

William Cunha Brandt

**INFLUÊNCIA DE MÉTODOS DE FOTOATIVAÇÃO SOBRE A RESISTÊNCIA DA
UNIÃO DE RESTAURAÇÕES DE COMPÓSITO À ESTRUTURA DENTAL**

**Monografia apresentada ao curso de Odontologia da Faculdade de
Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, para obtenção do Diploma de
Cirurgião - Dentista**



Orientador: Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

Piracicaba

2004

TCC 132

1

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

Dedico este trabalho a meus pais e minha irmã, que sempre me apoiaram e me ajudaram em todos os momentos de minha formação.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, pela habilidade com que orientou
nosso trabalho

Aos Profs. Simonides Consani, Lourenço Correr-Sobrinho e Mário Góes ,aos alunos
de Doutorado da área de Materiais Dentários Leonardo Cunha e Roberta Alonso,
aos funcionários da área de Materiais Dentários Marcão e Selma pela colaboração
e apoio

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	6
RESUMO	7
INTRODUÇÃO	8
MATERIAIS E MÉTODOS	12
RESULTADOS	22
DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Materiais utilizados, com seus respectivos fabricantes	13
Tabela 2: Composição dos materiais utilizados	13
Tabela 3: Descrição dos métodos fotoativadores avaliados com as respectivas intensidades e densidades energéticas	16
Tabela 4: Médias de resistência de união entre os métodos fotoativadores avaliados (MPa)	22
Tabela 5: Modos de falha entre os diferentes tipos avaliados	23

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
Figura 1: Desenho esquemático do dente bovino preparado utilizado no estudo	14
Figura 2: Esquema ilustrativo do desgaste seletivo realizado na face palatina do dente restaurado	19
Figura 3: Desenho esquemático do sistema a ser utilizado para a realização do carregamento da amostra durante o teste de resistência de união	20

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência da união de restaurações em compósito fotoativadas por diferentes métodos. A resistência da união foi mensurada para todos os grupos em máquina de ensaios mecânicos universal (Instron) através da realização do teste "push-out" em amostras dentais preparadas com formato tronco-cônico de dimensões 4 mm de diâmetro interno, 5 mm de diâmetro externo e 2 mm de profundidade. A restauração das cavidades foi realizada com a aplicação do compósito em incremento único, realizando-se posterior fotoativação com os diferentes métodos avaliados, sendo estes: (1) Luz contínua convencional; (2) Luz contínua em baixa intensidade 1; (3) Luz contínua em baixa intensidade 2; (4) Dupla intensidade de luz 1; (5) Dupla intensidade de luz 2; (6) Luz Pulsátil e, (7) *Pulse Delay*. Foi confeccionado um total de 10 amostras para cada grupo avaliado. Os resultados foram posteriormente submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey. As médias variaram de 4,64 MPa (grupo 1) a 7,27 MPa (Grupo 7). Os grupos 4, 5 e 7 apresentaram médias de resistência da união estatisticamente superiores à verificada para o grupo 1. Os demais grupos em estudo (2, 3 e 6) apresentaram médias intermediárias, não apresentando diferenças estatísticas entre si nem dos demais métodos avaliados.

1 - INTRODUÇÃO

Os primeiros compósitos restauradores surgiram no início dos anos 60 para serem utilizados em dentes anteriores, em substituição ao cimento de silicato e à resina acrílica (BOWEN, 1963) e eram ativados inicialmente por reação química e, posteriormente, fisicamente por fonte de luz ultravioleta (ANUSAVICE, 1998). Porém, a utilização deste tipo de equipamento oferecia riscos à visão humana, tanto do operador, quanto do paciente, além de proporcionar ao compósito propriedades físicas e mecânicas insatisfatórias (PEUTZFELDET *et al.*, 2000; SAHAFI *et al.*, 2001).

Na tentativa de solucionar estas deficiências, fontes de luz visível foram introduzidas como substitutas aos aparelhos de luz ultravioleta, oferecendo maior proteção na sua utilização e promovendo maior profundidade de polimerização em menores períodos de exposição à luz (PEUTZFELDET *et al.*, 2000). A luz visível utilizada para a fotoativação de compósitos restauradores abrange a zona azul do espectro luminoso, entre 410 a 550 nm (IRIE *et al.*, 2002), espectro necessário para a ativação do fotoiniciador presente na formulação dos compósitos, sendo a canforoquinona um dos fotoiniciadores mais freqüentemente utilizados (ANUSAVICE, 1998).

Quanto aos compósitos restauradores, características vantajosas destes materiais propiciaram a ampliação de suas indicações na Odontologia moderna. Tais características estão relacionadas à capacidade de reprodução

estética da estrutura dental perdida e a possibilidade de união micromecânica com os substratos dentais (PASHLEY & CARVALHO, 1997). O crescente aumento na utilização deste material foi responsável por aprimoramentos relacionados à modificação em sua composição, quanto ao tipo, formato e quantidade de carga inorgânica incorporada, promovendo melhor desempenho destes materiais e expandindo suas indicações, propiciando propriedades físicas e mecânicas satisfatórias que permitem sua aplicação em dentes anteriores e posteriores (PEUTZFELDT, 1997).

