), a técnica com resina composta convencional (grupo M2) e os *inlays* de resina composta Paradigm MZ100 pelo sistema CAD/CAM (grupo MZ100). Comparações *post hoc* foram realizadas para localizar as diferenças com um valor de alfa de 0,008 (correção de Bonferroni). Os dados foram analisados com o *software* estatístico MedCalc v.11.6.1.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Bélgica).

## RESULTADOS

A sobrevida entre os grupos KM e FJ não revelou diferença estatisticamente significativa ( $p=0,296$ ). A inclusão dos dados do estudo prévio (grupos MZ100 e M2), entretanto, demonstrou resultados significativos ( $p<0,001$ ). A Tabela 1 apresenta todas as comparações par a par *post hoc* do teste *log rank*.

<b>Tabela 1 – Comparações post hoc, par a par, com o teste de log rank</b>				
	MZ100*	M2*	KM	FJ
MZ100*		<0,001	<0,001	<0,001
M2*			0,787	0,205
KM				0,296
FJ				-

\*Dados previamente publicados.

Diferenças significativas entre os grupos para P valor <0,008 (correção de Bonferroni para seis comparações).

As restaurações sanduíche com base de CIVMR (grupo FJ) apresentaram a melhor taxa de sobrevivência (Figura 6) dentre as técnicas diretas (40% de espécimes intactos ao final do teste de fadiga), mas estatisticamente não diferem do grupo KM (sobrevida de 20%,  $p=0,296$ ) ou das restaurações de resina composta convencionais (sobrevida de 13%, dados prévios,  $p=0,205$ ).

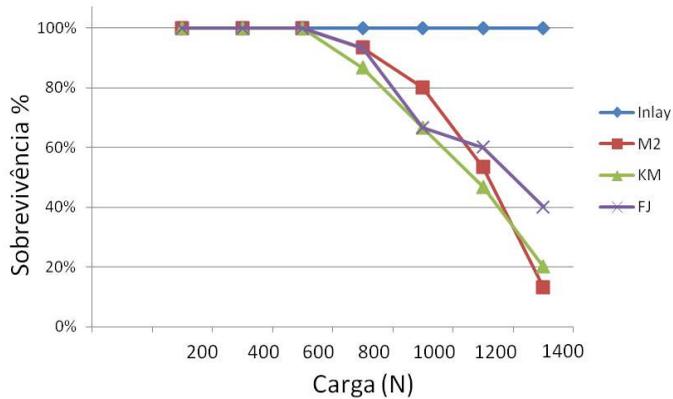


Figura 6 – Gráfico da distribuição da sobrevivência, por técnica restauradora, a cada valor de carga (n=15)

As restaurações sanduíche superfechado geraram menos trincas causadas pela contração de polimerização (Tabela 2) e também menos severas, se comparadas às do grupo restaurado exclusivamente com resina composta. Nenhuma das técnicas diretas alcançou a performance dos *inlays* de MZ100 (sem fraturas e quase sem trincas induzidas após a restauração). A Tabela 3 demonstra os resultados do modo de fratura. A maioria delas foram restauráveis (acima da JCE) e apenas um espécime do grupo FJ fraturou abaixo da JCE (*versus* três dentes do grupo KM e três das resinas convencionais). A ocorrência de novas trincas não foi observada após o preparo dental. Após o teste de fadiga, não houve a ocorrência de novas trincas horizontais, apenas múltiplas trincas verticais na maioria dos espécimes.

Tabela 2 – Propensão a trincas após uma semana das restaurações e antes do teste de fadiga			
Grupo	Sem trincas	Trincas com menos de 3 mm	Trincas com mais de 3 mm
MZ100 (n=15)	14 (93%)	1 (7%)	0 (0%)
M2 (n=15)	8 (53%)	1 (7%)	6 (40%)
KM (n=15)	10 (67%)	3 (20%)	2 (13%)
FJ (n=15)	9 (60%)	2 (13%)	4 (27%)

**Tabela 3 – Tipos de falha**

Grupo	Espécimes intactos	Fraturas acima da JCE ou restauráveis	Fraturas abaixo da JCE ou não restauráveis
MZ100 (n=15)	15	0	0
M2 (n=15)	2	10	3
KM (n=15)	3	9	3
FJ (n=15)	6	8	1

## DISCUSSÃO

Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, as hipóteses nulas foram confirmadas. Não houve diferença significativa na sobrevivência dentre as três técnicas restauradoras diretas, mesmo com 40% dos espécimes sobreviventes do grupo FJ *versus* 20% do grupo KM e 13% do grupo M2. Sobre o modo de falha, também se comportaram de forma similar, pois apenas um espécime do grupo FJ fraturou abaixo da JCE *versus* três para KM e M2. Os *inlays* de resina MZ100 aumentaram significativamente a resistência à fadiga de restaurações classe II MOD amplas quando comparadas a restaurações de resina composta direta (convencionais ou sanduíche), e houve maior ocorrência e severidade de trincas no grupo M2 quando comparado aos outros grupos. A máquina de fadiga servo-hidráulica utilizada no presente estudo reproduz de forma similar a mastigação fisiológica humana, pois proporciona um *feedback* constante como o que ocorre no sistema neuromuscular humano e apresenta excelente conformidade com dados clínicos (DELONG; DOUGLAS, 1991). Avaliações *in vivo* consomem muito mais tempo, são mais árduas e também mais desafiadoras em sua configuração, pois sofrem influências de inúmeros fatores, desde a diferença na forma de mastigação dos pacientes, os hábitos alimentares e a suscetibilidade à cárie que varia entre os participantes, assim como a necessidade de múltiplos operadores e avaliadores (OPDAM et al., 2010; ROULET, 1997). No presente estudo, pelo alto nível de padronização dos procedimentos (seleção das dimensões dos dentes, preparos dentais, protocolo de carga no teste de fadiga, anatomia oclusal desenvolvida por um único operador), foi possível limitar consideravelmente a quantidade de variáveis e obter resultados significativos em um tempo mais curto. O protocolo de fadiga acelerada, originalmente introduzida por Fennis et al.

(2004), é um teste intermediário entre o experimento de resistência à fratura e os testes de fadiga clássicos (KUIJS et al., 2006; MAGNE; KNEZEVIC, 2009a, 2009b). Em um comércio dental superativo, em que a oferta e o desenvolvimento de produtos são abundantes e normalmente têm vida curta, é importante valer-se de testes laboratoriais que forneçam avaliações rápidas e valiosas sobre o comportamento biomecânico dos novos materiais e técnicas, especialmente sob um ambiente de mastigação simulada desafiadora. Esse protocolo de carga inovador cobre as forças mastigatórias fisiológicas (8-880 N) na primeira metade do teste (BATES; STAFFORD; HARRISON, 1976) e estende-se superiormente a cargas de mordida máxima (WALTIMO; KÖNÖNEN, 1993, 1995) na segunda metade do teste, quando podem ser simuladas situações de trauma extremo e acidentes mastigatórios.

A sobrevivência dos espécimes após a carga de 1.400 N, ao final do teste, é também um indicativo de que o material ou a técnica restauradora pode ser usado para pacientes em situações mais adversas como o bruxismo, em que é comum a ocorrência de falhas em *inlays* de resina composta direta e de restaurações sanduíche (VAN DIJKEN, 1994). Nesse sentido, parece que os *inlays* de MZ100 poderiam servir como referência, estando de acordo com dados já publicados e produzidos em condições similares que mostram ausência de falhas catastróficas mesmo quando da utilização de finas facetas oclusais de MZ100 (MAGNE et al., 2010; SCHLICHTING et al., 2011). Clinicamente, as restaurações de MZ100 têm provado serem superiores a *inlays* cerâmicos em sua habilidade de correspondência da cor (KUNZELMANN et al., 2001). Apesar de seu excelente desempenho, restaurações indiretas cimentadas, muitas vezes, devem dar lugar a soluções mais econômicas. Técnicas diretas, incluindo as restaurações sanduíche, são mais fáceis e rápidas de serem executadas (VAN DIJKEN; KIERI; CARLÉN, 1999) e promovem serviços clínicos aceitáveis. Restaurações de resina composta convencionais amplas (não incluindo restaurações sanduíche) superaram o desempenho de restaurações de amálgama em um estudo clínico de 12 anos (OPDAM et al., 2010), monstrando especial vantagem em relação à sua taxa acumulada de fratura dental, fratura da restauração e dente trincado (2,3% de falhas para resina composta *versus* 11,3% para amálgama). De acordo com os resultados do presente estudo, parece que a inclusão da base de CIV/CIVMR não afeta a sobrevida das restaurações amplas e age como um aliviador do *stress* gerado pela contração da resina composta (ou um megapreenchedor "*mega filler*" que não sofre contração). Esse resultado, de alguma forma, é surpreendente, considerando que o CIV e o CIVMR têm

propriedades mecânicas inferiores quando comparados com a resina composta.

Vários elementos podem explicar o relativo bom comportamento das restaurações sanduíche no presente estudo. Primeiro, a manipulação do CIV/CIVMR tem melhorado significativamente com o advento dos sistemas encapsulados de automistura, diminuindo a ocorrência de porosidades e aperfeiçoando suas propriedades mecânicas (FLEMING; ZALA, 2003). A aplicação através de uma ponta, diretamente da cápsula no interior do preparo cavitário, torna todo o processo facilitado, mesmo em preparos com cúspides socavadas. Em segundo lugar, a técnica do sanduíche superfechado pode ter melhorado as propriedades mecânicas do CIV/CIVMR quando as bases foram aplicadas após os procedimentos adesivos. A formação de trincas e fendas internas comumente encontradas nesse material é ocasionada pela desidratação após condicionamento ácido e secagem do esmalte. Dietrich et al. (1999, 2000) já demonstraram essa preocupação e concluíram que o condicionamento ácido deve ser realizado antes da aplicação de CIVMR, mas advertem do problema da contaminação das margens de esmalte quando os procedimentos de adesão dos dois materiais distintos (CIVMR e resina composta) são aplicados na mesma cavidade. Todas essas dificuldades podem ser resolvidas com o uso de Optibond FL para a pré-hibridização da dentina (antes da aplicação de base de CIV/CIVMR). Os sistemas adesivos apresentam ótima fluidez e alcançam um íntimo contato com a dentina, com menor ocorrência de espaços vazios ou fendas, ao contrário daqueles resultantes da alta viscosidade do CIV/CIVMR (ALOMARI; REINHARDT; BOYER, 2001).

Em terceiro lugar, pode ter trazido vantagem o fato de o adesivo (frasco 2) Optibond FL ter sido aplicado sobre a superfície da base de CIV/CIVMR recém-colocada, e a fotoativação ter contribuído para o aprimoramento das propriedades mecânicas das bases devido ao calor gerado pela luz fotopolimerizadora (KLEVERLAAN; VAN DUINEN; FEILZER, 2004). A construção incremental das paredes proximais da cavidade facilitou a aplicação da base, ajudando a definir o volume de CIV/CIVMR. Pelo menos 2 mm de espaço oclusal foi mantido para a sobreposição de resina composta. A falta de espessura suficiente de resina pode explicar alguns insucessos em avaliações clínicas de restaurações sanduíche. Em quarto lugar, a absorção acelerada de água do CIVMR, que é um fenômeno conhecido em materiais resinosos, pode ter compensado o estresse gerado pela contração de polimerização, permitindo assim a reversão dos efeitos negativos das trincas formadas. De fato, a contração de polimerização pode ser totalmente compensada pela expansão higroscópica dentro de quatro semanas em

dentos restaurados com resinas, um material conhecidamente hidrofóbico, mas pode ocorrer também em apenas uma semana em CIVMR (KOUBI et al., 2010; VERSLUIS et al., 2011). O efeito de "reversão do estresse", por meio de sorção de água, pode não ter sido possível no grupo M2 porque os espécimes foram testados na máquina de fadiga acelerada apenas uma semana depois da restauração concluída. Há uma preocupação de que a excessiva sorção de água do CIVMR possa sobrecompensar a deformação causada pela contração de polimerização e causar sérios danos estruturais à sobrevivência da restauração em longo prazo (VERSLUIS et al., 2011). Entretanto, pode ser especulado que o uso de restaurações sanduíche superfechado no presente estudo limitou esse fenômeno, por efeito da aplicação do adesivo sobre a base, isolando-se o CIVMR no interior da restauração de resina composta pelo sistema adesivo.

