



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



Trabalho de Conclusão de Curso

**CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO E DENSIDADE DE LIGAÇÕES
CRUZADAS DE COMPÓSITOS CONVENCIONAIS E DE BAIXA
CONTRAÇÃO FOTOATIVADOS POR DIFERENTES MÉTODOS**

Aluna: Mariana Vianna Vercellino

Orientador: Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti
Co-orientador: Prof. Dr. Américo Bortolazzo Correr

Piracicaba

2012



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**



Mariana Vianna Vercellino

Trabalho de Conclusão de Curso

**CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO E DENSIDADE DE LIGAÇÕES
CRUZADAS DE COMPÓSITOS CONVENCIONAIS E DE BAIXA
CONTRAÇÃO FOTOATIVADOS POR DIFERENTES MÉTODOS**

Orientador: Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti
Co-orientador: Prof. Dr. Américo Bortolazzo Corrêr

Piracicaba

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
JOSIDELMA F COSTA DE SOUZA – CRB8/5894 - BIBLIOTECA DA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

V582c Vercellino, Mariana Vianna, 1986-
Contração de polimerização e densidade de ligações cruzadas de compósitos convencionais e de baixa contração fotoativados por diferentes métodos / Mariana Vianna Vercellino. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Mário Alexandre Coelho Sinhoreti.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais dentários. I. Sinhoreti, Mário Alexandre Coelho, 1969- II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me apoiaram incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe e meu pai pelo incentivo, dedicação e por sempre me apoiarem em quaisquer decisões que eu tomei, mesmo não sendo as mais sensatas, e, acima de tudo, pelo trabalho árduo para me oferecer uma educação completa.

Ao meu irmão pelo companheirismo, amizade, brincadeiras e piadas sem fim, apoio e idéias mirabolantes.

À tia Nãna, por quem eu tenho grande carinho, respeito, amizade, que sempre me serviu de exemplo, na vida e na profissão, além de extrema admiração, e talvez por isso, tenha sido a inspiração para escolha da profissão.

Ao Regi, que sempre me incentivou e ajudou em tudo que esteve ao seu alcance.

À vó Ely, vó Zilda (*in memoriam*) e tia Neyde, pelo cuidado, amor e carinho dedicados.

Às minhas queridas amigas/irmãs, e porque não, filhas, com quem tive o prazer diário de sua convivência nestes 5 anos, formando uma verdadeira família: Verônica, Teresa, Isabela e Luisa, pelo companheirismo, risadas, piadas, histórias, madrugadas de estudo intermináveis, idéias, conselhos, apoio, carinho, paciência e por tornarem Piracicaba um lar pra mim.

Às outras amigas/irmãs/filhas (os) que fiz nesta jornada, e que fazem parte da família piracicabana : Thais Thakao, Rafaela D. B. Prado, Zarina das Neves, Damila Assunção, Tássia Falsete, Juliana Pucci,

Camila Pousa, Jéssica Pignatti, Menotte (Renato Peloso), Nine (Mário R. S, Barbosa), Janine Belloti, Marcela Rosa e Marina Marcelloni pelos maravilhosos momentos e por tornaram meus dias mais divertidos.

À família do Beco, Larissa Medauar, Natália Bachião, Mayra Miguel, Aline Pedroni, Estela Biazotto, Gago (Murilo Jolo), Fabinho (Fábio Bortolança), Peido (Thiago Morelli), Papaya (Lucas Sicca), PN (Bruno Micaroni), Acosta (Bruno Vitti), Staline Fatuda, Guilherme Pietrobon, Menotte (Renato Peloso) e Bolt pelo companheirismo.

Aos meus queridos amigos da turma 52 por dividirem angustias, alegrias, aflições e ate lágrimas, mas principalmente pelos bons momentos e maravilhosas recordações.

Ao pessoal da secretaria da clínica, em especial à Dái e Jana pela paciência, compreensão, conselhos nos momentos de angústia, amizade e carinho.

Ao Professor Mario pela oportunidade de realizar este estudo.

Ao meu co-orientador Américo pela atenção, paciência, tempo dedicado e conhecimentos passados.

À todos os professores da Faculdade de Odontologia de Piracicaba pela dedicação e disponibilidade em transmitir seus conhecimentos

RESUMO

O objetivo neste estudo foi verificar a contração de polimerização e densidade de ligações cruzadas de compósitos convencionais e de baixa contração, fotoativados por diferentes métodos. Os compósitos Filtek Z350 e Filtek P90 (cor A2) foram inseridos em matrizes metálicas e fotoativados pelos métodos: Luz contínua de alta irradiância (600 mW/cm² por 40 s), Luz contínua de baixa irradiância (150 mW/cm² por 160 s), *Soft-start* (150 mW/cm² por 5 s + 600mW/cm² por 39 s) e *Pulse-delay* (150 mW/cm² por 5 s + 3 minutos sem luz + 600mW/cm² por 39 s). Após 24h em 37°C, a contração de polimerização foi verificada pela formação de fenda entre compósito e matriz metálica, utilizando Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). A densidade de ligações cruzadas foi verificada pelo teste de amolecimento em solvente (Etanol 100%) pela imersão por 24h, sendo as medidas de dureza Knoop realizadas no topo das amostras. Os dados de contração de polimerização e densidade de ligações cruzadas foram analisados pela Análise de Variância e teste de Tukey (p=0,05). Os resultados da contração de polimerização mostraram que não houve diferença significativa entre os métodos de fotoativação e região (topo e base). Entretanto, o compósito resinoso Filtek Z350 apresentou contração de polimerização significativamente superior ao Filtek P90, para o qual não foi observada fenda. A avaliação da densidade de ligações cruzadas mostrou que não houve diferença entre os métodos de fotoativação e os compósitos (p>0,05). Pode ser concluído que o método de fotoativação não influenciou a contração de polimerização e a densidade de ligações cruzadas. Entretanto, o compósito Filtek Z350 apresentou contração de polimerização superior ao Filtek P90, para o qual não foi observada contração.