Apesar das melhorias, a contração de polimerização ainda representa uma das principais desvantagens da utilização dos compósitos restauradores (DAVIDSON & DE GEE, 1984), sendo esta associada à ocorrência de reações químicas na matriz orgânica do compósito (DAVIDSON & FEILZER, 1997). A contração de polimerização traz como consequência a geração de tensões, freqüentemente associadas a sensibilidade pós-operatória, ou ainda ao rompimento da união (REES & JACOBSEN, 1989), caso a tensão supere a resistência de união estrutura dental-compósito restaurador. Com o rompimento da união, verifica-se a formação de fendas, as quais permitem a passagem de fluidos e bactérias, podendo levar à recorrência da doença cárie.

Como forma de atenuar os problemas relacionados à contração de polimerização e, conseqüentemente, a geração de tensões, novas técnicas restauradoras e fotoativadoras têm sido estudadas. A intensidade da tensão gerada está associada a três fatores principais: (1) geometria da cavidade – Fator C e tamanho cavitário; (2) característica do material utilizado e (3) técnica restauradora empregada. (UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999).

O Fator C de uma cavidade possui fundamental importância na intensidade da tensão desenvolvida, relacionando a área total de superfícies unidas pela área de superfícies livres (FEILZER *et al.*, 1987). Quanto maior o Fator C, menor será o escoamento do compósito durante a fase inicial de polimerização e, conseqüentemente, maior será a tensão desenvolvida (MIGUEL & DE LA MACORRA, 2001).

Quanto aos materiais e técnicas restauradoras, diferentes métodos vêm sendo empregados, possivelmente influenciando na forma pela qual as tensões se desenvolvem e distribuem como, por exemplo, a inserção criteriosa do compósito na cavidade através da técnica incremental (LUTZ *et al.*, 1991), promovendo controle do Fator C (FEILZER *et al.*, 1987; FEILZER *et al.*, 1990); o aumento da capacidade de escoamento e flexibilidade dos materiais restauradores (FEILZER *et al.*, 1990; UNTERBRINK & MUESSNER, 1995), através da utilização de materiais com baixo módulo de elasticidade como forradores resilientes (ALONSO, 2003; CUNHA, 2003) e o uso de técnicas alternativas para a fotoativação de compósitos (ALONSO, 2003; CUNHA, 2003; KORAN & KURSCHNER, 1998; ERNST *et al.*, 2000; BOUSCHLICHER *et al.*, 2000).

A utilização de diferentes métodos de fotoativação podem estar associados a uma alteração na cinética de polimerização pela modulação da emissão de luz durante o processo de fotoativação dos compósitos (ERNST *et al.*, 2000).

A utilização de alta intensidade luminosa durante a fotoativação foi, por muito tempo, preconizada como a ideal para a polimerização dos compósitos resinosos, de maneira a garantir uma polimerização adequada em

profundidade, associada à manutenção das propriedades físicas e mecânicas do material (MEHL *et al.*, 1997). No entanto, outros estudos evidenciaram o efeito negativo da alta intensidade de luz, pelo aumento da tensão gerada pela contração de polimerização (BOUSCHLICHER *et al.*, 2000).

Como forma de promover a redução na intensidade da tensão gerada pela contração de polimerização, estudos têm mostrado os efeitos benéficos da realização de uma polimerização modulada, ou seja, iniciando a fotoativação da resina composta com menor intensidade de luz, seguida por fotoativação final com maior intensidade, obtendo-se assim melhora na adaptação marginal e preservando as propriedades mecânicas do material (CUNHA *et al.*, 2001; CUNHA, 2003; FEILZER *et al.*, 1995; BOUSCHLICHER *et al.*, 2000).

Outro método modulador da técnica de fotoativação é a utilização de aparelhos com luz halógena pulsátil, que realiza a fotoativação em ciclos de 4 segundos, nos quais 2 segundos o compósito é exposto à luz e nos 2 segundos seguintes a luz não é emitida, reiniciando-se o ciclo. No período em que não ocorre exposição à luz existe a possibilidade de maior escoamento do compósito e, dessa forma, redução das tensões geradas pela contração deste (ALONSO, 2003; CUNHA, 2003; OBICI *et al.*, 2002).

O método de fotoativação *Pulse Delay* tem sido associado a uma redução na intensidade da tensão gerada, tendo como protocolo a utilização de baixo nível inicial de intensidade de luz por um período específico de tempo, suficiente para permitir o início da reação de polimerização do compósito. Ao final deste período, um intervalo de espera de 3 a 5 minutos é preconizado, enquanto o processo de polimerização interna ocorre lentamente, promovendo-

se uma fotoativação final em alta intensidade por período de tempo padronizado, a fim de promover manutenção das propriedades físicas e mecânicas do compósito (KANCA & SUH, 1999; SAHAFI et al., 2001).

A possibilidade de utilização de variados conceitos de fotoativação, aliado aos diferentes métodos existentes, bem como as distintas técnicas restauradoras verificadas, permitem ao profissional inúmeras maneiras de controlar e tentar reduzir a tensão gerada pela contração de polimerização do compósito, propiciando assim um aumento da probabilidade de preservação da união e conseqüente maior longevidade da restauração realizada. Dessa forma, este estudo teve, por propósito, a avaliação do efeito de diferentes métodos de fotoativação sobre a resistência de união de restaurações em compósitos.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Materiais:

Para a confecção dos corpos-de-prova foi utilizado o compósito restaurador Filtek Z250 (3M Dental Products), juntamente com o sistema de união Single Bond (3M Dental Products), composto pelo condicionador ácido e agente de união. As Tabelas 1 e 2 apresentam estes materiais e respectivos fabricantes, bem como a composição química.

Tabela 1. Materiais utilizados, com seus respectivos fabricantes.