Ao contrário das restaurações de resina diretas, as restaurações sanduíches superfechados permitem a proteção da interface adesiva gerada pelo estresse de polimerização, e o local de falha improvavelmente ocorrerá na interface resina–dentina (FRITZ; FINGER; UNO, 1996). Esse conceito, também conhecido como adesão seletiva (KREJCI; STAVRIDAKIS, 2000), parece funcionar bem quando do uso de CIV com cura química, pois previne a aderência com a resina composta e permite uma superfície livre (reduzindo o Fator-C) que minimiza os riscos de sensibilidade pós-operatória. Isso não parece ser uma limitação com Fuji II LC no presente estudo, como testemunhado pelos dados de propensão a trincas quase idênticos ao grupo KM. Fuji II LC apresenta propriedades aperfeiçoadas que o faz aplicável com sucesso até para restaurações sanduíches abertos (KOUBI et al., 2010). Com um módulo de elasticidade de 10 GPa, parece ser um excelente substituto da dentina. Na medida em que o modo de falha é uma preocupação relevante, o grupo FJ produziu a menor quantidade de fraturas não restauráveis (apenas um espécime). Esse resultado de FJ, juntamente com sua taxa mais alta de sobrevivência dentre as técnicas diretas (40%), o faz como primeira escolha para restaurações sanduíche superfechado. Essa combinação também representa uma ferramenta valiosa para tornar segura a vedação periférica de restaurações definitivas que buscam a recuperação de polpas inflamadas e a prevenção à exposição pulpar quando do manejo de cáries profundas (ALLEMAN; MAGNE, 2012; GRUYTHUYSEN; VAN STRIJP; WU, 2010; THOMPSON et al., 2008). Estudos adicionais devem avaliar a adaptação e a microinfiltração marginal dessa nova técnica sanduíche superfechado comparado ao tradicional sanduíche fechado, bem como o uso dos novos "nano-ionômeros de vidro" (CROLL; BERG, 2007).

## CONCLUSÕES

Este estudo sugere que a inclusão de bases de CIV/CIVMR sob amplas restaurações de resina composta não afeta a sua resistência à fadiga e tende a decrescer a propensão a trincas causadas pela contração de polimerização. A maioria das falhas foram restauráveis (acima da JCE), com apenas um espécime no grupo FJ fraturado abaixo da JCE (*versus* três no grupo KM e três na técnica tradicional com resina composta). Nenhuma das técnicas diretas testadas neste experimento pôde confrontar o comportamento excepcional dos *inlays* de resina composta (MZ100), que permanecem com o padrão ouro para resistência e estabilidade cuspídea.

### *Agradecimentos*

Os autores desejam expressar sua gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes, Brasil), pela bolsa de estudos n° BEX 2383-10-1); à Elisa Oderich, por sua cooperação na análise estatística; à GC Corporation, Tóquio, Japão, pela doação de Fuji II LC; à 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA, pelo Ketac Molar e pela resina composta Z100; à Kerr, Orange, CA, EUA, pelo sistema adesivo Optibond FL; à Ultradent, South Jordan, UT, EUA, por ceder ácido fosfórico Ultra-etch, Silane e Valo; à companhia Addent, Danbury, CT, EUA, pelo transiluminador Microlux; à Heraeus Kulzer, Armonk, NY, EUA, pela resina acrílica Palapress; e à Coltène-Whaledent, Altstätten, Suíça, pela doação da resina composta Miris 2.

## REFERÊNCIAS

ALLEMAN, D. S.; MAGNE, P. A systematic approach to deep caries removal end points: the peripheral seal concept in adhesive dentistry. *Quintessence Int.*, v. 43, n. 3, p. 197-208, 2012.

ALOMARI, Q. D.; REINHARDT, J. W.; BOYER, D. B. Effect of liners on cusp deflection and gap formation in composite restorations. *Oper. Dent.*, v. 26, n. 4, p. 406-411, 2001.

BATES, J. F.; STAFFORD, G. D.; HARRISON, A. Masticatory function – a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *J. Oral Rehabil.*, v. 3, n. 1, p. 57-67, 1976.

BRAGA, R. R. et al. Influence of cavity dimensions and their derivatives (volume and 'C' factor) on shrinkage stress development and microleakage of composite restorations. *Dent. Mater.*, v. 22, n. 9, p. 818-823, 2006.

CHOI, K. K.; CONDON, J. R.; FERRACANE, J. L. The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. *J. Dent. Res.*, v. 79, n. 3, p. 812-817, 2000.

CROLL, T. P.; BERG, J. H. Resin-modified glass-ionomer restoration of primary molars with proximating class II caries lesions. *Compend. Contin. Educ. Dent.*, v. 28, n. 7, p. 372-376, 2007.

DAVIDSON, C. L. Resisting the curing contraction with adhesive composites. *J. Prosthet. Dent.*, v. 55, n. 4, p. 446-447, 1986.

DAVIDSON, C. L.; DE GEE, A. J. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J. Dent. Res.*, v. 63, n. 2, p. 146-148, 1984.

DAVIDSON, C. L.; DE GEE, A. J.; FEILZER, A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J. Dent. Res.*, v. 63, n. 12, p. 1396-1399, 1984.

DAVIDSON, C. L.; FEILZER, A. J. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J. Dent.*, v. 25, n. 6, p. 435-440, 1997.

DELONG, R.; DOUGLAS, W. H. An artificial oral environment for testing dental materials. *IEEE Trans Biomed. Eng.*, v. 38, n. 4, p. 339-345, 1991.

DIETRICH, T. et al. Marginal integrity of large compomer class II restorations with cervical margins in dentine. *J. Dent.*, v. 28, n. 6, p. 399-405, 2000.

DIETRICH, T. et al. Marginal adaptation of direct composite and sandwich restorations in class II cavities with cervical margins in dentine. *J. Dent.*, v. 27, n. 2, p. 119-128, 1999.

DIETSCHI, D.; MAGNE, P.; HOLZ, J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. *Quintessence Int.*, v. 25, n. 10, p. 659-677, 1994.

FELTZER, A. J. et al. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur. J. Oral Sci.*, v. 103, n. 5, p. 322-326, 1995.

FENNIS, W. M. et al. Fatigue resistance of teeth restored with cuspal-coverage composite restorations. *Int. J. Prosthodont.*, v. 17, n. 3, p. 313-317, 2004.

FLEMING, G. J.; ZALA, D. M. An assessment of encapsulated versus hand-mixed glass ionomer restoratives. *Oper. Dent.*, v. 28, n. 2, p. 168-177, 2003.

FOLWACZNY, M. et al. Clinical performance of a resin-modified glass-ionomer and a compomer in restoring non-cariou cervical lesions. 5-year Results. *Am. J. Dent.*, v. 14, n. 3, p. 153-156, 2001.

FRIEDL, K. H. et al. Marginal adaptation of composite restorations versus hybrid ionomer/composite sandwich restorations. *Oper. Dent.*, v. 22, n. 1, p. 21-29, 1997.

FRITZ, U. B.; FINGER, W. J.; UNO, S. Marginal adaptation of resin-bonded light-cured glass ionomers in dentin cavities. *Am. J. Dent.*, v. 9, n. 6, p. 253-258, 1996.

GRUYTHUYSEN, R. J.; VAN STRIJP, A. J.; WU, M. K. Long-term survival of indirect pulp treatment performed in primary and permanent teeth with clinically diagnosed deep carious lesions. *J. Endod.*, v. 36, n. 9, p. 1490-1493, 2010.

KLEVERLAAN, C. J.; VAN DUINEN, R. N.; FEILZER, A. J. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent. Mater.*, v. 20, n. 1, p. 45-50, 2004.

KNIBBS P. The clinical performance of a glass polyalkenoate (glass ionomer) cement used in a “sandwich” technique with a composite resin to restore class II cavities. *Br. Dent. J.*, v. 172, n. 3, p. 102-107, 1992.

KOUBI, S. et al. Effect of dual cure composite as dentin substitute on the marginal integrity of class II open-sandwich restorations. *Oper. Dent.*, v. 35, n. 2, p. 165-171, 2010.

KREJCI, I.; STAVRIDAKIS, M. New perspectives on dentin adhesion – differing methods of bonding. *Pract. Periodontics Aesthet. Dent.*, v. 12, n. 8, p. 727-732, 2000.

KUIJS, R. H. et al. A comparison of fatigue resistance of three material for cuspl-replacing adhesive restorations. *J. Dent.*, v. 34, n. 1, p. 19-25, 2006.

KUNZELMANN, K. H. et al. Wear evaluation of MZ100 compared to ceramic CAD/CAM materials. *Int. J. Comput. Dent.*, v. 4, n. 3, p. 171-184, 2001.

LINDBERG, A.; VAN DIJKEN, J. W.; LINDBERG, M. Nine-year evaluation of polyacid-modified resin composite/resin composite open sandwich technique in class II cavities. *J. Dent.*, v. 35, n. 2, p. 124-129, 2007.

LOGUERCIO, A. D. et al. Microleakage in class II composite resin restorations: total bonding and open sandwich technique. *J. Adhes. Dent.*, v. 4, n. 2, p. 137-144, 2002.

MAGNE, P.; DIETSCHI, D.; HOLZ, J. Esthetic restorations for posterior teeth: practical and clinical considerations. *Int. J. Periodontics Rest. Dent.*, v. 16, n. 2, p. 104-119, 1996.

MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence Int.*, v. 40, n. 9, p. 729-737, 2009a.

MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence Int.*, v. 40, n. 2, p. 125-133, 2009b.

MAGNE, P. et al. Direct dentin bonding technique sensitivity when using air/suction drying steps. *J. Esthet. Restor. Dent.*, v. 20, n. 2, p. 130-138, 2008.

MAGNE, P. et al. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *J. Prosthet. Dent.*, v. 104, n. 3, p. 149-157, 2010.

MAGNE, P.; SO, W. S.; CASCIONE, D. Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. *J. Prosthet. Dent.*, v. 98, n. 3, p. 166-174, 2007.

McLEAN, J. W. et al. The Use of glass-ionomer cements in bonding composite resins to dentine. *Br. Dent. J.*, v. 158, n. 11, p. 410-414, 1985.

McLEAN, J. W.; WILSON, A. D. The clinical development of the glass-ionomer cement. II. Some clinical applications. *Aust. Dent. J.*, v. 22, n. 2, p. 120-127, 1977.

NIKOLAENKO, S. A. et al. Influence of C-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. *Dent. Mater.*, v. 20, n. 6, p. 579-585, 2004.

OPDAM, N. J. et al. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J. Dent. Res.*, v. 89, n. 10, p. 1063-1067, 2010.

ROULET, J. F. Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. *J. Dent.*, v. 25, n. 6, p. 459-473, 1997.

SCHLICHTING L. H. et al. Novel-design ultra-thin CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion. *J. Prosthet. Dent.*, v. 105, n. 4, p. 217-226, 2011.

SIDHU, S. K.; HENDERSON, L. J. In vitro marginal leakage of cervical composite restorations lined with a light-cured glass ionomer. *Oper. Dent.*, v. 17, n. 1 p. 7-12, 1992.

TANTBIROJN, D. et al. Inhibition of dentin demineralization adjacent to a glass-ionomer/composite sandwich restorations. *Quintessence Int*, v. 40, n. 4, p. 287-294, 2009.

THOMPSON, V. et al. Treatment of deep carious lesions by complete excavation or partial removal: a critical review. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 139, n. 6, p. 705-712, 2008.

UNTERBRINK, G. L.; LIEBENBERG, W. H. Flowable resin composites as “filled adhesives”: literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int*, v. 30, n. 4, p. 249-257, 1999.

UNTERBRINK, G. L.; MUESSNER, R. Influence of light intensity on two restorative systems. *J. Dent.*, v. 23, n. 3, p. 183-189, 1995.