Palavras-chave: compósitos, fotoativação, contração de polimerização, dureza Knoop.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the composite shrinkage and cross-link density of photo-activated or cured conventional composites and low shrinkage composites using different methods. The Filtek Z350 and Filtek P90 composites (A2 colour) were inserted into metallic matrices and photo-activated as described: continuous light with high irradiance (600 mW/cm^2 for 40 s) continuous light with low irradiance (150 mW/cm^2 for 160s), Soft-start (150 mW/cm^2 for 5s + 600 mW/cm^2 for 39s) and Pulse-delay (150 mW/cm^2 for 5s + 3 minutes without light + 600 mW/cm^2 for 39s). After 24h in 37°C , the polymerization shrinkage was observed by the gap formation between the resin composite and the metal molds using Scanning Electron Microscopy (SEM). The cross-link density was verified by the softening the samples in solvent by immersion in ethanol (100%) for 24h, and Knoop hardness measurements made at the top of the samples. The data of polymerization shrinkage and crosslink density were analyzed by ANOVA and Tukey's test ($p=0.05$). The means of polymerization shrinkage showed no significant difference between the activation methods and region (top and bottom). However, the composite resin Filtek Z350 polymerization shrinkage showed significantly higher than Filtek P90, for which no gap was observed. The crosslink density showed no difference between the activation methods and composite ($p>0.05$). It can be concluded that the polymerization method did not influence the polymerization shrinkage and crosslink density. However, the Filtek Z350 composite showed higher polymerization shrinkage than the Filtek P90 which no shrinkage was observed.

Keywords: composites, curing, polymerization shrinkage, Knoop hardness.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	pág 11;
2. PROPOSIÇÃO.....	pág 14;
3. MATERIAL E METODOS.....	pág 15;
3.1. MATERIAL.....	pág 15;
3.2. MÉTODOS.....	pág 15;
3.2.1. CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO.....	pág 16;
3.2.2. DENSIDADE DE LIGAÇÕES CRUZADAS.....	pág 19;
4. RESULTADOS.....	pág 21;
5. DISCUSSÃO.....	pág 25;
6. COLCLUSÃO.....	pág 28;
REFERÊNCIAS.....	pág 29;

1. INTRODUÇÃO

A contração é um fenômeno inerente a reação de polimerização dos compósitos resinosos. Com o objetivo de reduzir a contração de polimerização pode-se alterar a formulação dos compósitos, modificando o tipo de monômero (Feilzer & Dauvillier, 2003), o tipo e a quantidade de partículas de carga e a interação entre as partículas de carga e a matriz orgânica (Braga *et al.*, 2005). Alguns estudos mostram que o aumento da quantidade de partículas de carga reduz a contração de polimerização (Atai & Watts, 2006). Com o aumento na quantidade de partículas de carga há redução no volume de matriz orgânica, que é o componente responsável pela contração nos compósitos resinosos. Nos últimos anos houve grande evolução nos compósitos com a fabricação das partículas de carga de tamanho nanométrico, permitindo a incorporação de maior quantidade de partículas inorgânicas, melhorando a manipulação, as características estéticas e as propriedades mecânicas.

O principal componente da matriz orgânica é o BisGMA, desenvolvido por Bowen, em 1963 (Bowen, 1963). Este monômero possui alta viscosidade, necessitando da incorporação de monômeros diluentes para melhorar as características de manipulação dos compósitos e possibilitar maior incorporação de partículas de carga. Um dos monômeros diluentes mais utilizados é o trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA). Entretanto, a inserção dos monômeros diluentes aumenta a contração de polimerização (Feilzer & Dauvillier, 2003), fazendo com que o fabricante busque um equilíbrio entre a quantidade de monômeros de alto peso molecular e de monômeros diluentes.

Recentemente foi desenvolvido um compósito restaurador que apresenta em sua formulação outro tipo de monômero, o silorano. Durante a reação de polimerização deste monômero há um processo de abertura dos anéis de sua estrutura, possibilitando redução na contração de polimerização (Bouillaguet *et al.*, 2006). O processo de abertura dos anéis ocorre via catiônica, resultando em menor contração de polimerização comparado aos compósitos baseados em monômeros metacrilatos, que polimerizam via reação de radicais livres de suas duplas ligações (Eick *et al.*, 2007). Em geral, o processo de abertura dos anéis possibilita que a contração desses compósitos

seja aproximadamente 1% (Weinmann *et al.*, 2005). Entretanto, mesmo apresentando menor contração de polimerização, alguns estudos mostram que a tensão gerada durante a contração de polimerização do compósito a base de silorano é similar aos compósitos a base de metacrilato (Marchesi *et al.*, 2010; Van Ende *et al.*, 2011).

Durante a contração de polimerização são geradas tensões no material restaurador. Dependendo da intensidade da tensão transmitida para a interface de união, pode ocorrer a formação de fendas entre o material restaurador e o dente (Unterbrink & Muessner, 1995), fraturas do substrato dental ou do material restaurador, diminuindo a vida útil das restaurações (Davidson *et al.*, 1984). A presença de fendas entre o material restaurador e o dente pode ser verificada através da análise em microscópio ótico, microscópio eletrônico de varredura ou pela utilização de corantes que penetram nas fendas presentes entre o material restaurador e o dente (Caroline Bruschi Alonso *et al.*, 2006).

A tensão de contração é influenciada por diversos fatores como: composição do material, configuração da cavidade e técnica de inserção e fotoativação (Cunha *et al.*, 2008). Com o objetivo de reduzir a tensão gerada durante a contração de polimerização surgiram técnicas de fotoativação que visam reduzir a velocidade da reação de polimerização. A velocidade da reação de polimerização está intimamente relacionada com a tensão de contração, e pode ser controlada pela diminuição ou aumento da intensidade de luz (Irie *et al.*, 2002). Muitas técnicas têm sido propostas com o objetivo de controlar a velocidade durante o processo de polimerização (Uno & Asmussen, 1991). Elas se baseiam na polimerização inicial com irradiância reduzida, seguido de polimerização com elevada irradiância, ou, utilizando ciclos com presença e ausência de luz (Feilzer *et al.*, 1995; Koran & Kurschner, 1998; Pires *et al.*, 1993; Unterbrink & Muessner, 1995). Assim, a menor taxa de conversão monomérica inicial permitiria o escoamento do material, gerando baixa tensão que pode ser dissipada internamente no material restaurador, e posteriormente, a alta intensidade na polimerização promove adequado grau de conversão para obtenção de propriedades mecânicas, químicas e biológicas satisfatórias (Davidson *et al.*, 1984; Feilzer *et al.*, 1995; Watts & al Hindi, 1999).

A redução das tensões geradas durante a reação de polimerização é de fundamental importância para o sucesso das restaurações odontológicas. Portanto, seria importante a análise do efeito das diferentes técnicas de fotoativação, que visam reduzir a tensão de contração, sobre a contração de polimerização e a estrutura dos polímeros nos compósitos de baixa contração a base de silorano.