COMPÓSITO	FABRICANTE
Filtek Z250	3M, St.Paul, MN, USA
Single Bond	3M, St.Paul, MN, USA

Tabela 2 . Composição dos materiais utilizados

COMPÓSITO	COMPOSIÇÃO		
	Matriz orgânica	Carga	% em volume
Filtek Z250	BisGMA, UEDMA, BisEMA	Zircônia/Sílica	61 *
Single Bond	Bis-GMA, HEMA, etanol, ácido polialcenóico, água, ácido poliitacônico, DMA, fotoiniciador	-----	-----

* Informações do fabricante.

2.2 - Método

2.2.1 Obtenção e preparo dos dentes

Para a realização deste estudo foram utilizados 70 dentes bovinos recém-extraídos. Com a utilização das brocas 3131 (KG Soresen - São Paulo, Brasil), foi realizado o preparo na estrutura dental, sendo este de formato tronco-cônico, com dimensões 2,0 mm em altura, diâmetro superficial de 5,0 mm e de fundo 4,0 mm (Figura 1), gerando ao preparo Fator C igual a 2,12.

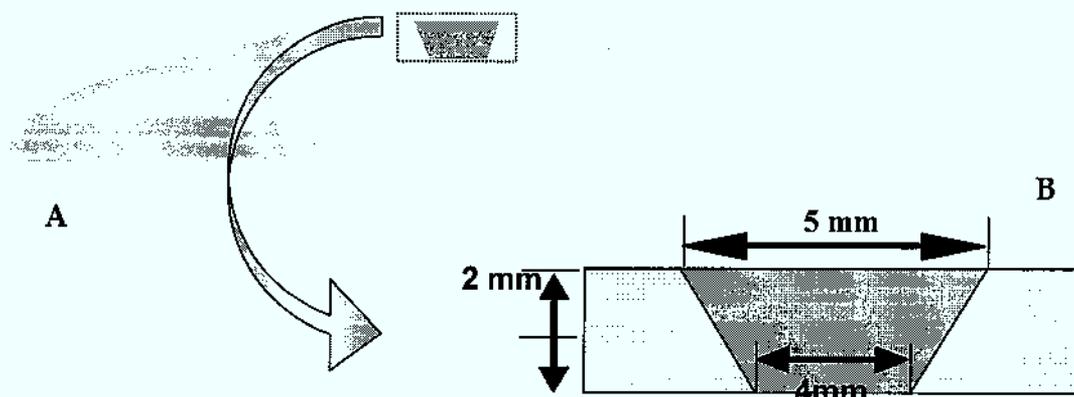


Figura 1. Desenho esquemático do dente bovino preparado utilizado no estudo. (A) esquema do preparo realizado na superfície vestibular do dente; (B) detalhamento do preparo realizado com as respectivas dimensões deste, possuindo 2 mm em altura e diâmetro de 5,0 mm em superfície e 4 mm na região de fundo em dentina.

2.2.2 Obtenção dos corpos-de-prova:

Após o término do preparo das cavidades nas diferentes amostras dentais, foi realizado o condicionamento ácido do preparo respeitando-se o tempo de 30 segundos de aplicação em esmalte e 15 segundos em dentina, procedendo-se conseqüente lavagem do preparo sob spray água-ar pelo mesmo tempo de aplicação do agente ácido. A retirada do excesso de água foi feita através da utilização de papel absorvente certificando-se que a superfície do preparo permanecesse úmida. Após, foi aplicada uma camada do agente de união Single Bond em toda a extensão do preparo, promovendo-se ligeira secagem desta camada com leve jato de ar, realizando-se após a aplicação da segunda camada do agente de união, conforme as especificações do fabricante. Em seguida, foi

feita a fotoativação do adesivo por 20 segundos utilizando-se o aparelho fotoativador de luz halógena com intensidade de luz de 700 mW/cm².

As 70 amostras dentais foram separadas aleatoriamente em 7 grupos de 10 amostras cada, de acordo com o método de fotoativação empregado, ou seja, luz contínua convencional, luz contínua de baixa intensidade 1, luz contínua de baixa intensidade 2, luz pulsátil, dupla intensidade de luz 1, dupla intensidade de luz 2 e *pulse delay* (Tabela 3).

Tabela 3. Descrição dos métodos fotoativadores avaliados com as respectivas intensidades e densidades energéticas.

Grupo	Método	Protocolo	Densidade energética
Grupo 1	Luz contínua convencional	20s a 700 mW/cm ²	14 J/cm ²
Grupo 2	Luz contínua em baixa intensidade 1	55s a 250 mW/cm ²	13,75 J/cm ²
Grupo 3	Luz contínua em baixa intensidade 2	90s a 150 mW/cm ²	13,5 J/cm ²
Grupo 4	Dupla intensidade de luz 1	10s a 150 mW/cm ² + 18s a 700 mW/cm ²	14,1 J/cm ²
Grupo 5	Dupla intensidade de luz 2	10s a 75 mW/cm ² + 20s a 700 mW/cm ²	14,75 J/cm ²
Grupo 6	Luz Pulsátil	60s em ciclos de 2s de exposição à luz e 2s de não exposição à luz a 600 mW/cm ²	13,5 J/cm ²
Grupo 7	<i>Pulse Delay</i>	5s a 150 mW/cm ² seguidos de 3 minutos de espera (sem exposição) e 20s a 700 mW/cm ²	14,75 J/cm ²

Cada amostra dental foi posicionada sobre uma placa de vidro de 20 mm de espessura. O compósito Filtek Z250 foi inserido no interior do preparo com o

auxílio de uma espátula de inserção (Duflex, S.S.White Artigos Dentários Ltda) e acomodado com condensador metálico manual (Duflex, S.S.White Artigos Dentários Ltda). A inserção do compósito foi feita em um único incremento, procedendo-se a fotoativação de acordo com o grupo avaliado.