VAN DIJKEN, J. W. V. A 6-year evaluation of a direct composite resin inlay/onlay system and glass ionomer cement-composite resin sandwich restorations. *Acta Odontol. Scand.*, v. 52, n. 6, p. 368-376, 1994.

VAN DIJKEN, J. W. V.; KIERI, C.; CARLÉN, M. Longevity of extensive class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass-ionomer cement. *J. Dent. Res.*, v. 78, n. 7, p. 1319-1325, 1999.

VERSLUIS, A. et al. Can hygroscopic expansion compensate polymerization shrinkage? Part I. Deformation of restored teeth. *Dent. Mater.*, v. 27, n. 2, p. 126-133, 2011.

VERSLUIS, A. et al. Residual shrinkage stress distributions in molars after composite restoration. *Dent. Mater.*, v. 20, n. 6, p. 554-564, 2004.

VILKINIS, V.; HÖRSTED-BINDSLEV, P.; BAELUM, V. Two-year evaluation of class II resin-modified glass-ionomer cement/composite open sandwich and composite restorations. *Clin. Oral Investig.*, v. 4, n. 3, p. 133-139, 2000.

WALTIMO, A.; KÖNÖNEN, M. A novel bite force recorder and maximal isometric bite force values for healthy young adults. *Scand. J. Dent. Res.*, v. 101, n. 3, p. 171-175, 1993.

WALTIMO, A.; KÖNÖNEN, M. Maximal bite force and its association with signs and symptoms of craniomandibular disorders in young finnish non-patients. *Acta Odontol. Scand.*, v. 53, n. 4, p. 254-258, 1995.

WELBURY, R. R.; MURRAY, J. J. A clinical trial of the glass-ionomer cement-composite resin "sandwich" technique in class II cavities in permanent premolar and molar teeth. *Quintessence Int.*, v. 24, n. 6, p. 507-512, 1990.

## Artigo III

---





## Resistência à fadiga acelerada e propensão a trincas em restaurações amplas de resina composta direta reforçadas por fibras

### RESUMO

Objetivos: este estudo avaliou *in vitro* a influência de duas técnicas diferentes de aplicação de fibras de polietileno (uma única tira *versus* múltiplos fragmentos menores) como base de uma restauração MOD ampla de resina composta direta e seus efeitos na propensão a trincas induzidas pela contração de polimerização e na resistência à fadiga acelerada.

Métodos: os preparos padronizados MOD foram aplicados a 30 molares superiores extraídos (5 mm de profundidade e 5 mm de largura vestibulopalatal). Todos os espécimes foram restaurados por meio de um sistema adesivo de condicionamento ácido total de três passos (Optibond FL) e uma base reforçada por fibra, coberta por resina composta micro-híbrida (Miris 2). No grupo BD ("Band-Aid"), a base reforçada por fibra consistiu de uma única tira de Ribbond pré-impregnada (7 x 4 mm) aplicada sobre uma base delgada de resina composta, não polimerizada, ao longo do assoalho pulpar (na direção vestibulopalatal). No grupo WP ("wall papering"), sete pequenos pedaços de Ribbond (2 x 3 mm e 3 x 4 mm) foram aplicados em vez de uma única porção. As trincas em esmalte induzidas por contração foram detectadas e localizadas com fotografia e transiluminação. A mastigação isométrica cíclica (5 Hz) foi simulada, começando com uma carga de 200 N (5.000 ciclos), seguida dos estágios de 400, 600, 800, 1.000, 1.200 e 1.400 N, até o máximo de 30.000 ciclos cada. Os espécimes receberam carga até fraturar ou ao máximo de 185.000 ciclos. Os grupos foram comparados analisando-se a curva de sobrevivência dos espécimes ( $\alpha=0,05$ ).

Resultados: nenhum espécime falhou antes de 1.000 N. O Grupo WP foi o que mostrou maior sobrevida (quatro intactos do total de 15), mas não diferiu ( $P=0,209$ ) do grupo BD (um intacto para o total de 15). Todas as falhas no grupo WP foram restauráveis e apenas um espécime do grupo BD fraturou abaixo da JCE. As trincas induzidas por contração foram prevenidas em 33% e 46% dos espécimes nos grupos WP e BD, respectivamente.

Conclusões: a inclusão das bases reforçadas por fibras sob restaurações diretas de resina composta não interfere na sua resistência à fadiga, mas parece influenciar positivamente no modo de fratura. A técnica "wall-papering" tendeu a uma melhor performance sob fadiga se comparada à técnica de uma

única tira de fibra. A aplicação de base reforçada por fibras pode não prevenir o desenvolvimento de trincas induzidas por contração de polimerização.

## INTRODUÇÃO

Cavidades amplas podem ser idealmente restauradas com *inlays* pela técnica semidireta ou indireta (DIETSCHI; MAGNE; HOLZ, 1994). Apesar de seu excelente desempenho, as restaurações indiretas cimentadas muitas vezes devem dar lugar a soluções mais econômicas. Técnicas diretas são mais fáceis e rápidas de serem executadas (VAN DIJKEN; KIERI; CARLÉN, 1999) e têm a habilidade de proporcionar bons serviços clínicos (OPDAM et al., 2010).

Tem sido sugerida a inclusão de reforços com fibras tanto no interior de restaurações amplas de resina composta direta quanto para preencher canais radiculares (AKMAN et al., 2011; BELLI et al., 2005; BELLI; ERDEMIR; YILDIRIM, 2006; BELLI; DÖNMEZ; ESKITAŞCIOĞLU, 2006; Belli et al., 2007; COBANKARA et al., 2008; DELIPERI, 2008; DELIPERI; BARDWELL, 2009; ESKITAŞCIOĞLU; BELLI; KALKAN, 2002; FENNIS et al., 2005; NEWMAN et al., 2003) com o objetivo de impedir tratamentos restauradores mais extensos e adiar a necessidade de restaurações indiretas mais onerosas. O reforço com fibras tem múltiplas indicações na odontologia como esplintagem periodontal (MILLER; HAKIMZADEH; RUDO, 1995), reforço de pânticos em próteses fixas (UNLU; BELLI, 2006), fixação de contenção ortodôntica (KARAMAN; KIR; BELLI, 2002) e reforço de pinos resinosos (ESKITAŞCIOĞLU; BELLI; KALKAN, 2002; NEWMAN et al., 2003). Entretanto, a quantidade de dados científicos acerca do uso de fibras sob restaurações de resina continua escassa e a maioria envolve o estudo de dentes tratados endodonticamente. Há uma necessidade significativa de estudos independentes para estabelecer um protocolo mais preciso sobre a seleção do sistema de fibras mais adequado e sua técnica de aplicação. Alguns testes de resistência à fratura por carga estática (BELLI et al., 2005; BELLI; ERDEMIR; YILDIRIM, 2006; BELLI et al., 2006; ERASLAN et al., 2011; FENNIS et al. 2005) têm demonstrado um efeito positivo no uso de bases reforçadas por fibra no modo de fratura dos dentes restaurados (menor ocorrência de falhas abaixo da junção cimento-esmalte – JCE).

Diferentes sistemas podem ser utilizados. Alguns autores são a favor do uso de fibras de polietileno entrelaçadas isotrópicas (KARBHARI; STRASSLER, 2007; KARBHARI; WANG, 2007), enquanto outros recomendam o uso de fibras de vidro unidirecionais ortotrópicas (BELTRÃO et al., 2009; SCHLICHTING et al., 2010; VALLITU, 1999). Dependendo de sua localização e orientação, um sistema de fibras bem desenhado deve influenciar no mecanismo de distribuição dos estresses e ser efetivo em cessar, reduzir ou

redirecionar a propagação de trincas (KARBHARI; STRASSLER, 2007; KARBHARI; WANG, 2007). Enquanto as fibras unidirecionais contínuas promovem resistência e rigidez do compósito em uma única direção (resistência mecânica anisotrópica), as fibras entrelaçadas reforçam o polímero de maneira mais ortotrópica. A habilidade de aplicar todos esses conceitos de engenharia em uma estrutura biológica como o dente é o aspecto mais desafiador. Atualmente, a aplicação de fibras entrelaçadas parece ser um método conservador e prático devido a sua facilidade de manipulação e posicionamento em preparos cavitários irregulares.

Seja qual for o sistema utilizado, o perfeito intercâmbio químico e mecânico entre a matriz resinosa e as fibras é fundamental para um ótimo desempenho clínico e uma boa interação entre as fibras e o remanescente dental (RAMOS; RUNYAN; CHRISTENSEN, 1996). O tratamento de superfície das fibras é necessário para se alcançar sua total capacidade de adesão. Na engenharia de materiais, o tratamento de superfície das fibras em geral pode ser realizado com gás de plasma, que proporciona a máxima interação entre as fibras e a matriz resinosa em três vias: remove a contaminação da superfície; cria grupos polares, aumentando assim a energia de superfície e o grau de molhabilidade; e cria grupos reativos na superfície da fibra, permitindo ligações covalentes entre a fibra e a resina (KOLLURI; KAPLAN; ROSE, 1988). As fibras de polietileno entrelaçadas de ultra-alto peso molecular (Ribbond THM, Seattle, WA, EUA), logo após a sua fabricação, possuem uma pobre adesão à resina por sua baixa energia de superfície e ausência de grupos polares (HILD; SCHWARTZ, 1993) e, por essa razão, recebem o tratamento de gás de plasma a frio, que proporciona o rearranjo químico da superfície e maximiza as qualidades de adesão pelos mecanismos acima mencionados (KAPLAN; ROSE, 1991; MILLER; SCHWARTZ, 1997; RUDO; KARBHARI, 1999).

Ainda, fisicamente, em virtude da geometria aberta de sua trama, há espaço suficiente para permitir a infusão e a impregnação da resina (RUDO; KARBHARI, 1999). Portanto, os bons resultados demonstrados pelas fibras de polietileno entrelaçadas de ultra-alto peso molecular são explicados pelas propriedades da fibra em si, pelo grau de união química alcançada entre a resina e a fibra e pelo efeito do entrelaçamento da fibra na habilidade em cessar e desviar trincas e fraturas (RUDO; KARBHARI, 1999). Tem sido demonstrado que as fibras de polietileno sofrem fraturas favoráveis, ou não catastróficas, uma vez que elas se dobram sem fraturar, ao contrário das fibras de vidro, que são mais friáveis (RAMOS; RUNYAN; CHRISTENSEN, 1996; RUDO; KARBHARI, 1999). As fibras do Ribbond também demonstram um

efeito de modificação dos estresses ao longo das restaurações e das interfaces de dentina (BELLI; ERDEMIR; YILDIRIM, 2006; BELLI; DÖNMEZ; ESKITAŞCIOĞLU, 2006), reduzem a contração de polimerização (OZEL; SOYMAN, 2009) e minimizam os efeitos adversos do alto Fator-C na resistência adesiva sob microtração (BELLI; DÖNMEZ; ESKITAŞCIOĞLU, 2006). Belli et al. (2005) demonstraram que uma tira de Ribbond de 3 mm de largura aplicada na direção vestibulolingual, juntamente com resina composta *flow*, sob restaurações de resina composta em preparos MOD de dentes tratados endodonticamente, resultou em aumento significativo da resistência à fratura. Entretanto, outro estudo *in vitro* demonstrou que a aplicação de fibras não aumenta a capacidade de resistência a fraturas em pré-molares, mas sugeriu que as restaurações reforçadas por fibras previnem a propagação de trincas da restauração para o dente, agindo como um mecanismo de absorção de energia, evitando falhas catastróficas abaixo da JCE (FENNIS et al., 2005). Mais recentemente se verificou que a inclusão de porções de fibras circunferencialmente em restaurações amplas de dentes tratados endodonticamente favorece a distribuição dos estresses de forma similar ao que ocorre no dente natural (ERASLAN et al., 2011).

Esta pesquisa procurou avaliar a resistência à fadiga acelerada e a propensão a trincas de esmalte em restaurações de resina composta direta MOD amplas, reforçadas em suas bases com duas técnicas diversas de aplicação de fibras de polietileno (Ribbond): uma única tira de fibra *versus* múltiplos pequenos pedaços. A hipótese nula é de que não haverá diferença significativa entre as duas técnicas de inserção das fibras.