2. PROPOSIÇÃO

O objetivo neste estudo foi mensurar a fenda formada pela contração de polimerização e a densidade de ligações cruzadas de um compósito convencional e de um compósito de baixa contração, fotoativados por métodos convencionais e por luz modulada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Para este estudo foram utilizados o compósito restaurador de baixa contração Filtek P90 e o compósito convencional Filtek Z350 (ambos na cor A2 – Figura 1), cujas composições estão descritas no Quadro 1.

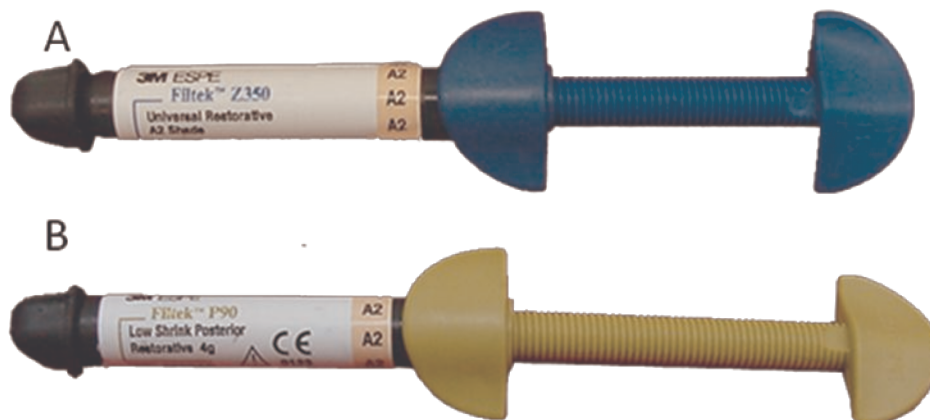


Figura 1. Compósitos Filtek Z350 (A) e Filtek P90 (B).

Quadro 1. Composição dos materiais.

Material	Composição*	Fabricante
Filtek Z350	BIS-GMA, BIS-EMA, UDMA, TEGDMA, nanopartículas de zircônio/sílica, fotoiniciador	3M/ESPE
Filtek P90	Siloxanos, epóxi-mono-silanos, epóxi di e oligosiloxanos, quartzo, trifluoreto de ítrio	3M/ESPE

*Dados obtidos do fabricante

3.2. Métodos

3.2.1. Contração de polimerização

Esta metodologia foi baseada no estudo de (Obici *et al.*, 2002). Os espécimes foram confeccionados em matrizes metálicas circulares com 7 mm de diâmetro interno, 12 mm de diâmetro externo e 2 mm de espessura, sendo as superfícies internas polidas com borrachas abrasivas para impedir o imbricamento do compósito. Cada matriz foi posicionada sobre uma tira de poliéster e o compósito inserido no interior do anel com auxílio de espátula e acomodado com condensador. A superfície do compósito foi recoberta por outra tira de poliéster e, em seguida pressionada com lâmina de vidro. Foram confeccionados 40 espécimes de cada compósito (Filtek P90 e Filtek Z350), os quais foram distribuídos em quatro grupos (n=10), segundo o método de fotoativação (Quadro 2), utilizando o aparelho fotoativador (Figura 2) de lâmpada de quartzo-tungstênio-halogênio XL2500 (3M ESPE).



Figura 2. Aparelho de lâmpada halógena XL 2500.

Quadro 2. Descrição dos métodos de fotoativação utilizados em todas as fases deste projeto.

Método de Fotoativação	Protocolo (Irradiância e Tempo de exposição)
Luz Contínua de Alta Irradiância (AI)	600 mW/cm ² durante 40 s
Luz Contínua de Baixa Irradiância (BI)	150 mW/cm ² durante 160 s
Soft-Start (SS)	150 mW/cm ² durante 5 s + 600mW/cm ² durante 39 s
Pulse Delay (PD)	150 mW/cm ² durante 5 s + 3 minutos sem luz + 600mW/cm ² durante 39 s

Antes do início dos estudos, a irradiância da fonte de luz foi verificada com um potenciômetro Ophir 10A-V2-SH (Ophir Optronics, Har Hotzvim, P.O.B. 45021, Jerusalém 91450, Israel) acoplado a um microprocessador NOVA (Ophir Optronics, Har Hotzvim, P.O.B. 45021, Jerusalém 91450, Israel), o qual forneceu a potência do aparelho em mW. Com o auxílio de um paquímetro, o diâmetro da ponta ativa do aparelho foi medida e a partir do cálculo da área dessa ponta (mm²), a irradiância foi calculada em mW/cm². Esse aparelho apresentou irradiância de 600 mW/cm².

Para o método de fotoativação contínuo com alta irradiância, a ponta do aparelho fotoativador foi posicionada próximo à superfície do compósito e a fotoativação realizada por 40 s com irradiância de 600 mW/cm². A fotoativação contínuo com baixa irradiância foi realizada com irradiância de 150 mW/cm² durante 160 s. Para reduzir a irradiância durante a fotoativação, a ponta da fonte de luz foi afastada da superfície do compósito. Com o objetivo de padronizar a distância de fotoativação foi posicionado um espaçador de resina acrílica quimicamente ativada entre a superfície do compósito e a ponta do aparelho fotoativador (Figura 3).

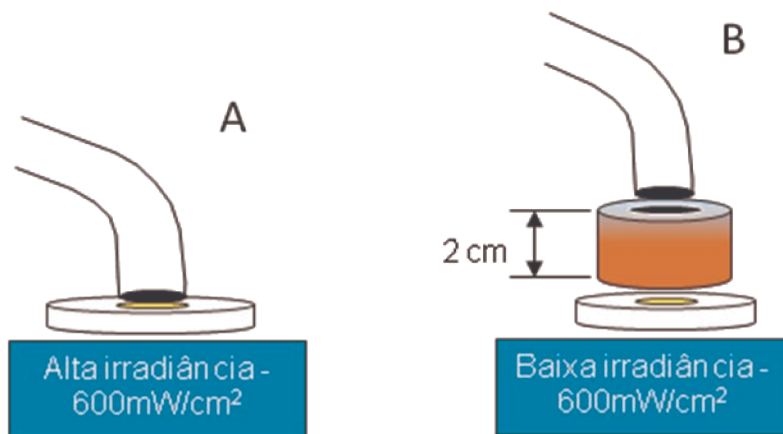


Figura 3. Métodos de fotoativação. Contínuo com alta irradiância (A); Métodos modulados com interposição de espaçador de resina acrílica

Tanto a superfície irradiada quanto a oposta dos espécimes foram planificadas e polidas com lixas de carbeto de silício # 320, 600 e 1200 (Norton S.A., São Paulo, SP, Brasil), de modo a remover o excesso de compósito. Deste modo, cada corpo-de-prova foi composto pelo conjunto compósito + matriz metálica. Após 24h, as amostras foram avaliadas em MEV (JEOL, JSM-5600LV, Japão) em baixo vácuo, e fotomicrografias com magnificação de 1500X foram realizadas de todos os espécimes em quatro pontos, correspondentes a 3, 6, 9 e 12 horas, utilizando como referência uma demarcação realizada na matriz metálica (Figura 4).