No método de fotoativação por luz contínua convencional (Grupo 1), a ponta ativa do aparelho fotoativador (XL 2500, 3M, St. Paul, MN, USA) foi posicionada junto ao corpo-de-prova, sem a utilização de tira matriz de poliéster. A intensidade de luz neste grupo foi de 700 mW/cm^2 , sendo esta freqüentemente aferida por um radiômetro (Demetron Research Corp., Danbury, USA), para a comprovação de sua manutenção. Os corpos-de-prova foram fotoativados pelo tempo de 20 segundos.

Com o objetivo de comprovação da eficácia da utilização de intensidade luminosa reduzida durante a fotoativação, promovendo o desenvolvimento lento da tensão pela contração do compósito, dois grupos experimentais foram avaliados. O Grupo 2 foi submetido a fotoativação em intensidade de 250 mW/cm^2 pelo período de 55s, necessários para que a densidade energética entre os métodos fosse semelhante. Do mesmo modo, no Grupo 3 a fotoativação foi realizada na intensidade de 150 mW/cm^2 pelo tempo de 90s, a fim de se obter densidade energética próxima aos demais grupos. Para isto, foram utilizados dois espaçadores os quais foram adaptados na ponteira do aparelho fotoativador para se alcançar a intensidade luminosa desejada.

Para os grupos nos quais a fotoativação foi feita através do método de dupla intensidade de luz, o mesmo aparelho fotoativador foi utilizado. Assim, no Grupo 4, nos primeiros 10 segundos a ponta do aparelho fotoativador foi

posicionada a uma distância padronizada do corpo-de-prova a ser fotoativado, através da utilização de um espaçador confeccionado para esta finalidade. Isto proporcionou uma intensidade de luz de cerca de 150 mW/cm^2 . Em seguida, o espaçador foi removido e a ponta do aparelho foi posicionada junta ao corpo-de-prova. Com isto, a intensidade de luz aumentou para 700 mW/cm^2 , sendo mantida pelo tempo adicional de 18 segundos, totalizando 28 segundos de fotoativação. O Grupo 5 seguiu o mesmo protocolo explicado para o Grupo 4, porém a intensidade utilizada no período inicial da fotoativação foi de 75 mW/cm^2 , pelos mesmos 10s, complementando-se este período por mais 20s a 700 mW/cm^2 , objetivando-se a manutenção da densidade energética.

O método avaliado no Grupo 6 foi a fotoativação por luz pulsátil. O aparelho utilizado foi desenvolvido na Área Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, sendo a fotoativação realizada em ciclos de 4 segundos, nos quais 2 segundos o compósito foi exposto à luz e nos 2 segundos seguintes, a um período de ausência de luz. A intensidade de luz emitida por este aparelho foi de aproximadamente 600 mW/cm^2 . Assim, o tempo total de fotoativação utilizado para este método foi de 60 segundos, objetivando-se a manutenção da densidade energética.

No Grupo 7 foi realizada a fotoativação pela técnica *Pulse Delay*, relacionado à fotoativação em estágios distintos. Uma exposição inicial foi realizada pelo período de cinco segundos à intensidade de 150 mW/cm^2 , seguido por um período de espera de 3 minutos sem exposição à luz. Ao final dos 3 minutos, foi realizada a complementação da fotoativação por mais 20s na

intensidade máxima do aparelho (700 mW/cm^2), promovendo-se densidade energética semelhante aos demais métodos avaliados.

Em seguida, a amostra dental foi cortada na região amelo-cementária, separando a região radicular da coroa do dente. Através da utilização da ponta diamantada 3017 HL (Fava Metalúrgica – São Paulo, Brasil), realizou-se desgaste seletivo da região palatina da coroa, objetivando-se a exposição da região de fundo da restauração e promovendo a manutenção das paredes mesio-distais da coroa, como meio de reforço da amostra dental (Figura 2). Desta forma, foi possível obter uma superfície plana da região pulpar do preparo em compósito, para propiciar correto posicionamento do corpo-de-prova no momento do carregamento mecânico.

Antes porém, os corpos-de-prova foram mantidos em temperatura ambiente de $23^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas antes do ensaio de resistência de união.