## MATERIAIS E MÉTODO

Após aprovação pelo Comitê de Ética em Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (Processo n° 890/10) e pelo Comitê de Ética da University of Southern California, 30 molares superiores humanos extraídos, com dimensões e formatos similares, foram cuidadosamente selecionados de uma ampla coleção de dentes extraídos. Os dentes selecionados tiveram suas raízes raspadas e foram completamente limpos antes de serem armazenados em uma solução de timol a 0,1%. Cada dente foi montado em um dispositivo especial utilizando-se resina acrílica (Palapress, Heraeus Kulzer GmbH, Dormagen, Alemanha), de modo a embeber as raízes até 3 mm abaixo da JCE. Com o objetivo de localizar trincas durante o

experimento, cada superfície do dente foi fotografada sob condições padronizadas a uma magnificação de 2,8 x (Nikon D50 e lentes macro Sigma 105 mm), com auxílio de um *flash* circular (Sigma EM-140 DG). Uma segunda tomada de imagens de cada face foi gerada sob transiluminação (Microlux, Addent, Danbury, CT, EUA) para a detecção e a localização de novas trincas após os subseqüentes procedimentos.

### *Preparo dos espécimes*

Os preparos cavitários foram padronizados em forma de uma ampla restauração MOD (Figura 1), utilizando-se pontas diamantadas tronco cônicas (313.029 e 314.021, Brasseler, Savannah, GA), seguida da realização de um pequeno bisel de 0,5 a 1 mm, a 45° de inclinação, no ângulo cervical e nos ângulos proximais ascendentes, com uma ponta diamantada fina, em forma de chama estreita (274, 011904U0, Brassler). Os preparos foram realizados em caneta de alta rotação, irrigados constantemente com água. Os dentes foram aleatoriamente divididos em dois grupos: BD ("Band-Aid", n=15), restauração de resina composta sobre uma base composta de uma única tira de fibra (Ribbond THM, Seattle, WA); e WP ("wall-papering", n=15), restauração de resina composta sobre uma base com múltiplos pequenos pedaços de fibras (Ribbond).

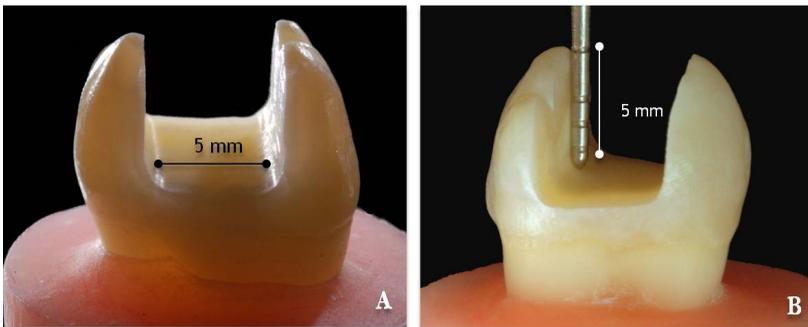


Figura 1 – Preparo MOD padronizado e suas medidas correspondentes. (A) Todas as cavidades apresentavam 5 mm de largura no sentido vestibulopalatal e (B) 5 mm de profundidade.

Para ambos os grupos, os procedimentos adesivos foram realizados com um agente adesivo de condicionamento ácido total de três passos (Optibond FL, Kerr, Orange, CA, EUA) que foi fotoativado por 20 s a 1.000 mW/cm<sup>2</sup> (Valo, Ultradent, South Jordan, UT, EUA). Uma técnica de restauração estratificada foi aplicada de forma padronizada em ambos os grupos. Primeiramente, as paredes proximais foram horizontalmente construídas com 2 mm de espessura de resina composta para dentina (Miris 2 S2), seguida de outro incremento de 2 mm de espessura com massa de resina para esmalte (Miris 2 NR), formando as cristas marginais e transformando a cavidade classe II em classe I.

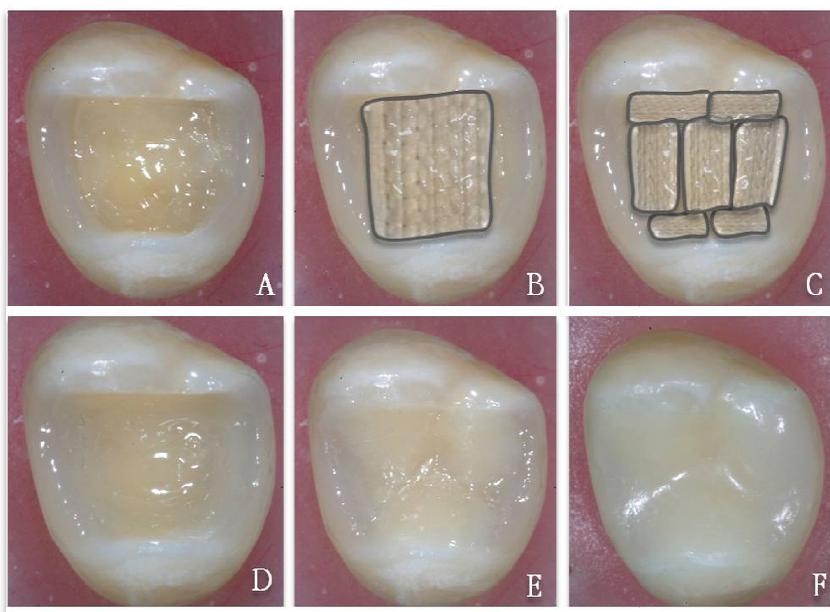


Figura 2 – Sequência restauradora básica dos grupo BD e WP. (A) Resina composta para fixação da fibra posicionada no fundo da cavidade. (B) Esquema representativo do grupo BD. A tira de fibra em "U" é adaptada no fundo da cavidade, o mais próximo possível da dentina, no sentido vestibulopalatal. (C) Esquema representativo do grupo WP. Os sete fragmentos de fibra foram adaptados circunferencialmente no fundo da cavidade e das paredes circundantes. (D) Aplicação de adesivo sobre a base reforçada por fibra. (E) Restauração incremental com massas de dentina e esmalte. (F) Restauração de resina composta reforçada com fibra finalizada.

Todas as porções de fibras foram pré-impregnadas com um agente resinoso sem carga (Ribbond Wetting Resin, Ribbond THM), fornecido pelo próprio fabricante, durante 5 min a 54°C em um aquecedor (Calset, Addent, Danbury, CT, EUA). Em ambos os grupos, uma delgada camada de resina composta, também fornecida pelo fabricante (Ribbond Securing Composite) e específica para a adaptação e a fixação da fibra, foi aplicada com uma espessura de 0,5 mm no fundo da cavidade e deixada sem polimerização (Figura 2-A), seguida pela aplicação das tiras de fibra. Os excessos de agente resinoso foram cuidadosamente removidos antes de sua inserção junto à resina.

No grupo BD, uma única tira de 7 x 4 mm foi aplicada em formato de "U" ao longo do fundo da cavidade, no sentido vestibulolingual, alcançando 1/3 das paredes vestibular e palatina (Figuras 2-B). Cuidado especial foi levado em consideração para adaptar a tira de fibra o mais próximo possível da dentina subjacente, utilizando-se um instrumento fornecido pelo fabricante (Ribbond 50-70 Tactile Tone). O conjunto fibra pré-impregnada/resina composta foi fotoativado por 20 s. Uma camada de adesivo (frasco 2 – Optibond FL) foi aplicada sobre esse conjunto e fotopolimerizada com o objetivo de tornar a superfície mais uniforme e facilitar a confecção das camadas de resina composta sobrejacentes (Figura 2-D). O volume remanescente foi restaurado incrementalmente com duas camadas horizontais de 1,5 mm cada de Miris 2 S2 e um incremento de Miris 2 NR, fotoativados individualmente (Figuras 2-E e 2-F). Atenção especial foi dispensada em copiar fielmente a inclinação cuspídea e a anatomia oclusal dos *inlays*-modelo de resina composta fabricados anteriormente como referência pelo sistema Cerec (Artigo I).

O mesmo protocolo foi aplicado ao grupo WP, entretanto sete pedaços menores de fibras de polietileno foram utilizados (medindo 2 x 3 mm ou 3 x 4 mm, dependendo da área a ser coberta), em vez de uma única tira (Figura 2-C). Os múltiplos pequenos pedaços foram aplicados circunferencialmente no interior da cavidade o mais próximo possível às paredes, exceto próximo ao ângulo cavossuperficial. Após essa adaptação cuidadosa de todas as porções de fibra, o conjunto foi fotopolimerizado. Como anteriormente, uma camada de Optibond FL foi aplicada no topo da base reforçada por fibra e fotoativada, e o restante da restauração foi realizado como descrito anteriormente para o grupo BD, de forma incremental (Figuras 2-D, 2-E e 2-F).

### *Teste de fadiga*

Os espécimes restaurados foram mantidos em água destilada à temperatura ambiente por uma semana após os procedimentos restauradores. Cada superfície dental foi submetida novamente ao protocolo de localização de trincas. Uma máquina servo-hidráulica de mastigação artificial (Mini Bionix II; MTS Systems, Eden Prairie, MN, EUA) foi utilizada para simular forças mastigatórias de fadiga acelerada, tendo como antagonista uma esfera de resina composta de 7 mm de diâmetro (Filtek Z100, 3M ESPE), pós-polimerizada a 100°C por 5 min (MAGNE; KNEZEVIC, 2009a). Essas esferas de resina composta, no momento do teste, contataram simultaneamente e igualmente as cúspides mesiovestibular, distovestibular e palatina (tripodismo) com cargas mastigatórias isométricas sob frequência de 5 Hz (Figura 3-A). A câmara de carga foi preenchida com água destilada até a completa imersão dos espécimes, e os primeiros 5.000 ciclos constituíram-se em um aquecimento sob carga de 200 N, seguido por cargas crescentes de 400, 600, 800, 1.000, 1.200 e 1.400 N, com o máximo de 30.000 ciclos para cada carga (Figura 3-B). Os espécimes foram desafiados até a sua fratura ou até o máximo de 185.000 ciclos, com o registro de ciclos completados ao final. Sob microscopia ótica e com concordância entre dois examinadores, a distinção entre fraturas restauráveis e não restauráveis foi realizada (Figura 4).

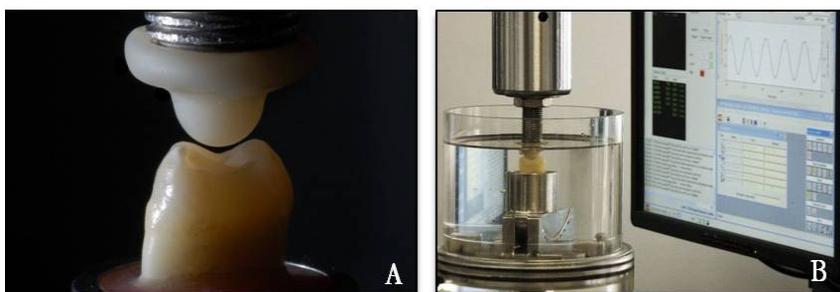


Figura 3 – Máquina de mastigação artificial para teste de fadiga. (A) Posicionamento do espécime em relação ao antagonista representado por uma esfera de resina composta. (B) Vedamento da câmara de carga e imersão do espécime em água destilada.