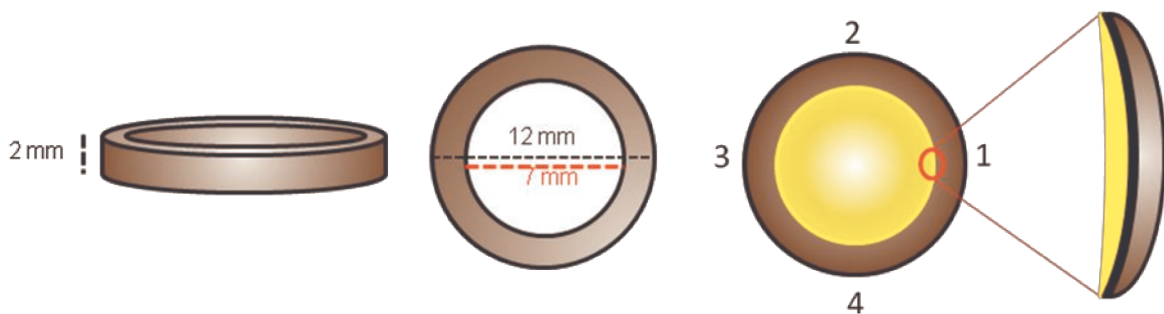


Figura 4. Desenho esquemático da avaliação da contração de polimerização pela formação de fendas.

Quando houve a presença fenda, ela foi mensurada por meio do *software* UTHSCSA Image Tool 3.0. Para cada ponto da matriz metálica (3, 6, 9 e 12 horas) foram realizadas 3 medições (Figura 5), sendo uma no centro e as demais na margem esquerda e direita e obtida uma média para cada ponto de aferição da fenda. A média de fenda do espécime consistiu da soma da fenda dos quatro pontos de aferição, dividido por quatro.

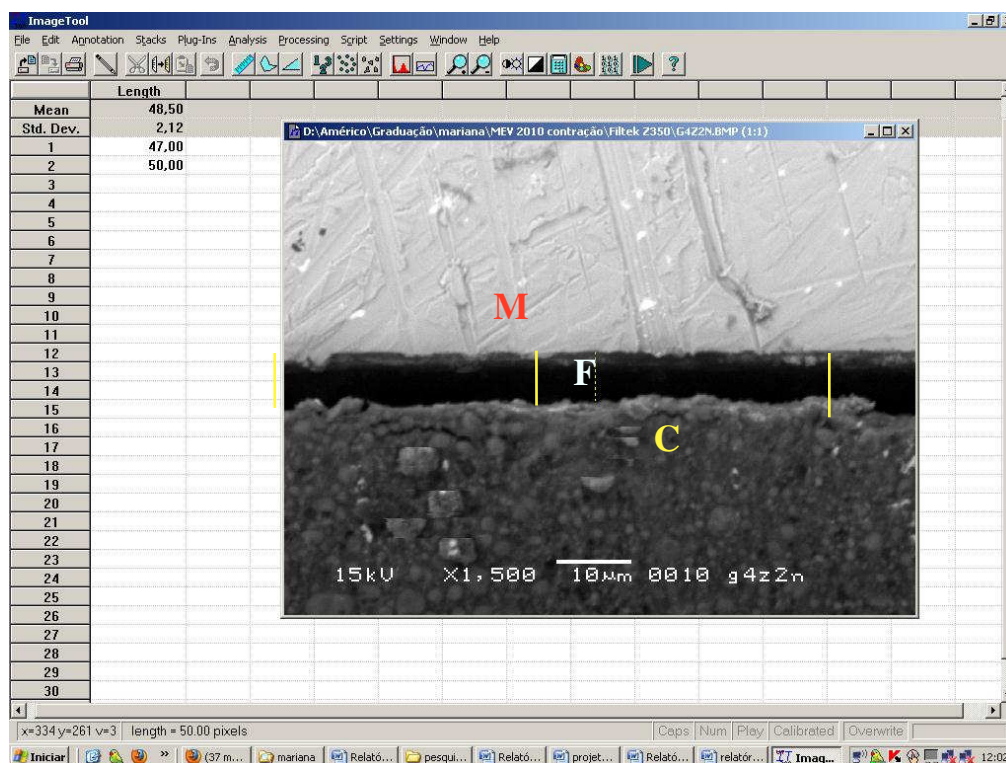


Figura 5. Análise no *software* Image tool 3.0 da fenda formada entre o compósito e a matriz metálica. C – compósito; M – matriz metálica; F – fenda.

3.2.2. Densidade de ligações cruzadas

A densidade de ligações cruzadas foi avaliada de acordo com o método utilizado por Schneider *et al.* (2008). Para este estudo foram utilizados os compósitos Filtek Z350 e Filtek P90 (3M/ESPE Dental Products, St. Paul, MN, USA). Suas composições estão descritas na Tabela 1. Os compósitos foram inseridos em matrizes de polivinilsiloxano

(2mm altura, 4mm diâmetro interno) e tiras de poliéster foram posicionadas sobre a superfície do compósito para extravasar o excesso de material. Os espécimes foram fotoativados pelos métodos descritos na Tabela 2 (n=5).

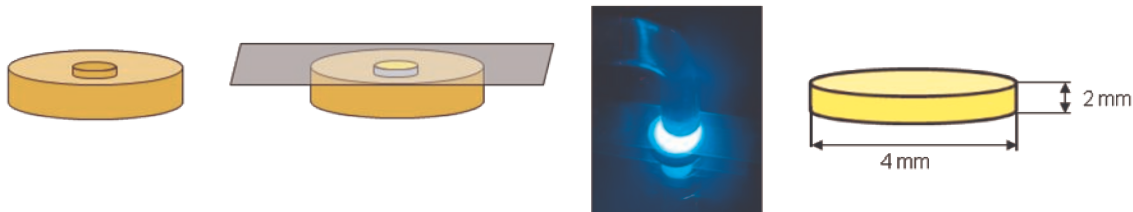


Figura 6. Esquema de preparo das amostras para análise da densidade de ligações cruzadas.