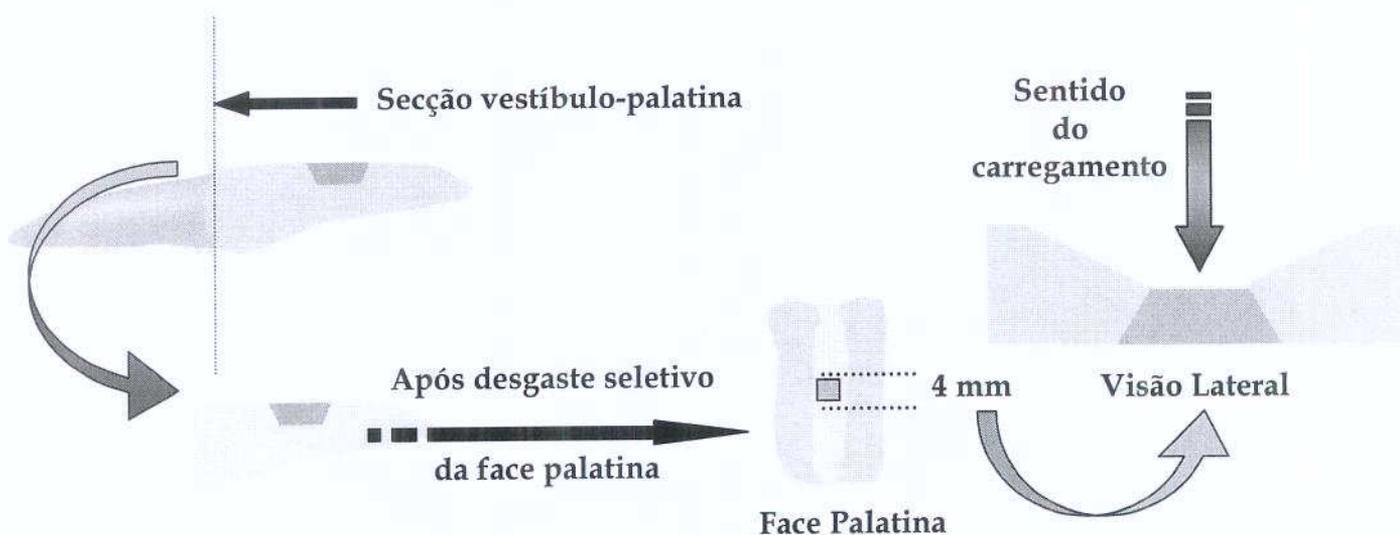


Figura 2 - Esquema ilustrativo do desgaste seletivo realizado na face palatina do dente restaurado.

2.2.3 Ensaio de resistência de união

Para a realização do ensaio de carregamento foi adaptada na base da máquina de ensaio universal (Instron, modelo 4411, Buckinghamshire, England) uma peça acrílica contendo um orifício central no qual o corpo-de-prova foi posicionado. Em seguida, na região superior da máquina foi adaptada uma ponta contendo uma esfera de aço presa na extremidade, a qual exerceu o esforço de compressão na região de menor diâmetro do corpo-de-prova (Figura 3). A velocidade exercida pela máquina de ensaio foi de 0,5 mm/min, até a ruptura do corpo-de-prova. Esse tipo de ensaio é denominado de “push-out test” e foi descrito no estudo de KORAN & KÜRSCHNER (1998). Os valores obtidos (kgf) foram divididos pela área e, em seguida, transformados em MPa.

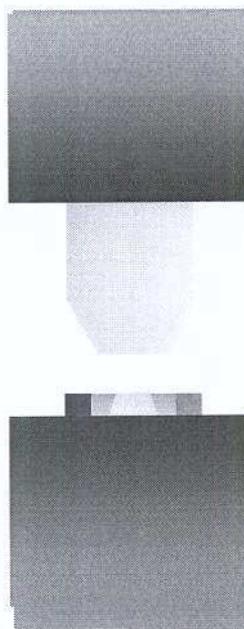


Figura 3 – Desenho esquemático do sistema a ser utilizado para a realização do carregamento da amostra durante o teste de resistência de união.

2.2.4 Observação do tipo de falha na interface compósito-estrutura dental

Após o ensaio de resistência de união, todas as amostras fraturadas serão levadas a uma lupa estereoscópica (Carl Zeiss) com 40X de aumento, para observação do padrão de fratura ocorrido na interface dente-compósito, segundo seguinte classificação:

Tipo I – falha coesiva total no substrato dentinário

Tipo II – falha coesiva total no incremento de compósito

Tipo III – falha adesiva na interface dente - restauração

Tipo IV – falha mista (predominância dos tipos II e III)

Tipo V – falha adesiva na interface dente - restauração com resquícios de compósito

2.2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas, posteriormente, pelo teste de Tukey para verificar diferenças entre os métodos avaliados.

3 - RESULTADOS

As médias de resistência de união (MPa) referentes aos métodos fotoativadores avaliados estão na Tabela 4. Os valores originais foram transformados segundo $\log(X+0)$.

Tabela 4 – Médias de resistência de união entre os métodos fotoativadores avaliados (MPa).

Método de fotoativação	Resistência da União
Luz Contínua Convencional	4,64 b (1,50)
Luz Contínua em baixa intensidade 1	5,91 ab (0,73)
Luz Contínua em baixa intensidade 2	6,23 ab (0,99)
Dupla Intensidade 1	6,30 a (1,06)
Dupla Intensidade 2	6,45 a (1,10)
Luz Pulsátil	5,66 ab (1,55)
<i>Pulse Delay</i>	7,27 a (1,26)

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. () Desvio-padrão

O método de fotoativação *pulse delay* (Grupo 7) e os métodos dupla intensidade de luz 1 e 2 (Grupos 4 e 5) mostraram maiores médias de resistência de união, não diferindo estatisticamente entre si e apresentando resultados estatisticamente superiores ($p < 0,05$) ao método por luz contínua convencional (Grupo 1). Os métodos de fotoativação por Luz Contínua em baixa intensidade 1 (Grupo 2), Luz Contínua em baixa intensidade 2 (Grupo 3) e Luz Pulsátil (Grupo 6)

apresentaram resultados intermediários, não diferindo estatisticamente entre si e nem dos demais métodos fotoativadores ($p>0,05$).

