



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



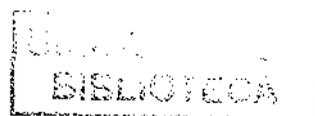
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Monografia de Final de Curso

Aluno(a): Gregório Takashi Padovese Sagara

Orientador(a): Roberta Caroline Bruschi Alonso

Ano de Conclusão do Curso: 2009



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Roberta Bruschi Alonso".

Assinatura do(a) Orientador(a)

17/4/09



TCC/UNICAMP
Sa18d
FOP

1290004989

Gregório Takashi Padovese Sagara

**Degradação termo-mecânica de restaurações de compósito fotoativados com
métodos modulados - Avaliação da adaptação marginal e interna**

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

Orientador: Prof^ª. Dr^ª Roberta Carolina Bruschi Alonso

Piracicaba

2009

Unid. UNICAMP
TCC / UNICAMP
Sa 18d Ed.
Vol. Ex.
Tom 4989
Proc. 16P-137/10
Pi. 11,00
Data 13/08/10
Registro 772679

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**
Bibliotecária: Marilene Girello – CRB-8ª / 6159

Sa18d Sagara, Gregório Takashi Padovese.
Degradção termo-mecânica de restaurações de compósito fotoativadas com métodos modulados: avaliação da adaptação marginal e interna. / Gregório Takashi Padovese Sagara. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2009.
43f. : il.

Orientador: Roberta Carolina Bruschi Alonso.
Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Odontologia. I. Alonso, Roberta Carolina Bruschi. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(mg/fop)

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho ao meu pai Johnson Tsuyoshi Sagara e minha mãe Liani Rodrigues Padovese que sempre me apoiaram em todos os momentos, com muito carinho e dedicação.

Dedico, também, à minha irmã Raquel para que ela tenha uma trajetória de saúde e sucesso.

À toda a minha família e amigos que estiveram ao meu lado nessa fase da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pois me permitiu ter uma formação completa e sólida durante esses 4 anos de estudos.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a Roberta Carolina Bruschi Alonso pois através dela foi possível a execução e conclusão deste projeto.

À FAPESP, pelo auxílio e apoio.

À Cynthia pela companhia e compreensão durante esses anos.

À todos os amigos que trilharam junto comigo por essa longa, tortuosa e feliz caminhada.

À todos os meus companheiros que moraram, se hospedaram e passaram pela república Mansão Babilônia, meu lar desde o primeiro dia em Piracicaba até o último.

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a influência de métodos de fotoativação modulados na adaptação marginal e interna de restaurações de compósitos, além da degradação interfacial provocada pela ciclagens térmica, mecânica ou pela associação destas. Foi utilizado compósito experimental a base de BisGMA/TEGDMA na proporção 65:35 e partículas de carga de Bário Alumínio Silicato e sílica coloidal (65% em peso) e sistema de fotoiniciação baseado em amina/canforoquinona na proporção de 1:1 na concentração de 1%. Para avaliação da adaptação marginal e interna, 160 incisivos bovinos foram selecionados e desgastados até expor uma área plana em esmalte, onde uma cavidade (3 mm x 3 mm x 2 mm de profundidade) foi confeccionada. Os dentes foram distribuídos em 16 grupos (n=10), segundo o método de fotoativação (Alta Intensidade: AI – 750 mW/cm² durante 40 s; Baixa Intensidade: BI – 150 mW/cm² durante 200 s; Soft Start: SS – 150 mW/cm² durante 10s + 750 mW/cm² durante 38 s e Pulse Delay: PD – 150 mW/cm² durante 10 s + 3 minutos sem exposição + 750 mW/cm² durante 38 s) e o tipo de degradação a ser submetido (Controle: nenhuma ciclagem; Ciclagem térmica: 10.000 ciclos: banhos de 30s a 5°C, 37°C e 55°C; Ciclagem mecânica: 100.000 ciclos mecânicos, com frequência de 4Hz e carga de 60N; Ciclagem termo-mecânica). Após os procedimentos de restauração, polimento e degradação, uma réplica de cada restauração foi obtida em resina epóxica. Em seguida, para avaliação da adaptação interna, as amostras foram seccionadas e réplicas da secção longitudinal foram obtidas. Todas as réplicas foram observadas em MEV para determinar a porcentagem de fenda ao longo da margem cavitária ou interface de união. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey,