As amostras foram armazenadas em recipiente seco e escuro por 24 h a 37°C e, em seguida, polidas com lixas de carbeto de silício granulação 1200. Medidas de dureza Knoop foram realizadas com um microdurômetro HMV-2 (Shimadzu, Tokyo, Japan) na superfície irradiada (topo), utilizando carga de 50 g por 10 s. Foram realizadas 5 endentações em cada espécime e obtida uma média, obtendo-se desta forma a dureza inicial dos compósitos. Após a leitura de dureza inicial, os espécimes foram armazenados em álcool absoluto por 24 h em temperatura ambiente e, em seguida, novas endentações realizadas nas superfícies de topo. A diminuição de dureza (porcentagem), tanto na região de topo, como na de base, será submetida à Análise de Variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p = 0,05$).

4. RESULTADOS

Os resultados de contração de polimerização e densidade de ligações cruzadas encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Contração de polimerização

Os resultados da análise de variância mostraram que não houve diferença significativa para contração de polimerização (formação de fenda) entre as regiões da amostra (topo e base), métodos de fotoativação (Alta Irradiância, Baixa Irradiância, *Soft-start* e *Pulse-delay*) e para interação entre os fatores. Entretanto, houve diferença significativa entre os compósitos resinosos (Filtek Z350 e Filtek P90).

Os resultados mostraram que a fenda formada entre o compósito Filtek Z350 (Figuras 7 e 8) e a matriz metálica foi significativamente superior ao compósito Filtek P90 (Figura 9 e 10), para o qual não foi verificada formação de fenda (Tabela 1 e Gráfico 1).

Tabela 1. Média (desvio-padrão) da fenda (μm) formada entre os compósitos Filtek Z350 e Filtek P90 e a matriz metálica, após a fotoativação por diferentes métodos.

Resina	Fotoativação	Topo ^A	Base ^A
Filtek Z350 ^a	AI ^a	18,4 (3,5)	18,1 (4,5)
	BI ^a	17,7 (4,1)	17,2 (3,8)
	SS ^a	18,3 (2,4)	19,4 (4,2)
	PD ^a	17,8 (3,5)	18,3 (4,7)
Filtek P90 ^b	AI ^a	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
	BI ^a	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
	SS ^a	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
	PD ^a	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)

AI: Alta Irradiância, BI: Baixa Irradiância, SS: *Soft-start*, PS: *Pulse-delay*

Letras distintas minúsculas em coluna e maiúscula em linha diferem significativamente ($p < 0,05$).

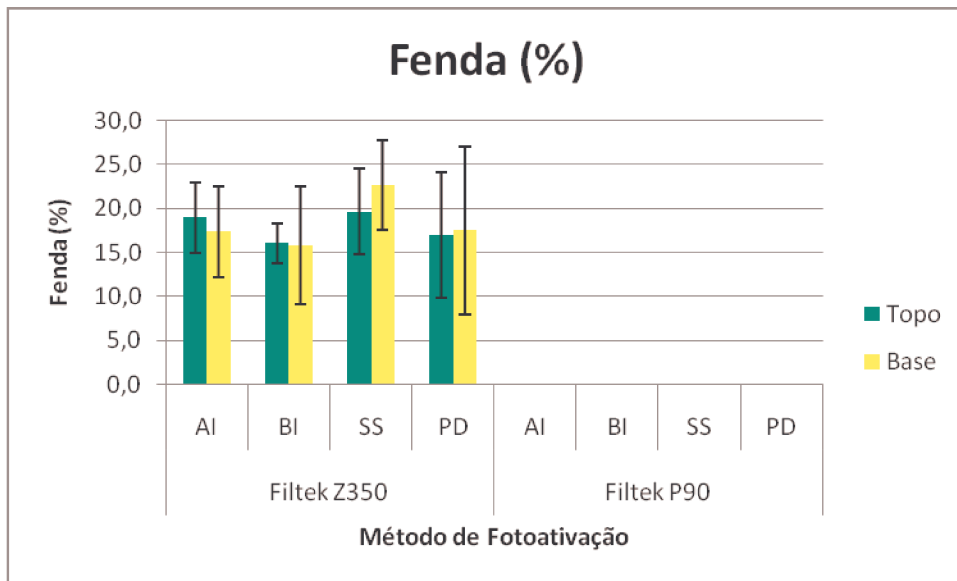
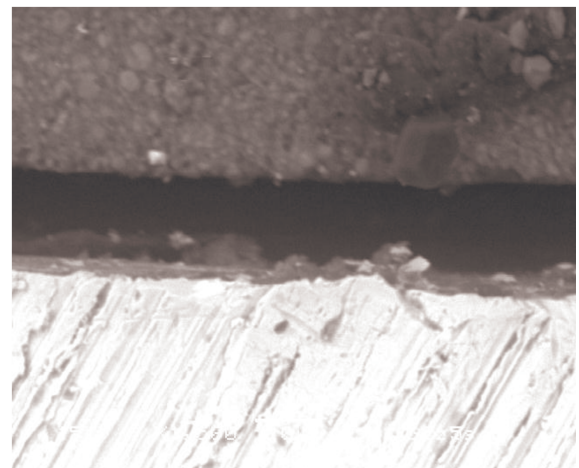
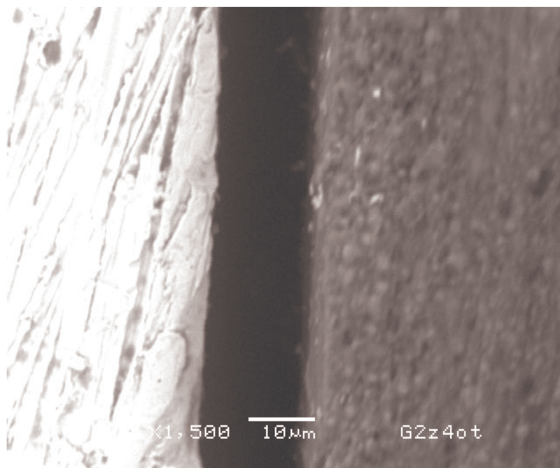
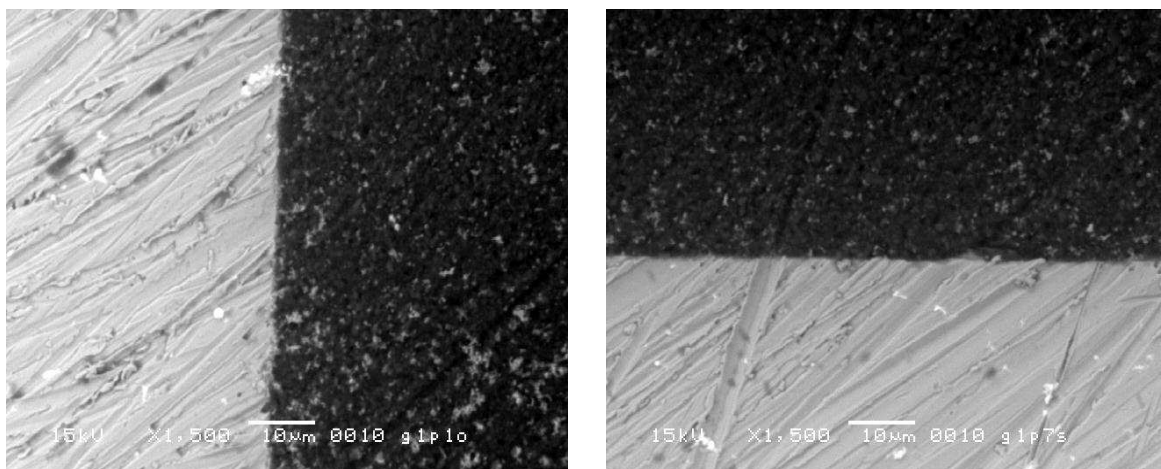