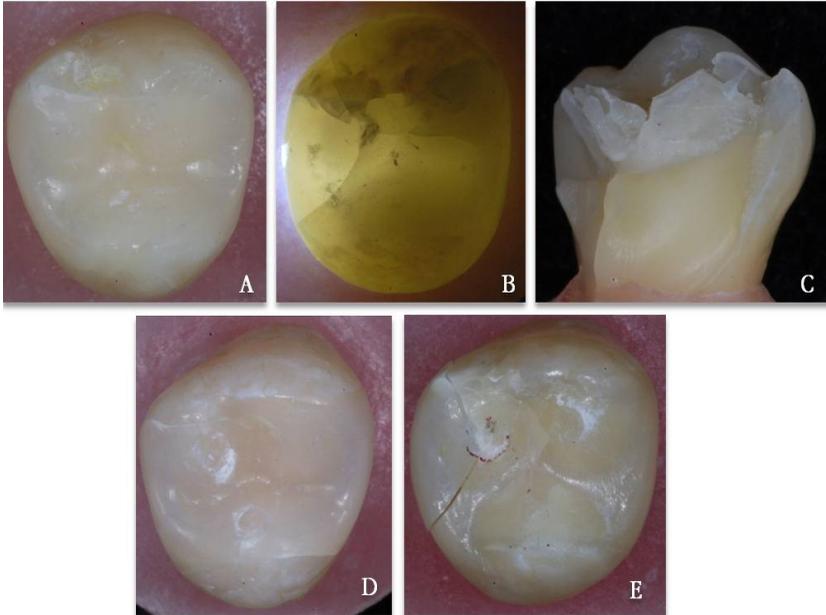


Figura 4 – Espécimes após o teste de fadiga acelerada. (A) Espécime sobrevivente, pertencente ao grupo BD. (B) Espécime com fratura acima da JCE, grupo BD. (C) Única fratura catastrófica observada no grupo BD. (D) Espécime sobrevivente ao teste de fadiga, pertencente ao grupo WP. (E) Fratura acima da JCE verificada no grupo WP.

#### *Deteção e localização de trincas*

Um protocolo foi criado para detectar novas trincas no esmalte, a um aumento de 2,8 x em condições padronizadas (Nikon D50 e lentes macro Sigma 105 mm utilizando *flash* circular Sigma EM-140DG e transiluminação). Os espécimes foram avaliados antes e depois do preparo dental, uma semana após a restauração e imediatamente antes do teste, e ao final dos ciclos de fadiga. No caso de dúvida, o espécime foi avaliado após a concordância de dois examinadores e o espécime analisado sob microscópio ótico com aumento de 10:1 (Leica MZ 125, Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha). Atenção especial foi dispensada na diferenciação entre trincas preexistentes daquelas criadas pela contração de polimerização. Com a observação de diferentes tamanhos de trincas, uma classificação com três categorias foi

criada: a) sem trincas visíveis; b) trincas visíveis menores que 3 mm; e c) trincas visíveis maiores que 3 mm (Figura 5).

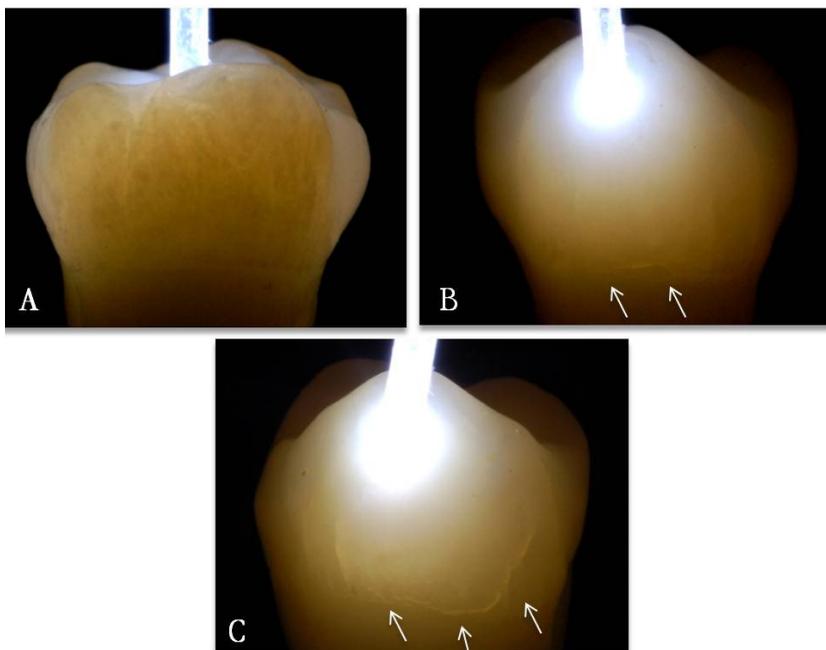


Figura 5 – Exemplos de detecção e localização de trincas. (A) Sem trincas visíveis. (B) Trincas pequenas com menos de 3 mm. (C) Trincas severas com mais de 3 mm.

### *Análise estatística*

A resistência à fadiga dos dois grupos foi comparada usando-se a curva de sobrevivência. A cada intervalo de tempo (definido pela carga de cada estágio), o número de espécimes que começaram cada etapa e daqueles que fraturaram durante o intervalo foi contabilizado, formando a probabilidade de sobrevivência (%) a cada intervalo de carga. A influência da técnica de aplicação da fibra na resistência à fadiga foi observada comparando-se as curvas de sobrevivência, utilizando-se o teste *log rank* a um nível de significância de 0,05. Os dados foram analisados com o *software* estatístico MedCalc v.11.6.1.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Bélgica).

## RESULTADOS

A análise da curva de sobrevivência dos grupos BD e WP não revelaram diferença estatística significativa ( $P=0,209$ ). Nenhum espécime falhou antes de 1.000 N (Figura 6). O grupo WP (Tabela 1) apresentou a maior taxa de sobrevida (quatro intactos no grupo de 15), mas não diferiu estatisticamente do grupo BD (um intacto no total de 15). As restaurações do grupo BD geraram menos trincas induzidas pela contração (sete livres de trincas) comparado ao grupo WP (cinco sem trincas no total de 15). A maioria das fraturas foram restauráveis (acima da JCE), com apenas um espécime no grupo BD que fraturou abaixo da JCE (Tabela 2).

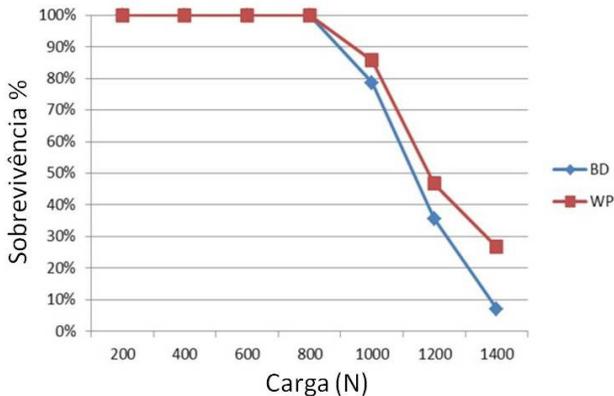


Figura 6 – Gráfico da distribuição da sobrevivência, por técnica restauradora, a cada valor de carga (n=15).

**Tabela 1 – Propensão a trincas após uma semana das restaurações e antes do teste de fadiga**

Grupo	Sem trincas	Trincas com menos de 3 mm	Trincas com mais de 3 mm
BD (n=15)	7	4	4
WP (n=15)	5	3	7

Tabela 2 – Tipos de falha

Grupo	Espécimes intactos	Fraturas acima da JCE ou restauráveis	Fraturas abaixo da JCE ou não restauráveis
BD (n=15)	1	13	1
WP (n=15)	4	11	0

## DISCUSSÃO

Considerando as limitações deste estudo *in vitro*, a hipótese nula está confirmada. Não há diferença estatisticamente significativa na taxa de sobrevivência entre as duas técnicas de aplicação de fibras, embora o grupo WP tendesse a um comportamento ligeiramente melhor e mais favorável a fraturas não catastróficas. O grupo BD, no entanto, gerou menos trincas induzidas pela contração e menos severas (sete espécimes livres de trincas no grupo BD e cinco no grupo WP).

O protocolo experimental do presente estudo foi caracterizado pela alta padronização dos procedimentos (dimensões dos dentes, preparo dental, protocolo de aplicação da carga, anatomia oclusal realizada por um único operador) e pelo uso de uma máquina servo-hidráulica que reproduz de forma muito próxima a mastigação fisiológica humana. Esse equipamento envia um constante *feedback* para o controle central do *software*, de forma similar ao que ocorre com o sistema neuromuscular, apresentando uma correspondência excelente com dados de avaliações clínicas (DELONG; DOUGLAS, 1991). Originalmente introduzido por Fennis et al. (2004), o protocolo de fadiga acelerada é um teste intermediário entre os testes clássicos de fadiga e aqueles de resistência à fratura com a aplicação da carga estática até a fratura do espécime (KUIJS et al., 2006; MAGNE; KNEZEVIC, 2009a, 2009b).

Os testes laboratoriais são ferramentas importantes, pois o mercado odontológico é hiperativo e gera uma infinidade de novos produtos constantemente e que, muitas vezes, possuem curta duração. Avaliações rápidas e valiosas podem ser obtidas sobre o comportamento biomecânico de novos materiais e técnicas restauradoras, submetidos ao ambiente desafiador da mastigação simulada. Esse protocolo de carga cobre as forças fisiológicas de mastigação (8-800 N) na primeira metade do teste (BATES; STAFFORD; HARRISON, 1976) e, posteriormente, estende-se com forças maiores (WALTIMO; KÖNÖNEN, 1993, 1995) na segunda metade do teste,

representando traumas extremos e acidentes mastigatórios. A ausência de falhas antes de 1.000 N revela, nesses dados preliminares, que as técnicas de restaurações reforçadas por fibras são comparáveis a outras técnicas que utilizam resinas compostas diretas, incluindo restaurações sanduíche com base de cimento de ionômero de vidro e sua versão modificada por resina, testadas sob mesmas condições (Artigos I e II) e que também têm sido reconhecidas como sucesso clínico (LINDBERG; VAN DIJKEN; LINDBERG, 2007; OPDAM et al., 2010; SIDHU; HENDERSON, 1992; VAN DIJKEN; KIERI; CARLÉN, 1999; VAN DIJKEN, 2010; VILKINIS; HÖRSTED-BINDSLEV; BAELUM, 2000; WASSEL; WALLS; McCABE, 2000). O tratamento restaurador de pacientes com o bruxismo é mais desafiador e, nesse caso, os *inlays* de resina Paradigm MZ100 podem ser considerados o padrão ouro (Artigo I). Isso corrobora com outros dados gerados em condições similares que mostram a ausência de falhas catastróficas quando do uso de finas facetas oclusais de MZ100 (MAGNE et al., 2010; SCHLICHTING et al., 2011). Outros autores confirmaram a resistência à fadiga superior dos *inlays* de resina (cargas baixas seguidas pelo teste de resistência à fratura) comparada às técnicas diretas, incluindo ou não o reforço por fibras (COBANKARA et al., 2008).

Analisando-se outros estudos que comparam as técnicas diretas sob mesmas condições (Artigo I e II), é claramente possível observar que os grupos reforçados por fibras, BD e WP, foram os mais eficientes em prevenir fraturas não restauráveis. O presente estudo confirma esse conceito de "falha segura" apresentado por Fennis et al. (2005), para os quais a presença do reforço de fibra entrelaçada caracteriza-se pela ocorrência de falhas "restauráveis", porém sem aumentar a capacidade de resistência à fratura dos dentes restaurados. As fibras parecem atuar como um mecanismo que cessa a fratura ou ela mesma passa a ser uma condutora da falha, e não o remanescente dental. Em última análise, todos esses fenômenos (falhas mistas, microfraturas, rompimento da fibra etc.) levam à absorção de energia que previne falhas catastróficas. Apesar da menor propensão a trincas nas restaurações no grupo BD (sete espécimes sem trincas num total de 15 *versus* cinco espécimes sem trincas no grupo WP), os presentes dados não podem confirmar a habilidade da fibra em reduzir os efeitos nocivos do alto Fator-C (BELLI; DÖNMEZ; ESKITAŞCIOĞLU, 2006) comparada com resina composta direta sem fibras e restaurações sanduíche, realizadas sob condições similares (Artigos I e II).