Tabela 5 – Modos de falha entre os diferentes tipos avaliados

	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
Grupo 1	0	0	5	2	3
Grupo 2	0	0	4	4	2
Grupo 3	0	0	2	5	3
Grupo 4	0	0	2	5	3
Grupo 5	0	0	2	5	3
Grupo 6	0	0	4	2	4
Grupo 7	0	1	0	5	4

4 – DISCUSSÃO

A formação do polímero ocorre com o crescimento de cadeias poliméricas lineares que, posteriormente, unem-se através de ligações cruzadas. A medida em que o polímero aumenta em tamanho, um aumento também é verificado em seu peso molecular. O momento em que o compósito passa do estágio visco-elástico para o estágio visco-plástico é denominado ponto gel. A partir deste ponto, o compósito adquire alto módulo de elasticidade, perdendo sua capacidade de escoar, e começando a transferir a tensão gerada pela contração de polimerização para a interface dente – restauração. Durante o estágio visco-

elástico, as moléculas podem deslizar e adquirir novas posições e orientações, compensando o estresse da contração de polimerização. Nesta fase, não se verifica a geração significativa de tensões, devido à capacidade de acomodamento das moléculas. No entanto, no estágio visco-plástico, conhecido como fase pós-gel, a capacidade de escoamento do compósito fica restrita, devido ao número significativo de ligações cruzadas já estabelecidas na matriz. Dessa forma, a tensão gerada a partir desse ponto será transferida para a interface de união dente – restauração. (DAVIDSON & DE GEE, 1984; SUH et al. , 1999; RUEGGEBERG *et al.*, 1999; KANCA & SUH, 1999).

Dependendo da geometria da cavidade e técnica restauradora utilizada, a concentração de tensão gerada supera a resistência da união da interface compósito-estrutura dental, levando ao seu rompimento (DAVIDSON & DE GEE, 1984). Conseqüentemente, verifica-se a formação de fendas, as quais permitem a passagem de fluidos e bactérias, podendo levar a recorrência da doença cárie.

Como previamente citado, o fator-C representa papel significativo na concentração total da tensão gerada. A determinação do seu valor está baseada na relação entre a área de paredes unidas pela área de paredes livres, sendo que, desta forma, quanto maior o fator-C em determinada situação, maior será a tensão gerada. DAVIDSON & FEILZER (1997) e FEILZER *et al.* (1990) concluíram que restaurações com fator-C maior ou igual a 2,0 apresentavam grande probabilidade de formação de fendas. O fator-C das amostras no presente estudo foi igual a 2,12. Dessa forma, os métodos de fotoativação avaliados foram sujeitos a uma situação na qual foi verificada geração significativa de tensões, sendo dessa forma

testada a efetividade de cada método em promover a diminuição da concentração de tensões ou uma modificação no modo como estas são geradas.

Neste estudo, a fotoativação por luz halógena contínua foi realizada de três modos distintos (Grupos 1, 2 e 3), através da variação da intensidade de luz, porém, sempre com a manutenção da densidade energética. A análise dos valores encontrados revelou que, embora não fosse verificada diferença estatística entre estes três grupos, existiu a tendência de que, com a utilização de intensidades de luz reduzidas, houvesse maior probabilidade de preservação da união, fato comprovado pelos valores apresentados por estes grupos (4,64 MPa para o grupo 1; 5,91 MPa para o grupo 2; e 6,23 MPa para o grupo 3). Esta tendência foi confirmada pela análise do padrão de fratura das amostras, pela qual o grupo 1 (20s a 700 mW/cm²) apresentou, predominantemente, o modo de falha tipo III, indicativo de falha adesiva e, dessa forma, menor resistência da interface de união em se opor à força aplicada durante o teste, devido à provável formação prévia de fendas na região da interface de união, típico de uma situação de alta geração de tensões. Entretanto, o grupo 3 (90s a 150 mW/cm²) apresentou como modo predominante de falha o tipo IV, indicativa de falha mista, simbolizando a preservação parcial da interface adesiva e ocorrência de fratura coesiva do compósito. O baixo valor encontrado de resistência da união para o grupo 1 pode, provavelmente, estar associado à velocidade de desenvolvimento da tensão. A exposição à alta intensidade de luz (700 mW/cm²) desde o momento inicial, acarreta em rápida formação de tensões, principalmente com o compósito utilizado, que possui alta concentração de fotoiniciadores. O direcionamento das tensões geradas para a interface de união compósito-substrato de maneira rápida,

diminui a probabilidade de preservação da união, fazendo com que um menor valor de força seja necessário para que ocorra a fratura das amostras deste grupo durante o teste. Já para os grupos 2 e 3, que fizeram uso de intensidades de luz reduzidas (250 e 150 mW/cm², respectivamente) propiciaram menor velocidade de polimerização, com conseqüente geração de tensões mais lenta e aumento da probabilidade de preservação da união.

Os grupos de 4 a 7 são representativos de métodos de fotoativação modulados. A modulação da fotoativação, através da exposição inicial em intensidade de luz reduzida ou a realização desta em ciclos, tem sido relacionada à diminuição da concentração de tensões pela prolongação do estágio visco-elástico, ou pela modificação da cinética de polimerização, através da alteração da velocidade de polimerização do compósito. Conseqüentemente, os métodos de fotoativação modulados têm sido associados a melhor adaptação marginal de restaurações em compósito, aliado à manutenção das propriedades mecânicas do material (FEILZER, 1995; MEHL et al., 1997; DAVIDSON-KABAN, 1997).