Gráfico 1. Fenda formada entre o compósito resinoso e a matriz metálica.

Fotomicrografias de microscopia eletrônica de varredura representativas dos grupos.



Figuras 7 e 8. Fotomicrografias mostrando a presença de fenda entre a matriz metálica e o compósito resinoso Filtek Z350



Figuras 9 e 10. Fotomicrografias mostrando a ausência de fenda entre a matriz metálica e o compósito resinoso Filtek P90.

Densidade de ligações cruzadas

Os resultados da análise de variância mostraram que não houve diferença significativa para densidade de ligações cruzadas (amolecimento em solvente) entre os métodos de fotoativação (Alta Irradiância, Baixa Irradiância, *Soft-star* e *Pulse-delay*), compósitos resinosos (Filtek Z350 e Filtek P90) e para interação entre os fatores (Tabela 2 e Gráfico 2).

Tabela 2. Média (desvio-padrão) de redução da dureza (%) dos compósitos Filtek Z350 e Filtek P90 em Alta Irradiância, Baixa Irradiância, *Soft-start* e *Pulse-delay*.

Compósito	Alta irradiância ^A	Baixa irradiância ^A	<i>Soft-start</i> ^A	<i>Pulse-delay</i> ^A
Filtek Z350^a	25,3 (3,1)	24,7 (3,6)	26,8 (3,1)	28,4 (5,2)
Filtek P90^a	28,2 (5,1)	28,1 (4,7)	27,2 (4,3)	28,5 (4,7)

Letras distintas minúsculas em coluna e maiúsculas em linha representam diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$).

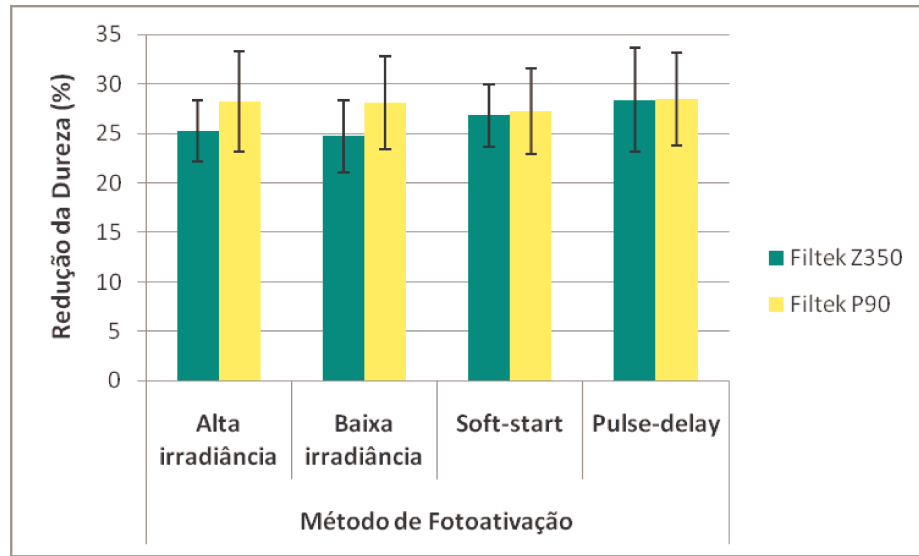


Gráfico 2. Densidade de ligações cruzadas após fotoativação por diferentes métodos.

5. DISCUSSÃO

A contração de polimerização depende da composição dos compósitos, tanto do tipo e quantidade de monômeros (Feilzer & Dauvillier, 2003), quanto da quantidade e tamanho das partículas de carga. Os resultados deste estudo mostraram que o compósito Filtek Z350 apresentou contração significativamente superior ao compósito Filtek P90, para o qual não foi observada formação de fenda entre com a matriz metálica. A Resina Filtek P90 apresenta em sua matriz orgânica um novo monômero, o silorano. Este monômero é derivado de duas estruturas diferentes, os siloxanos e os oxiranos, formando uma estrutura em anel, onde a reação de polimerização ocorre pela abertura dos anéis de sua estrutura (Weinmann *et al.*, 2005). A abertura dos anéis oxiranos durante a reação de polimerização provoca expansão da molécula, o que é responsável pela redução na contração de polimerização (Bouillaguet *et al.*, 2006). Esse processo de abertura dos anéis gera uma contração inferior a 1% (Weinmann *et al.*, 2005). A não observação da contração provavelmente ocorreu porque esta metodologia avalia predominantemente a contração linear e não volumétrica. Assim, a ausência de fenda para o compósito Filtek P90 não quer dizer que o compósito não contraiu, mas que a metodologia não foi eficiente em medir a contração. A resina Filtek Z350 apresenta em sua composição monômeros a base de metacrilato, e durante a reação de polimerização ocorre a aproximação desses monômeros, o que gera a diminuição de volume. A grande contração do compósito Filtek Z350 pode ser explicada pela presença do TEGDMA, que tem baixo peso molecular, alta mobilidade e baixa viscosidade, produzindo alta contração de polimerização (Lopes *et al.*, 2008; Cehreli *et al.* 2002; Obici *et al.* 2002).