Ainda existe controvérsia se o reforço com fibras deve ser aplicado próximo da área de maior tensão (superfície oclusal com o intuito de melhor prevenir a deflexão cuspidéa) ou próximo às paredes de dentina, no fundo da

cavidade. No presente trabalho, a estrutura dental remanescente foi preservada e as fibras posicionadas o mais próximo possível das paredes de dentina, seguindo as recomendações do fabricante. Entretanto, alguns autores sugerem que resultados superiores, inclusive com relação à estabilidade oclusal, são obtidos quando as fibras permanecem próximas à superfície oclusal (BELLI; ERDEMIR; YILDIRIM, 2006; OSKOEI et al., 2009; SENGUN; COBANKARA; ORUCOGLU, 2008), criando um menor braço de alavanca. Há inconvenientes técnicos nessa abordagem, pois, nesses estudos, houve a necessidade de preparo de sulcos nas restaurações após os procedimentos de acabamento, na direção vestibulolingual, sobre as cúspides. O desgaste do remanescente nas cúspides intactas vestibular e lingual também se mostrou bem-sucedido na resistência mecânica dos dentes restaurados por transfixação horizontal com pinos de fibra de vidro (BELTRÃO et al., 2009). Esperam-se resultados superiores quando há o envolvimento das cúspides no desenho das restaurações. Isso pode não estar diretamente relacionado com a presença de fibras, mas simplesmente devido ao efeito de sobreposição do preparo envolvendo as cúspides, pois tem sido demonstrado que restaurações com envolvimento das cúspides aumentam a resistência coronal, independentemente de a técnica ser direta ou indireta (FENNIS, 2004; MAGNE et al., 2011). Neste estudo, entretanto, foi dada prioridade à simplificação dos procedimentos e à preservação do remanescente dental. Naquelas condições, o posicionamento da fibra próximo à superfície oclusal criaria desafios extremos em se prever a anatomia oclusal e evitar a exposição das fibras após os procedimentos de ajuste oclusal e acabamento. O uso de pequenas porções de fibras de polietileno (grupo WP) representa uma maneira prática de aplicar a base reforçada por fibras, seguindo os formatos variáveis de preparo cavitário encontrados na atividade clínica diária. A resina composta fornecida pelo fabricante, que deve ser posicionada na base da cavidade (Ribbond Securing Composite, Ribbond), facilitou sobremaneira o posicionamento e a estabilidade dos fragmentos de fibras antes da fotopolimerização.

Este estudo avaliou apenas um único sistema de fibras. Pesquisas adicionais utilizando-se esse protocolo padronizado devem ser conduzidas com outros sistemas de fibras, explorando outras técnicas de aplicação e novas formações. Outra abordagem inspirada pela engenharia civil é o uso do "estado de pré-tensão", em que cabos de aço pré-tensionados de alta resistência são aplicados no interior do concreto. A tradução desse conceito na odontologia tem sido proposta com fibras de vidro unidirecionais pré-

tensionadas em uma matriz de resina para a produção de compósitos reforçados por fibras (SCHLICHTING et al., 2010).

## CONCLUSÕES

A inclusão de bases reforçadas por fibras sob restaurações diretas de resina composta parece não afetar a resistência à fadiga, mas influencia positivamente no modo de fratura. A maioria das falhas foram restauráveis e apenas um espécime do grupo BD fraturou abaixo da JCE (e nenhum do grupo WP). A técnica "wall-papering" apresentou performance ligeiramente superior à aplicação de uma única tira de fibra. As bases reforçadas por fibras podem não impedir a ocorrência de trincas induzidas pela contração de polimerização.

### *Agradecimentos*

Os autores desejam expressar sua gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes, Brasil), pela bolsa de estudos nº BEX 2383-10-1); à Elisa Oderich, por sua cooperação na análise estatística; à companhia Ribbond, Seattle, WA, EUA, pela doação das fibras de polietileno Ribbond THM, Ribbond Securing Composite, Ribbond 50-70 Tactile Tone e Ribbond Wetting Resin; à 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA, pela resina composta Z100; à Kerr, Orange, CA, EUA, pelo sistema adesivo Optibond FL; à Ultradent, South Jordan, UT, EUA, por ceder ácido fosfórico Ultra-etch e Valo; à companhia Addent, Danbury, CT, EUA, pelo transluminador Microlux; à Heraeus Kulzer, Armonk, NY, EUA, pela resina acrílica Palapress; e à Coltène-Whaledent, Altstätten, Suíça, pela doação da resina composta Miris 2.

## REFERÊNCIAS

AKMAN, S. et al. Influence of several fibre-reinforced composite restoration techniques on cusp movement and fracture strength of molar teeth. *Int. Endod. J.*, v. 44, n. 5, p. 407-415, 2011.

BATES, J. F.; STAFFORD, G. D.; HARRISON, A. masticatory function – a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *J. Oral Rehabil.*, v. 3, n. 1, p. 57-67, 1976.

BELLI, S. et al. The effect of fiber insertion on fracture resistance of endodontically treated molars with MOD cavity and reattached fractured lingual cusps. *J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater.*, v. 79, n. 1, p. 35-41, 2006.

BELLI, S.; DÖNMEZ, N.; ESKITAŞCIOĞLU, G. The effect of C-factor and flowable resin or fiber use at the interface on microtensile bond strength to dentin. *J. Adhes. Dent.*, v. 8, n. 4, p. 247-253, 2006.

BELLI, S. et al. The effect of fibre insertion on fracture resistance of root filled molar teeth with MOD preparations restored with composite. *Int. Endod. J.*, v. 38, n. 2, p. 73-80, 2005.

BELLI, S.; ERDEMİR, A.; YILDIRIM, C. Reinforcement effect of polyethylene fibre in root-filled teeth: comparison of two restoration techniques. *Int. Endod. J.*, v. 39, n. 2, p. 136-142, 2006.

BELLI S. et al. The effect of fiber placement or flowable resin lining on microleakage in class I adhesive restorations. *J. Adhes. Dent.*, v. 9, n. 2, p. 175-181, 2007.

BELTRÃO, M. C. et al. Fracture strength of endodontically treated molars transfixed horizontally by a fiber glass post. *Am. J. Dent.*, v. 22, n. 1, p. 9-13, 2009.

COBANKARA, F. K. et al. The effect of different restoration techniques on the fracture resistance of endodontically-treated molars. *Oper. Dent.*, v. 33, n. 5, p. 526-533, 2008.

DELIPERI, S. Direct fiber-reinforced composite restoration in an endodontically-treated molar: a three-year case report. *Oper. Dent.*, v. 33, n. 2, p. 209-214, 2008.

DELIPERI, S.; BARDWELL, D. N. Reconstruction of nonvital teeth using direct fiber-reinforced composite resin: a pilot clinical study. *J. Adhes. Dent.*, v. 11, n. 1, p. 71-78, 2009.

DELONG, R.; DOUGLAS, W. H. An artificial oral environment for testing dental materials. *IEEE Trans Biomed. Eng.*, v. 38, n. 4, p. 339-345, 1991.

DIETSCHI, D.; MAGNE, P.; HOLZ, J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. *Quintessence Int.*, v. 25, n. 10, p. 659-677, 1994.

ERASLAN, O. et al. Conservative restoration of severely damaged endodontically treated premolar teeth: a FEM study. *Clin. Oral Invest.*, v. 15, n. 3, p. 403-408, 2011.

ESKITA CIO LU, G.; BELLI, S.; KALKAN, M. Evaluation of two post core systems using two different methods (fracture strength test and a finite elemental stress analysis). *J. Endod.*, v. 28, n. 9, p. 639-633, 2002.

FENNIS, W. M. et al. Fatigue resistance of teeth restored with cuspal-coverage composite restorations. *Int. J. Prosthodont.*, v. 17, n. 3, p. 313-317, 2004.

FENNIS, W. M. et al. In vitro fracture resistance of fiber reinforced cusp-replacing composite restorations. *Dent. Mater.*, v. 21, n. 6, p. 565-572, 2005.

HILD, D. N.; SCHWATZ. Plasma treated ultra-high strength polyethylene fibres improved fracture toughness of poly(methyl methacrylate). *J. Mat. Sci. Mat. Med.*, v. 4, p. 481-493, 1993.

KAPLAN, S. L.; ROSE, P. W. Plasma surface treatment of plastics to enhance adhesion. *Int. J. Adhesion and Adhesives*, v. 11, n. 2, p. 109-113, 1991.

KARAMAN, A. I.; KIR, N.; BELLİ, S. Four application of reinforced polyethylene fiber material in orthodontic practice. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, v. 121, n. 6, p. 650-654, 2002.

KARBHARI, V. M.; STRASSLER, H. Effect of fiber architecture on flexural characteristics and fracture of fiber-reinforced dental composites. *Dent. Mater.*, v. 23, n. 8, p. 960-968, 2007.

KARBHARI, V. M.; WANG, Q. Influence of triaxial braid denier on ribbon-based fiber reinforced dental composites. *Dent. Mater.*, v. 23, n. 8, p. 969-976, 2007.

KOLLURI, O. S.; KAPLAN, S. L.; ROSE, P. W. Gas plasma and the treatment of advanced fibers. In: ADVANCED POLYMER COMPOSITES '88 TECHNICAL CONFERENCE, 1988, Los Angeles: Society of Plastics Engineers.

KUIJS, R. H. et al. A comparison of fatigue resistance of three material for cusp-replacing adhesive restorations. *J. Dent.*, v. 34, n. 1, p. 19-25, 2006.

LINDBERG, A.; VAN DIJKEN, J. W.; LINDBERG, M. Nine-year evaluation of polyacid-modified resin composite/resin composite open sandwich technique in class II cavities. *J. Dent.*, v. 35, n. 2, p. 124-129, 2007.

MAGNE, P. et al. CAD/CAM Adhesive restoration of molars with a cracked compromised cusp: effect of fiber-reinforced immediate dentin sealing and cusp overlap on the fatigue strength. *J. Esthet. Restorative Dent.*, xx, 000-000, 2011. doi: 10.1111/j.1708-8240.2011.00433.x.

MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence Int.*, v. 40, n. 2, p. 125-133, 2009a.

MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence Int.*, v. 40, n. 9, p. 729-737, 2009b.

MAGNE, P. et al. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *J. Prosthet. Dent.*, v. 104, n. 3, p. 149-157, 2010.

MILLER, A.; SCHWATZ, P. Effects of oven aging on plasma treated ultra high strength polyethylene. *Plasmas and Polymers*, v. 2, n. 2, p. 115-132, 1997.

MILLER, T. E.; HAKIMZADEH, F.; RUDO, D. N. Immediate and indirect woven polyethylene ribbon-reinforced periodontal-prosthetic splint: a case report. *Quintessence Int.*, v. 26, n. 4, p. 267-271, 1995.

NEWMAN, M. P. et al. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *J. Prosthet. Dent.*, v. 89, n. 4, p. 360-367, 2003.

OPDAM, N. J. et al. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J. Dent. Res.*, v. 89, n. 10, p. 1063-1067, 2010.

OSKOEI, P. A. The effect of three composite fiber insertion techniques on fracture resistance of root-filled teeth. *J. Endod.*, v. 35, n. 3, p. 413-416, 2009.

OZEL, E.; SOYMAN, M. Effect of fiber nets, application techniques and flowable composites on microleakage and the effect of fiber nets on polymerization shrinkage in class II MOD cavities. *Oper. Dent.*, v. 34, n. 2, p. 174-180, 2009.

RAMOS, V.; RUNYAN, D. A.; CHRISTENSEN, L. C. The effect of plasma-treated polyethylene fiber on the fracture strength of polymethyl methacrylate. *J. Prosthet. Dent.*, v. 76, n. 1, p. 94-96, 1996.

RUDO, D.; KARBHARI, V. M. Physical behaviors of fiber reinforcement as applied to tooth stabilization. *Dent. Clin. North Am.*, v. 43, n. 1, p. 7-35, 1999.

SCHLICHTING, L. H. et al. Composite resin reinforced with pre-tensioned glass fibers. Influence of prestressing on flexural properties. *Dent. Mater.*, v. 26, n. 2, p. 118-125, 2010.

SCHLICHTING L. H. et al. Novel-design ultra-thin CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion. *J. Prosthet. Dent.*, v. 105, n. 4, p. 217-226, 2011.

SENGUN, A.; COBANKARA, F. K.; ORUCOGLU, H. Effect of a new restoration technique on fracture resistance of endodontically treated teeth. *Dent. Traumatol.*, v. 24, n. 2, p. 214-219, 2008.