Os métodos de fotoativação referentes aos grupos 4 e 5 são rotineiramente nomeados de *soft-start* ou métodos de fotoativação por dupla intensidade de luz. Neste caso foram testados dois diferentes valores de intensidade inicial (150 e 75 mW/cm²). As médias de resistência da união para estes grupos foram, respectivamente 6,30 e 6,45 MPa, valores estatisticamente superiores aos verificados para o grupo 1. A utilização de intensidades iniciais de luz reduzidas podem estar relacionadas ao desenvolvimento mais lento de tensões, devido à diminuição da velocidade de polimerização no período inicial da fotoativação. Tal situação, conseqüentemente, promove maior probabilidade de

preservação da união, fazendo com que intensidades superiores de força durante o teste sejam necessárias para causar fratura da amostra, relacionando-se, desta forma, maiores valores de resistência da união. Esta situação é confirmada pela análise do modo de fratura, na qual os grupos 4 e 5 apresentaram o modo tipo IV como predominante, referente a ocorrência de fratura do tipo mista, simbolizando a preservação parcial da interface adesiva e ocorrência de fratura coesiva do compósito.

O método de fotoativação por luz pulsátil (grupo 6) também é representativo de um método de fotoativação modulado da luz halógena. A fotoativação é desenvolvida em ciclos de 2 segundos, intercalando intervalos de exposição e ausência de luz (OBICI et al., 2002) . Teoricamente, os períodos de ausência de luz promoveriam o prolongamento do estágio visco-elástico do compósito, levando à geração de tensões de maneira reduzida. Porém, neste estudo, a média de resistência da união referente ao grupo 6 foi igual a 5,66 MPa, valor intermediário aos demais grupos avaliados, não sendo verificada diferença estatística deste grupo aos demais. Quanto ao modo de fratura, os tipos III e V foram predominantes, referentes a ocorrência de falha adesiva ou adesiva com resquícios de compósito, respectivamente, simbolizando menor resistência da interface de união em se opor a força aplicada durante o teste, devido à provável formação prévia de fendas.

Já o método de fotoativação *pulse delay* (grupo 7), é representativo de uma variação do método *soft-start*, realizando-se uma exposição de luz por curto período de tempo (5s) em intensidade de luz reduzida (150 mW/cm^2), seguido por intervalo sem exposição à luz por 3 minutos, ocorrendo complementação da

fotoativação ao final deste estágio em alta intensidade de luz pelo tempo total requerido para a fotoativação do compósito. O período inicial de exposição a luz é responsável pela promoção de uma reação de polimerização em baixa velocidade, com conseqüente prolongamento do estágio visco-elástico e lenta geração de tensões. Assim, quando for realizada a complementação da polimerização no segundo estágio de exposição a luz em alta intensidade, parte significativa da reação já terá ocorrido, promovendo, conseqüentemente, menor concentração de tensão, aumentando a probabilidade de preservação da interface de união (RUEGGERBERG et al., 1999). Esta situação foi confirmada neste trabalho, pois o valor médio de resistência da união deste grupo foi de 7,27 MPa, estatisticamente superior ao grupo 1. O modo de fratura predominante deste grupo foi a do tipo IV, representativa do tipo mista, simbolizando a preservação parcial da interface adesiva e ocorrência de fratura coesiva do compósito. Para este grupo, ainda foi verificada a ocorrência de uma fratura do tipo II, do tipo coesiva total no incremento de compósito, simbolizando preservação total da interface de união, evidência exclusivamente associada a este grupo.

Dessa forma, através dos resultados obtidos no presente estudo, foi verificado que a técnica de fotoativação pode influenciar a maneira pela qual as tensões geradas pela contração do compósito no momento da polimerização se desenvolvem e distribuem. Métodos associados à modulação do processo de fotoativação, através da utilização de intensidades de luz reduzidas, foram responsáveis por maiores valores de resistência da união quando comparados à fotoativação convencional por luz halógena contínua em alta intensidade. O uso de intensidades de luz reduzidas propiciou a geração de tensões de

maneira mais lenta, juntamente com a prolongação do estágio visco-elástico do compósito, aumentando a probabilidade de preservação da união. Em especial, os métodos *pulse delay* (grupo 7) e os associados a dupla intensidade de luz (grupos 4 e 5) foram responsáveis pelas maiores médias de resistência da união, apresentando-se, dessa forma, mais satisfatórios na preservação da interface dente-restauração, comparativamente ao método por luz halógena contínua convencional. Portanto, a aplicação clínica de métodos fotoativadores modulados, associados à redução significativa da concentração de tensões, poderia ser relacionada a um aumento da probabilidade de preservação da união na interface dente-restauração, fator altamente significativo para a longevidade clínica de restaurações em compósito.

5 – CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- As restaurações fotoativadas pelos métodos moduladores de luz *Pulse delay*, Dupla intensidade de luz 1 e Dupla intensidade de luz 2 mostraram estatisticamente maiores valores de resistência de união ao substrato dental do que as fotoativadas pelo método de luz contínua convencional.
- Já as restaurações foatoativadas com os métodos luz pulsátil, luz contínua de baixa intensidade 1 e luz contínua de baixa intensidade 2, não diferiram estatisticamente dos demais métodos avaliados.

Referências Bibliográficas*

ALONSO, R.C.B. Efeito dos métodos de fotoativação e de forradores resinosos na adaptação marginal de restaurações em compósito. Piracicaba, 2003. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.