com 5% de significância. Quando nenhum tipo de ciclagem foi realizado não houve diferença significativa entre os métodos de fotoativação, embora nesta condição, na maior parte das amostras, não foram observadas fendas na margem superficial. A ciclagem térmica não produziu efeitos significativos na formação de fendas. As ciclagens mecânica e termo mecânica provocaram aumento na incidência de fendas marginais, para apenas para o grupo AI e SS e de fendas internas, para todos os métodos de fotoativação. Fotoativação com métodos modulados apesar de não melhorar a adaptação das restaurações de compósitos a princípio produz restaurações menos susceptíveis a degradação interfacial. A ciclagem mecânica é um fator determinante da degradação interfacial de restaurações em compósito. Tensões advindas da ciclagem térmica não promovem aumento da formação de fendas em restaurações de compósito.

SUMÁRIO

dedicatória.....	2
Agradecimentos	3
Resumo.....	4
Sumário.....	6
Lista de Tabelas	7
Lista de Figuras.....	8
1. Introdução	10
2. Desenvolvimento.....	15
2.1. Objetivo.....	15
2.2. Materiais e métodos.....	16
2.2.1. Formulação do Compósito Experimental.....	16
2.2.2. Adaptação Marginal Interna e Externa	16
2.2.3. Análise Estatística	24
2.3. Resultados	25
2.4. Discussão	29
2.4. Discussão	30
3. Conclusões	37
4. Referências Bibliográfica	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	20
Tabela 2	20
Tabela 3	27
Quadro 1	27
Tabela 4	28
Quadro 2	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	18
Figura 2.....	18
Figura 3.....	18
Figura 4.....	18
Figura 5.....	18
Figura 6.....	18
Figura 7.....	20
Figura 8.....	20
Figura 9.....	20
Figura 10.....	20
Figura 11.....	20
Figura 12.....	20
Figura 13.....	21
Figura 14.....	21
Figura 15.....	21
Figura 16.....	21
Figura 17.....	23
Figura 18.....	23
Figura 19.....	23
Figura 20.....	23
Figura 21.....	23
Figura 22.....	23

Figura 23.....30

Figura 24.....30

Figura 25.....30

INTRODUÇÃO

Desde a sua introdução como material restaurador, na década de 60, os compósitos odontológicos têm alcançado lugar de destaque na Odontologia pela capacidade de recuperação estética e funcional dos elementos dentais debilitados pela cárie ou fratura. Atualmente, pode-se considerar que os compósitos odontológicos são o material de escolha para restauração direta de dentes anteriores e posteriores, em virtude de suas propriedades físicas e mecânicas satisfatórias, da possibilidade de união à estrutura dental, através dos sistemas de união e por permitir a reprodução estética da estrutura dental perdida. dentais (Pashley & Carvalho, 1997; Peutzfeldt, 1997).

Entretanto, os compósitos odontológicos têm como principal desvantagem a alta taxa de contração de polimerização, que pode variar entre 2,7% e 5,6% segundo Feizer, de Gee & Davidson (1988). Essa contração pode gerar na interface dente-restauração tensão suficiente para gerar rompimento da união e conseqüente desadaptação marginal, podendo acarretar em microinfiltração (Davidson & de Gee, 1984; Cox, 1994). A microinfiltração foi definida por Kidd (1976) como a passagem clinicamente indetectável de íons, moléculas, fluidos e bactérias na interface dente/restauração e pode ter como conseqüências a hipersensibilidade pós-operatória, manchamento da interface, cárie recorrente e até mesmo patologias pulpareas (Feizer, de Gee & Davidson, 1987; Kidd, 1976).

Todavia, apesar da contração de polimerização ser a causa, as tensões por ela geradas são consideradas o mecanismo responsável pelos problemas de união na prática clínica (Davidson & Feilzer, 1997). Dessa maneira, uma vez que a contração de

polimerização é uma característica inerente de cada compósito e função direta do seu grau de conversão (Asmussen, 1975), a tensão de contração incidente na interface dente-compósito deve ser encarada como fator a ser reduzido para a manutenção de uma boa integridade marginal das restaurações. Considera-se que o primeiro desafio ao qual a integridade marginal das restaurações em compósito é submetida seria a contração de polimerização e a tensão associada.