SIDHU, S. K.; HENDERSON, L. J. In vitro marginal leakage of cervical composite restorations lined with a light-cured glass ionomer. *Oper. Dent.*, v. 17, n. 1, p. 7-12, 1992.

UNLU, N.; BELL, S. Three-year clinical evaluation of fiber-reinforced composite fixed partial dentures using prefabricated pontics. *J. Adhes. Dent.*, v. 8, n. 3, p. 183-188, 2006.

VALLITTU, P. K. Flexural properties of acrylic resin polymers reinforced with unidirectional and woven glass fibers. *J. Prosthet. Dent.*, v. 81, n. 3, p. 318-326, 1999.

VAN DIJKEN, J. W. V. Durability of resin composite restorations in high C-factor cavities: a 12-year follow up. *J. Dent.*, v. 38, n. 6, p. 469-474, 2010.

VAN DIJKEN, J. W. V.; KIERI, C.; CARLÉN, M. Longevity of extensive class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass-ionomer cement. *J. Dent. Res.*, v. 78, n. 7, p. 1319-1325, 1999.

VILKINIS, V.; HÖRSTED-BINDSLEV, P.; BÆLUM, V. Two-year evaluation of class II resin-modified glass-ionomer cement/composite open sandwich and composite restorations. *Clin. Oral Invest.*, v. 4, n. 3, p. 133-139, 2000.

WALTIMO, A.; KÖNÖNEN, M. A novel bite force recorder and maximal isometric bite force values for healthy young adults. *Scand. J. Dent. Res.*, v. 101, n. 3, p. 171-175, 1993.

WALTIMO, A.; KÖNÖNEN, M. Maximal bite force and its association with signs and symptoms of craniomandibular disorders in young finnish non-patients. *Acta Odontol. Scand.*, v. 53, n. 4, p. 254-258, 1995.

WASSEL, R. W.; WALLS, A. W.; McCABE, J. F. Direct composite inlays versus conventional composite restorations: 5-year follow up. *J. Dent.*, v. 28, n. 6, p. 375-382, 2000.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO E DE MATERIAIS E MÉTODO

AKMAN, S. et al. Influence of several fibre-reinforced composite restoration techniques on cusp movement and fracture strength of molar teeth. *Int. Endod. J.*, v. 44, n. 5, p. 407-415, 2011.

ALOMARI, Q. D.; REINHARDT, J. W.; BOYER, D. B. Effect of liners on cusp deflection and gap formation in composite restorations. *Oper. Dent.*, v. 26, n. 4, p. 406-411, 2001.

BELLI, S. et al. The effect of fiber insertion on fracture resistance of endodontically treated molars with MOD cavity and reattached fractured lingual cusps. *J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater.*, v. 79, n. 1, p. 35-41, 2006.

BELLI, S.; DÖNMEZ, N.; ESKITAŞCIOĞLU, G. The effect of C-factor and flowable resin or fiber use at the interface on microtensile bond strength to dentin. *J. Adhes. Dent.*, v. 8, n. 4, p. 247-253, 2006.

BELLI, S. et al. The effect of fibre insertion on fracture resistance of root filled molar teeth with MOD preparations restored with composite. *Int. Endod. J.*, v. 38, n. 2, p. 73-80, 2005.

BELLI, S.; ERDEMİR, A.; YILDIRIM, C. Reinforcement effect of polyethylene fibre in root-filled teeth: comparison of two restoration techniques. *Int. Endod. J.*, v. 39, n. 2, p. 136-142, 2006.

BELLI S. et al. The effect of fiber placement or flowable resin lining on microleakage in class I adhesive restorations. *J. Adhes. Dent.*, v. 9, n. 2, p. 175-181, 2007.

CLARK, D. J.; SHEETS, C. G.; PAQUETTE, J. M. Definitive diagnosis of early enamel and dentin cracks based on microscopic evaluation. *J. Esthet. Restor. Dent.*, v. 15, n. 7, p. 391-401, 2003.

COBANKARA, F. K. et al. The effect of different restoration techniques on the fracture resistance of endodontically-treated molars. *Oper. Dent.*, v. 33, n. 5, p. 526-533, 2008.

COELHO DE SOUZA, F. H. et al. Fracture resistance and gap formation of MOD restorations: influence of restorative technique, bevel preparation and water storage. *Oper. Dent.*, v. 33, n. 1, p. 37-43, 2008.

COELHO DE SOUZA, F. H. et al. Influence of adhesive systems and bevel preparation on fracture strength of teeth restored with composite resin. *Braz. Dent. J.*, v. 21, n. 4, p. 327-331, 2010.

DA ROSA, R. P. A. et al. A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *J. Dent.*, v. 34, n. 7, p. 427-435, Aug. 2006.

DAUVILLIER, B. S. et al. Visco-elastic parameters of dental restorative materials during setting. *J. Dent. Res.*, v. 79, n. 3, p. 818-823, 2000.

DAVIDSON, C. L.; DE GEE, A. J. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J. Dent. Res.*, v. 63, n. 2, p. 146-148, 1984.

DAVIDSON, C. L.; DE GEE, A. J.; FEILZER, A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J. Dent. Res.*, v. 63, n. 12, p. 1396-1399, 1984.

DAVIDSON, C. L.; FEILZER, A. J. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J. Dent.*, v. 25, n. 6, p. 435-440, 1997.

DELIPERI, S. Direct fiber-reinforced composite restoration in an endodontically-treated molar: a three-year case report. *Oper. Dent.*, v. 33, n. 2, p. 209-214, 2008.

DELIPERI, S.; BARDWELL, D. N. Reconstruction of nonvital teeth using direct fiber-reinforced composite resin: a pilot clinical study. *J. Adhes. Dent.*, v. 11, n. 1, p. 71-78, 2009.

DIETRICH, T. et al. Marginal adaptation of direct composite and sandwich restorations in class II cavities with cervical margins in dentine. *J. Dent.*, v. 27, n. 2, p. 119-128, 1999.

DIETSCHI, D.; MAGNE, P.; HOLZ, J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. *Quintessence Int.*, v. 25, n. 10, p. 659-677, 1994.

FEILZER, A. J.; DE GEE, A. J.; DAVIDSON, C. L. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J. Dent. Res.*, v. 66, n. 11, p. 636-639, 1987.

FENNIS, W. M. et al. In vitro fracture resistance of fiber reinforced cusp-replacing composite restorations. *Dent. Mater.*, v. 21, n. 6, p. 565-572, 2005.

FRIEDL, K. H. et al. Marginal adaptation of composite restorations versus hybrid ionomer/composite sandwich restorations. *Oper. Dent.*, v. 22, n. 1, p. 21-29, 1997.

FRITZ, U. B.; FINGER, W. J.; UNO, S. Marginal adaptation of resin-bonded light-cured glass ionomers in dentin cavities. *Am. J. Dent.*, v. 9, n. 6, p. 253-258, 1996.

HAN, L. et al. Enamel micro-cracks produced around restorations with flowable composites. *Dent. Mater. J.*, v. 24, n. 1, p. 83-91, 2005.

ISENBERG, B. P.; LEINFELDER, K. F. Efficacy of beveling posterior composite resin preparations. *J. Esthet. Dent.*, v. 2, n. 3, p. 70-73, 1990.

- KOUBI, S. et al. Effect of dual cure composite as dentin substitute on the marginal integrity of class II open-sandwich restorations. *Oper. Dent.*, v. 35, n. 2, p. 165-171, 2010.
- KREJCI, I.; STAVRIDAKIS, M. New perspectives on dentin adhesion – differing methods of bonding. *Pract. Periodontol. Aesthet. Dent.*, v. 12, n. 8, p. 727-732, 2000.
- LINDBERG, A.; VAN DIJKEN, J. W.; LINDBERG, M. Nine-year evaluation of polyacid-modified resin composite/resin composite open sandwich technique in class II cavities. *J. Dent.*, v. 35, n. 2, p. 124-129, 2007.
- LOGUERCIO, A. D. et al. Microleakage in class II composite resin restorations: total bonding and open sandwich technique. *J. Adhes. Dent.*, v. 4, n. 2, p. 137-144, 2002.
- MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence Int.*, v. 40, n. 9, p. 729-737, 2009.
- MAGNE, P. et al. Direct dentin bonding technique sensitivity when using air/suction drying steps. *J. Esthet. Restor. Dent.*, v. 20, n. 2, p. 130-138, 2008.
- MAGNE, P. et al. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *J. Prosthet. Dent.*, v. 104, n. 3, p. 149-157, 2010.
- MAGNE, P.; SO, W. S.; CASCIONE, D. Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. *J. Prosthet. Dent.*, v. 98, n. 3, p. 166-174, 2007.
- MUNECHIKA, T. et al. A comparison of the tensile bond strengths of composite resins to longitudinal and transverse sections of enamel prisms in human teeth. *J. Dent. Res.*, v. 63, n. 8, p. 1079-1082, 1984.

NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D. H. *Hibridização dos tecidos dentais duros*. São Paulo: Quintessence, 2000.

NIKOLAENKO, S. A. et al. Influence of C-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. *Dent. Mater.*, v. 20, n. 6, p. 579-585, 2004.

OPDAM, N. J. et al. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J. Dent. Res.*, v. 89, n. 10, p. 1063-1067, 2010.

OPDAM, N. J. et al. Necessity of bevel for box only class II composite restorations. *J. Prosthet. Dent.*, v. 80, n. 3, p. 274-279, 1998.

SCHLICHTING L. H. et al. Novel-design ultra-thin CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion. *J. Prosthet. Dent.*, v. 105, n. 4, p. 217-226, 2011.

SCHMIDLIN, P. R. et al. Influence of beveling and ultrasound application on marginal adaptation of box-only class II (slot) resin composite restorations. *Oper. Dent.*, v. 32, n. 2, p. 291-297, 2007.

SULIMAN, A. A.; BOYER, D. B.; LAKES, R. S. Cusp movement in premolars resulting from composite polymerization shrinkage. *Dent. Mater.*, v. 9, n. 1, p. 6-10, 1993.

TANTBIROJN, D. et al. Tooth deformation pattern in molars after composite restoration. *Dent. Mater.*, v. 20, n. 6, p. 535-542, 2004.

VAN DIJKEN, J. W. V. A 6-year evaluation of a direct composite resin inlay/onlay system and glass ionomer cement-composite resin sandwich restorations. *Acta Odontol. Scand.*, v. 52, n. 6, p. 368-376, 1994.

VAN DIJKEN, J. W. V.; KIERI, C.; CARLÉN, M. Longevity of extensive class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass-ionomer cement. *J. Dent. Res.*, v. 78, n. 7, p. 1319-1325, 1999.

VERSLUIS, A. et al. Residual shrinkage stress distributions in molars after composite restoration. *Dent. Mater.*, v. 20, n. 6, p. 554-564, 2004.

VILKINIS, V.; HÖRSTED-BINDSLEV, P.; BAELUM, V. Two-year evaluation of class II resin-modified glass-ionomer cement/composite open sandwich and composite restorations. *Clin. Oral Invest.*, v. 4, n. 3, p. 133-139, 2000.

WELBURY, R. R.; MURRAY, J. J. A clinical trial of the glass-ionomer cement-composite resin "sandwich" technique in class II cavities in permanent premolar and molar teeth. *Quintessence Int.*, v. 24, n. 6, p. 507-512, 1990.

WILLEMS, G. et al. A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dent. Mater.*, v. 8, n. 5, p. 310-319, 1992.

YAMAMOTO, T. et al. Calculation of contraction stresses in dental composites by analysis of crack propagation in the matrix surrounding a cavity. *Dent. Mater.*, v. 25, n. 4, p. 543-550, 2009.

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



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

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO TERMO DE DOAÇÃO DO ÓRGÃO DENTAL

Nome do participante:

---

As informações contidas neste documento foram fornecidas por Silvana Batalha Silva, sob orientação do Prof. Dr. Mauro Amaral Caldeira de Andrada e co-orientação do Prof. Dr. Hamilton Pires Maia, e foi elaborado de acordo com as diretrizes e normas que regulamentam as pesquisas envolvendo seres humanos, atendendo às resoluções 196/96 e 251/97 do Conselho Nacional de Saúde, Brasília, DF.