Durante a contração de polimerização são geradas tensões que podem ser direcionadas para a interface de união, levando à sua ruptura. Para minimizar o efeito da tensão de contração foram propostas alternativas restauradoras como a técnica incremental (Lutz *et al.* 1986), o uso de materiais de baixo módulo de elasticidade em camadas intermediárias (Unterbrink *et al.* 1999) e métodos modulados de fotoativação, como o *soft-start* e *pulse-delay* (Kanca III *et al.*, 1999; Cunha *et al.*, 2008; Marchesi *et al.*, 2010).

A velocidade da reação de polimerização afeta diretamente a tensão de contração do compósito, e esta pode ser controlada através da irradiância fornecida durante a fotoativação (Cunha *et al.*, 2008). Métodos alternativos de fotoativação para controlar a tensão e minimizar os problemas gerados por ela foram propostos (Kanca III *et al.*, 1999). A técnica de *soft-start* sugere a utilização de baixa irradiância inicialmente, e em seguida, alta irradiância para finalizar a fotoativação com alto grau de conversão (Watts *et al.* 1999). Esta baixa taxa de conversão de monômero para polímero na fase inicial, permite que o material escoe melhor, trazendo benefícios para a restauração, como melhor adaptação marginal e diminuição das tensões de contração (Watts *et al.*, 1999). A menor tensão ocorre pois no primeiro ciclo de fotoativação alguns radicais livres são ativados e começam a polimerização, sendo que neste primeiro ciclo, o grau de conversão seja aproximadamente 50% do obtido na segunda polimerização (Dalla`magro *et al.* 2010).

No método de pulse-delay há um período de ausência de luz entre a fotoativação inicial com baixa irradiância e a final com alta irradiância. Este período de ausência de luz varia de 1 a 3 minutos, onde são formados alguns radicais livres e duplas ligações, permitindo que as moléculas tenham um maior tempo para se rearranjarem, e diminuírem a força de contração (Dalla`magro *et al.* 2010). Apesar de nesta fase haver um longo período de fase com baixo módulo de elasticidade, o grau de conversão não é reduzido/minimizado (Lim *et al.* 2002; Obici *et al.* 2005). Alguns estudos relatam que a tensão de contração produzida por esse método é menor que o convencional (Pfeifer *et al.*, 2006; Cunha *et al.*, 2008)

A contração de polimerização é influenciada diretamente pelo grau de conversão (Rueggeberg *et al.*, 1994). Para que o material apresente propriedades mecânicas e biológicas adequadas e a restauração longevidade, é necessário que ele apresente alto grau de conversão (Ferracane, 2005; Ceballos *et al.* 2009; Asmussen *et al.*, 2002; Davidson *et al.*, 2000). Entretanto, quanto maior o grau de conversão, maior é a contração de polimerização. Para que o compósito apresente grau de conversão adequado, é necessário que seja fornecida densidade de energia suficiente durante a fotoativação (Correr *er al.* 2005). Para que a polimerização seja efetiva e o grau de conversão alto, incrementos de compósitos com até 2 mm dependem apenas da

densidade de energia fornecida durante a fotoativação. Dewaele *et al.* (2009) relataram que quanto maior a densidade de energia, maior a conversão e contração de polimerização. Neste estudo, para todos os métodos de fotoativação (contínuo alta irradiância, contínuo baixa irradiância, *soft-start* e *pulse-delay*), foi utilizada a mesma densidade de energia (24 J/cm^2). Como a densidade de energia foi padronizada entre os diferentes métodos, não houve diferença significativa para contração de polimerização.

Outra propriedade avaliada neste estudo foi a densidade de ligações cruzadas, que se formam durante a polimerização, com a formação das cadeias poliméricas, e estão relacionadas com a estrutura do monômero e forma de polimerização. A densidade das ligações cruzadas também pode aumentar com a presença de radicais livres, que estão presentes em quantidade variável, dependendo da velocidade da reação de polimerização, de modo que uma maior velocidade de polimerização gera uma maior quantidade de radicais livres. As cadeias poliméricas podem sofrer alterações quando colocadas em contato com soluções, como, por exemplo, o álcool absoluto, testado neste experimento. Estas soluções podem atuar como agentes plastificadores, pois as soluções tendem a penetrar nos espaços onde não houve formação de ligações cruzadas, causando o intumescimento do polímero, diminuindo a resistência do material e lixiviando os monômeros que não reagiram (Ferracane, 2005).

Métodos alternativos de fotoativação são propostos com o intuito de reduzir a velocidade da reação de polimerização e tensão de contração dos compósitos, como já foi dito anteriormente. Segundo Schneider *et al.* (2008), na fotoativação com alta irradiância, a densidade das ligações cruzadas é maior quando comparada com os métodos alternativos, que podem tornar os compósitos mais susceptíveis a degradação em solventes. Isto ocorre pois durante a fotoativação inicial com baixa irradiância o polímero formada apresenta cadeias mais lineares, com menor quantidade de ligações cruzadas (Schneider *et al.*, 2008). Entretanto, neste estudo não foi verificada diferença significativa entre os diferentes métodos de fotoativação, sugerindo que a estrutura polimérica utilizando os diferentes métodos foi semelhante.

6. CONCLUSÃO

Baseado nos resultados deste estudo pode ser concluído que:

1. A contração de polimerização não foi influenciada pelo método de fotoativação. Entretanto, o compósito Filtek Z350 apresentou contração superior ao Filtek P90 (baixa contração), para o qual não foi verificada contração.
2. A densidade de ligações cruzadas não foi influenciada pelo método de fotoativação e pelo compósito.