ANUSAVICE, K.J. **Phillips materiais dentários**. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Cap.12, p.161-177. 1998

BOUSCHLICHER, M.R.; RUEGGERBERG, F.A.; BOYER, D.B. Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. **J Esthet Dent**, Hamilton, v.12, n.1, p.23-32, Jan. 2000.

BOWEN, R.L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.66, n.1, p.57-64, Jan. 1963.

CUNHA, L.G.; SINHORETI, M.A.C.; SOBRINHO, L.C.; CONSANI, S. Efeito dos métodos de fotoativação sobre a dureza Knoop de compósitos odontológicos. **PGR Pós Grad Rev Fac Odontol São José dos Campos**, São José dos Campos, v.4, n.3, p.36-42, set./dez. 2001.

* Baseada na NBR-6023 de ago. de 2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
Abreviatura dos títulos dos periódicos em conformidade com o MEDLINE.

CUNHA, L.G. Efeito de diferentes métodos de fotoativação e materiais forradores resinosos sobre a tensão gerada pela contração de polimerização de um compósito odontológico. Piracicaba, 2003. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.

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

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

DAVIDSON-KABAN, S.S.; DAVIDSON, C.L.; FEILZER, A.J.; DE GEE, A.J.; ERDILEK, N. The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. **Dent Mater**, Washington, v.13, n.6, p.344-52, Nov. 1997

ERNST, C.P.; KURSCHNER R.; RIPPIN G.; WILLERSHAUSEN B. Stress reduction in resin-based composites cured with a two-step light-curing unit. **Am J Dent**, San Antonio, v.13, n.2, p.69-72, Apr. 2000.

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**, Washington, v.66, n.11, p.1636-1639, Nov. 1987.

FEILZER, A.J.; DE GEE, A.J.; DAVIDSON; C.L. Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations. **Dent Mat**, Washington, v.6, n.3, p.167-171, July 1990.

FEILZER, A.J.; DOOREN, L.H.; DE GEE A.J.; DAVIDSON C.L. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v.103, n.5, p.322-326, Oct. 1995.

IRIE, M.; SUZUKI, K.; WATTS, D.C. Marginal gap formation of light-activated restorative materials: effects of immediate setting shrinkage and bond strength. **Dent Mat**, Washington, v.18, n.1, p.203-210, May 2002.

KANCA, J.; SUH B.I. Pulse activation: reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. **Am J Dent**, San Antonio, v.12, n.3, p. 107-112, Jun 1999.

KORAN, P.; KÜRSCHNER, R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. **Am J Dent**, San Antonio, v.11, n.1, p.17-22, Feb. 1998.

LUTZ F.; KREJCI I.; BARBAKOW F. Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. **Dent Mat**, Washington, v.7, n.2, p.107-113, Apr. 1991.

MEHL A.; HICKEL R.; KUNZELMANN K.H. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without 'softstart-polymerization. **J Dent**, Bristol, v.25, n.3/4, p.321-330, May/July 1997.

MIGUEL, A.; DE LA MACORRA, J.C. A predictive formula of the contraction stress in restorative and luting materials attending to free and adhered surfaces, volume and deformation. **Dent Mat**, Washington, v.17, n.3, p.241-246, May 2001.

OBICI, A.C.; SINHORETI, M.A.; DE GOES, M.F.; CONSANI, S.; SOBRINHO, L.C. Effect of the photo-activation method on polymerization shrinkage of restorative composites. **Oper Dent**, v.27, p. 192-198, 2002.

PASHLEY, D.H.; CARVALHO, R.M. Dentin permeability and dentin adhesion. **J Dent**, Bristol, v.25, n.5, p.355-372, Sept. 1997.

PEUTZFELDT, A. Resin composites in dentistry: the monomer system. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v.105, n.2, p.97-116, Apr. 1997.

PEUTZFELDT, A.; SAHAFI, A.; ASMUSSEN, E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. **Dent Mat**, Washington, v.16, n.5, p.330-336, Sept. 2000.

REES, J.S.; JACOBSEN, P.H. The polymerization shrinkage of composite resins. **Dent Mat**, Washington, v.5, n.1, p.41-44, Jan. 1989.

RUEGGERBERG, F.A.; CAUGHMAN, W.F.; CHAN, D.C. Novel approach to measure composite conversion kinetics during exposure with stepped or continuous light-curing. **J Esthet Dent**, Hamilton, v.11, n.4. p.197-205, 1999

SAHAFI, A.; PEUTZFELDET, A.; ASMUSSEN, E. Soft-start polymerization and marginal gap formation *in vitro*. **Am J Dent**, San Antonio, v.14, n.3, p.145-147, June 2001.

SAHAFI, A.; PEUTZFELDET, A.; ASMUSSEN, E. Effect of pulse-delay curing on *in vitro* wall-to-wall contraction of composite in dentin cavity preparations **Am J Dent**, San Antonio, v.14, n.5, p.295-296, Oct 2001.

SUH, B.I.; FENG, L.; WANG, Y.; CRIPE, C.; CINCIONE, F.; DE RJIK, W. The effect of the pulse-delay cure technique on residual strain in composites. **Compend Contin Educ Dent**, v. 20(2 Suppl), p.4-12; quiz 13-4, Feb 1999.

UNTERBRINK, G.L.; LIEBENBERG, W.H. Flowable composites as "filled adhesives": Literature review and clinical recommendations. **Quintessence Int**, Berlin, v.30, n.4, p.249-257, Apr. 1999.

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