O objetivo deste termo é firmar, por escrito, a participação dos doadores na pesquisa de tese de doutorado **"Resistência à fadiga e propensão a trincas em restaurações amplas de resina composta em dentes posteriores"** por meio da doação dos órgãos dentais extraídos. O voluntário doador terá capacidade de livre arbítrio e, sem qualquer forma de coação, autorizará a doação de seu(s) dente(s) do ciso (terceiro molar) extraídos por motivos alheios à pesquisa.

**1) Título da pesquisa:** Resistência à fadiga e Propensão a Trincas em restaurações amplas de resina composta em dentes posteriores.

**2) Objetivos:** Avaliar o comportamento dos dentes restaurados de diferentes formas, quando submetidos a um teste de fadiga.

**3) Justificativa:** Ainda há uma grande pergunta a ser respondida a respeito da melhor forma de restaurar dentes com grandes destruições, sejam elas causadas por cáries ou fraturas. Uma forma alternativa mais barata para a restauração deste tipo de destruição dental seria uma modificação da técnica conhecida como "sanduíche superfechado" e a inclusão de fibras sob a restauração. O uso dos dentes doados se aplicará em estudo laboratorial para avaliar sua futura utilização clínica em pacientes.

**4) Metodologia da pesquisa:** Esta técnica inédita (desenvolvida pelo Prof. Dr. Pascal Magne) a ser pesquisada considera a alteração em alguns procedimentos adesivos odontológicos e o uso de uma base de forramento para diminuir as tensões geradas durante a mastigação e outras funções exercidas pelos dentes na boca. Por meio da cooperação entre a Universidade Federal de Santa Catarina e a Universidade do Sul da Califórnia (USC – University of Southern California), juntamente com o fomento da CAPES (Brasil), o estudo laboratorial será realizado como parte do Programa de Doutorado no País com Estágio no Exterior. A participação do voluntário nesse estudo constará na doação de seu(s) dente(s) terceiro(s) molar(es) superior(es) extraído(s) por indicação cirúrgica/ortodôntica. A doação deve ser de livre e espontânea vontade, e terão a garantia de serem usados somente em testes laboratoriais, para avaliar o seu comportamento mecânico.

**5) Riscos e desconfortos:** Os riscos e/ou desconfortos são inerentes à técnica de extração dos dentes do ciso (terceiros molares). Eles não serão utilizados em qualquer teste de âmbito genético.

**6) Benefícios:** A pesquisa testará novas formas alternativas de restauração com resina composta em dentes muito destruídos. Além disso, o estudo poderá responder qual a forma de fratura que mais ocorre nesses casos.

**7) Retirada do consentimento, informações e garantias ao participante:** O doador que, por qualquer motivo, não quiser doar o seu(s) dente(s), não será obrigado a fazê-lo e, mesmo assim, terá os procedimentos de extração realizados na Disciplina de Cirurgia do Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Os pacientes envolvidos na pesquisa terão a garantia do sigilo das informações e a privacidade na identificação dos participantes. Os voluntários terão total liberdade de recusar ou deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem punição.

**8) Telefone para contato com a pesquisadora:**

Silvana Batalha Silva – (48) 9914-3846, ou (48) 3721-9880 (Dentística).

Pelos termos acima mencionados e após entender e aceitar as explicações fornecidas concordo em participar da pesquisa através da doação do(s) meu (s) dente(s).

Eu, \_\_\_\_\_, portador do CPF \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_ declaro estar ciente e desejo doar meus dentes para pesquisa.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do paciente

Florianópolis, \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_

## APÊNDICE B – RESULTADOS POR GRUPO

### Grupo MZ100

Espécime	Sobrevivência	Ciclos	Novas trincas	Modo de Fratura
MZ100_1	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_2	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_3	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_4	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_5	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_6	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_7	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_8	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_9	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_10	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_11	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_12	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_13	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_14	sim	1.400 N - 30,000	não	-
MZ100_15	sim	1.400 N - 30,000	pequena	-

### Grupo M2

Espécime	Sobrevivência	Ciclos	Novas trincas	Modo de Fratura
M2_1	sim	1.400 N - 30,000	não	-
M2_2	não	1.200 N - 2,671	severa	acima JCE
M2_3	não	1.200 N - 10,011	não	acima JCE
M2_4	não	1.000 N - 21,941	não	acima JCE
M2_5	não	1.200 N - 2,728	severa	abaixo JCE
M2_6	não	1.200 N - 6,314	severa	acima JCE
M2_7	não	1.400 N - 4,683	severa	acima JCE
M2_8	sim	1.400 N - 30,000	não	-
M2_9	não	1.400 N - 300	não	abaixo JCE
M2_10	não	800 N - 18,064	não	acima JCE
M2_11	não	1.200 N - 2,214	severa	abaixo JCE
M2_12	não	1.400 N - 20,427	severa	acima JCE
M2_13	não	1.000 N - 2,773	não	acima JCE
M2_14	não	1.200 N - 10,589	não	acima JCE
M2_15	não	1.200 N - 9,407	pequena	acima JCE

## Grupo KM

Espécime	Sobrevivência	Ciclos	Novas trincas	Modo de Fratura
KM 1	não	1.400 N - 3,307	não	acima JCE
KM 2	não	800N - 11,736	não	acima JCE
KM 3	não	1.000 N - 8,719	não	acima JCE
KM 4	não	1.200 N - 3,793	severa	acima JCE
KM 5	sim	1.400 N - 30,000	não	-
KM 6	não	1.400N - 3,153	não	abaixo JCE
KM 7	sim	1.400 N - 30,000	severa	-
KM 8	não	1.400 N - 16,126	não	acima JCE
KM 9	não	1.000 N - 16,219	não	acima JCE
KM 10	não	1.200 N - 4,596	pequena	acima JCE
KM 11	não	800 N - 2,144	não	abaixo JCE
KM 12	não	1.000 N - 4,571	pequena	acima JCE
KM 13	não	1.400 N - 4,832	não	acima JCE
KM 14	não	1.200 N - 6,581	não	abaixo JCE
KM 15	sim	1.400 N - 30,000	pequena	-

## Grupo FJ

Espécime	Sobrevivência	Ciclos	Novas trincas	Modo de Fratura
FJ 1	sim	1.400 N - 30,000	não	-
FJ 2	sim	1.400 N - 30,000	pequena	-
FJ 3	não	800 N - 2,253	não	acima JCE
FJ 4	não	1.400 N - 17,371	severa	abaixo JCE
FJ 5	sim	1.400 N - 30,000	não	-
FJ 6	não	1.400 N - 3,452	não	acima JCE
FJ 7	sim	1.400 N - 30,000	não	-
FJ 8	sim	1.400 N - 30,000	severa	-
FJ 9	sim	1.400 N - 30,000	não	-
FJ 10	não	1.000 N - 2,025	severa	acima JCE
FJ 11	não	1.000 N - 7,811	não	acima JCE
FJ 12	não	1.000 N - 4,215	pequena	acima JCE
FJ 13	não	1.200 N - 3,011	severa	acima JCE
FJ 14	não	1.400 N - 5,039	não	acima JCE
FJ 15	não	1.000 N - 927	não	acima JCE

## Grupo BD

Espécime	Sobrevivência	Ciclos	Novas trincas	Modo de Fratura
BD 1	não	1.200 N - 19,032	não	acima JCE
BD 2	não	1.000 N - 1,390	não	acima JCE
BD 3	não	1.000 N - 15,819	pequena	acima JCE
BD 4	não	1.200 N - 2,595	não	acima JCE
BD 5	não	1.200 N - 3,280	pequena	acima JCE
BD 6	não	1.400 N - 12,283	severa	acima JCE
BD 7	não	1.400 N - 831	severa	acima JCE
BD 8	não	1.400 N - 2,441	não	acima JCE
BD 9	não	1.400 N - 787	não	acima JCE
BD 10	não	1.200 N - 2,067	pequena	abaixo JCE
BD 11	não	1.000 N - 3,293	severa	acima JCE
BD 12	não	1.200 N - 423	pequena	acima JCE
BD 13	sim	1.400 N - 30,000	severa	-
BD 14	não	1.200 N - 2,793	não	acima JCE
BD 15	não	1.200 N - 25,182	não	acima JCE

## Grupo WP

Espécime	Sobrevivência	Ciclos	Novas trincas	Modo de Fratura
WP 1	sim	1.400 N - 30,000	não	-
WP 2	sim	1.400 N - 30,000	não	-
WP 3	não	1.200 N - 534	severa	acima JCE
WP 4	não	1.200 N - 3,901	não	acima JCE
WP 5	não	1.000 N - 2,118	severa	acima JCE
WP 6	não	1.400 N - 5,249	não	acima JCE
WP 7	não	1.400 N - 19,748	pequena	acima JCE
WP 8	não	1.200 N - 740	severa	acima JCE
WP 9	não	1.400 N - 19,459	pequena	acima JCE
WP 10	não	1.200 N - 1,614	pequena	acima JCE
WP 11	não	1.200 N - 4,979	severa	acima JCE
WP 12	sim	1.400 N - 30,000	severa	-
WP 13	não	1.000 N - 1,643	severa	acima JCE
WP 14	não	1.200 N - 10,472	severa	acima JCE
WP 15	sim	1.400 N - 30,000	não	-



## ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS – UFSC

Certificado



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

**CERTIFICADO** nº 890

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

**APROVADO**

**PROCESSO:** 890      **FR:** 354393

**TÍTULO:** Influência da técnica restauradora do tipo sanduiche na resistência à fadiga de dentes restaurados (MOD)

**AUTOR:** Mauro Amaral Caldeira de Andrada, Silvana Batalha Silva

FLORIANÓPOLIS, 26 de Julho de 2010.

*Magda Santos Koerich*

Coordenador do CEPSH/UFSC

**Prof.ª Magda Santos Koerich**  
Sub-Coordenadora  
CEUA/PRPE/UFSC



## ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS – USC

Proposal #HS-10-00721

University of Southern California Health Sciences Campus  
Institutional Review Board  
LAC+USC Medical Center, General Hospital Suite 4700  
1200 North State Street, Los Angeles, CA 90033  
(323) 223-2340 phone  
(323) 224-8389 fax  
[irb@usc.edu](mailto:irb@usc.edu)

Date: Jan 04, 2011, 04:24pm  
To: Pascal Magne , PhD  
RESTORATIVE SCIENCES (DIVISION 4)  
From: Health Sciences Institutional Review Board  
General Hospital, Suite 4700  
1200 North State Street  
Los Angeles, CA 90033  
(323) 223-2340

---

TITLE OF PROPOSAL:  
FATIGUE STRENGTH AND CUSPAL FLEXURE OF “LOW STRESS” TECHNIQUES FOR EXTRA-LARGE DIRECT COMPOSITE RESIN RESTORATIONS (Fatigue resistance of dental restorations IV)

---

Action Date: Committee: Note:	<b>1/4/2011</b>  Institutional Review Board Chairman Your iStar application and attachments were reviewed by the expedited mechanism on January 4, 2011.	Action Taken:	<b>Approve</b>
--	---	---------------	----------------

The project was APPROVED.

The materials submitted and considered for review of this project included:

1. iStar application dated 12/30/10
2. Materials and Methods

The NIH and OHRP do not consider research involving ONLY coded private information or specimens to involve human subjects as defined under 45 CFR 46.102(f) if the following conditions are BOTH met: the private information or specimens were not collected specifically for the currently proposed research project through an interaction or intervention with living individuals and the investigator(s) cannot readily ascertain the identity of the individual(s) to whom the coded private information or specimens pertain because the key to decipher the code is destroyed before the research begins.

Based on the information submitted for review, this study is not human subjects research. If research is conducted, a separate IRB approval must be obtained.

This review and opinion is based only on the information provided to the IRB Office and is not valid if the proposed project is not exactly as described, or if additional information (including grants, contracts or other information) have been withheld.

This project is not subject to requirements for continuing review.