REFERÊNCIAS

1. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of composition on rate of polymerization contraction of light-curing resin composites. *Acta Odontol Scand.* 2002; 60: 146-54.
2. Atai M, Watts DC. A new kinetic model for the photopolymerization shrinkage-strain of dental composites and resin-monomers. *Dent Mater.* 2006; 22(8): 785-791.
3. Bouillaguet S, Gamba J, Forchelet J, Krejci I, Wataha JC. Dynamics of composite polymerization mediates the development of cuspal strain. *Dent Mater.* 2006; 22(10): 896-902.
4. Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc.* 1963; 66: 57-64.
5. Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dent Mater* 2005; 21: 962-970.
6. Caroline Bruschi Alonso R, Maria Correr G, Goncalves Cunha L, Flavia Sanches Borges A, Maria Puppim-Rontani R, Alexandre Coelho Sinhoreti M. Dye staining gap test: an alternative method for assessing marginal gap formation in composite restorations. *Acta Odontol Scand.* 2006; 64(3): 141-145.
7. Ceballos L, Fuentes M V, Tafalla H, Martinez A, Flores J, Rodriguez J. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen uits. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2009; 14; E51-E56.

8. Cehreli MC, Canay S. Comparison of post-gel shrinkage strains in light-polymerized composite resins. *J Prosthet Dent.* 2002; 88: 461-6.
9. Correr AB, Sinhoreti MA, Sobrinho LC, Tango RN, Schneider LF, Consani S. Effect of the increase of energy density on Knoop hardness of dental composites photoactivated by conventional QTH, LED and xenon plasma arc. *Braz Dent J* 2005; 16: 218-224.
10. Cunha LG, Alonso RC, Pfeifer CS, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Contraction stress and physical properties development of a resin-based composite irradiated using modulated curing methods at two C-factor levels. *Dent Mater.* 2008; 24(3): 392-398.
11. Dalla`magro E, Correr AB, Costa AR, Correr GM, Consani RLX, Correr-sobrinho L, Sinhoreti MAC. Effect of different photoactivation techniques on the bond strenght of a dental composite. *Braz Dent J.* 2010; 21(3): 220-224.
12. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res.* 1984; 63(12): 1396-1399.
13. Davidson CL, De Gee AJ. Light-curing units, polymerization, and clinical implicatons. *J Adhes Dent,* 2000; 2: 167-73.
14. Dewaele M, Asmussen E, Peutzfeldt A, Munksgaard EC, Benetti AR, Finne G, et al.. Influence of curing protocol on selected properties of light-curing polymers: degree of conversion, volume contraction, elastic modulus, and glass transition temperature. *Dent Mater* 2009; 25: 1576-1584.

15. Eick JD, Kotha SP, Chappelow CC, Kilway KV, Giese GJ, Glaros AG *et al.* Properties of silorane-based dental resins and composites containing a stress-reducing monomer. *Dent Mater.* 2007; 23(8): 1011-1017.
16. Feilzer AJ, Dauvillier BS. Effect of TEGDMA/BisGMA ratio on stress development and viscoelastic properties of experimental two-paste composites. *J Dent Res.* 2003; 82(10): 824-828.
17. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, Davidson CL. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci.* 1995; 103(5): 322-326.
18. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006; 22(3): 211-222.
19. Irie M, Suzuki K, Watts DC. Marginal gap formation of light-activated restorative materials: effects of immediate setting shrinkage and bond strength. *Dent Mater.* 2002; 18(3): 203-210.
20. Kanca III J, Suh BI. Pulse activation: reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *Am J Dent* 1999; 12: 107–12.
21. Koran P, Kurschner R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *Am J Dent.* 1998; 11(1): 17-22.
22. Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by twostep light-activation. *Dent Mater* 2002; 18: 436-444.

23. Lopes LG, Franco EB, Pereira JC, Mondelli RFL. Effect of light-curing units and activation mode on polymerization shrinkage and shrinkage stress of composite resin. *J Appl Oral Sci.* 2008; 16(1): 35-41.
24. Lutz E, Krejci I, Oldenburg TR. Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. *Quintessence Int* 1986; 17: 777–84.
25. Marchesi G, Breschi L, Antonioli F, DiLenarda R, Ferracane J, Cadenaro M. Contraction stress of low-shrinkage composite materials assessed with different testing systems. *Dental Materials.* 2010; 26: 947-53.
26. Obici AC, Sinhoreti MA, de Goes MF, Consani S, Sobrinho LC. Effect of the photo-activation method on polymerization shrinkage of restorative composites. *Oper Dent.* 2002; 27(2): 192-198.
27. Obici AC, Sinhoreti MAC, Frollini E, Sobrinho LC, Consani S. Degree of conversion and knoop hardness of Z250 composite using different photoactivation methods. *Polymer Testing* 2005; 24: 814-818.
28. Pfeifer CS, Braga BR, Ferrance JL. Pulse-delay curing: influence of initial irradiance and delay time on shrinkage stress and microhardness of restorative composites. *Oper Dent.* 2006; 31: 610-5.
29. Pires JA, Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ, Jr. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int.* 1993; 24(7): 517-521.
30. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr. Effect of light intensity and exposure duration on cure resin composite, *Oper Dent* 1994: 19; 26-32.

31. Schneider LF, Moraes RR, Cavalcante LM, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Consani S. Cross-link density evaluation through softening tests: effect of ethanol concentration. *Dent Mater.* 2008; 24(2): 199-203.
32. Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *Scand J Dent Res.* 1991; 99(5): 440-444.
33. Unterbrink GL, Muessner R. Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent.* 1995; 23(3): 183-189.
34. Unterbrink GL, Liebenberg WH. Flowable resin composites as “filled adhesives”: literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int* 1999; 30: 249–57.
35. Van Ende A, De Munck J, Mine A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does a low-shrinking composite induce less stress at the adhesive interface? *Dent Mater*;26:215-222
36. Watts DC, al Hindi A. Intrinsic 'soft-start' polymerisation shrinkage-kinetics in an acrylate-based resin-composite. *Dent Mater.* 1999; 15(1): 39-45.
37. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater.* 2005; 21(1): 68-74.



Sistema Institucional de Bolsas
de Iniciação Científica da UNICAMP
Parecer sobre Relatório Final de Atividades
Quota 01 de agosto de 2010 a 31 de julho de 2011

Bolsista: MARIANA VIANNA VERCELLINO - RA: 84498

Orientador: MARIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI - Matrícula: 256234

Título do Projeto:

Contração de polimerização e densidade de ligações cruzadas de compósitos convencionais e de baixa contração fotoativados por diferentes métodos

Parecer do Assessor sobre o Relatório Final:

O relatório final da bolsista apresenta o desenvolvimento da sua pesquisa com os resultados e conclusões devidamente discutidos e embasados pela literatura. Sendo assim, considero que deve ser aprovado.

Conclusão do Parecer do Assessor sobre o Relatório Final:

Aprovar (SIM)

Reformular (NÃO)

Rejeitar (NÃO)