Na tentativa de minimizar os efeitos deletérios da tensão e contração de polimerização diversas técnicas vêm sendo propostas, como a redução do volume de compósito aplicado e redução do fator de configuração cavitária de cada incremento (Feilzer *et al.*, 1987; Davidson *et al.*, 1984; Feilzer *et al.*, 1990); o aumento da capacidade de escoamento e flexibilidade dos materiais restauradores (Feilzer *et al.*, 1990; Unterbrink & Muessner, 1995); alteração na formulação dos compósitos (Watts & Hindi, 1999; Peutzfeldt, 1997); a inserção criteriosa do compósito na cavidade através da técnica incremental (Lutz *et al.*, 1991); a utilização de materiais com baixo módulo de elasticidade como forradores resilientes (Kemp-Scholte & Davidson, 1990; Sakaguchi & Berge, 1998; Unterbrink & Liebenberg, 1999), além da modulação da intensidade luminosa durante a fotoativação dos compósitos (Koran & Kürschner, 1998; Ernst *et al.*, 2000; Bouschlicher *et al.*, 2000; Alonso *et al.*, 2004).

A modulação da intensidade luminosa altera a cinética de polimerização (Ernst *et al.*, 2000) e, com isso, pode reduzir as tensões que incidem na interface dente-restauração durante a polimerização dos compósitos. Esta modulação pode ser realizada através de fotoativação *soft-start* (dupla intensidade luminosa) ou pela técnica *pulse delay*, utilizando aparelhos com lâmpada halógena.

O método *soft-start* consiste na irradiação inicial do compósito com baixa intensidade de luz (o que pode possibilitar a redução da contração de polimerização na fase pós-gel e das tensões por ela induzidas), seguida pela exposição à alta intensidade (o que garante grau de conversão adequado) (Sakaguchi & Berge, 1998; Silikas *et al.*, 2000). Como demonstrado por Uno & Asmussen (1991) e Yoshikawa *et al.* (2001), o método de fotoativação por dupla intensidade pode melhorar a adaptação marginal de compósitos resinosos às paredes cavitárias pela redução da tensão de contração.

O método *pulse delay* é semelhante ao método de fotoativação por dupla intensidade de luz, uma vez que também utiliza ativação inicial com baixa intensidade de luz e complementação com alta intensidade. A diferença é que no método *pulse delay* há um intervalo entre as emissões. Tal intervalo pode permitir maior acomodamento das cadeias poliméricas também reduzindo a tensão que incide na interface dente restauração e podendo, portanto, melhorar a adaptação interfacial das restaurações em compósito (Lim *et al.*, 2002).

Apesar do relativo sucesso relatado em diversos estudos, a eficácia dos métodos de fotoativação modulados ainda não foi totalmente comprovada pelos estudos científicos, uma vez que a composição pode afetar a capacidade do material de responder positivamente a modulação da intensidade luminosa. Adicionalmente, deve-se considerar que foram comprovadas apenas vantagens imediatas na aplicação dos métodos de fotoativação modulados, uma vez que atuam na redução da tensão de contração e podem preservar a integridade da interface dente/restauração no momento da confecção da restauração. Na literatura estudos acerca da longevidade das restaurações que empregam tais técnicas não foram encontrados. De modo que não se

pode afirmar que a preservação da interface de união observada inicialmente seria mantida.

Neste sentido, deve-se considerar que as tensões advindas da carga mastigatória também podem interferir na interface de união dente/restauração (Abdalla & Davidson, 1996). Já em 1970, Jørgensen introduziu o termo "percolação mecânica" para indicar que fatores mecânicos podem produzir tensões assimétricas nas restaurações e no líquido que preenche o microespaço entre o material restaurador e a estrutura dental, acarretando em perda de resistência de união. Além disso, Qvist (1983) concluíram que tensões funcionais têm influência na qualidade das restaurações, uma vez que as restaurações submetidas a tensões mastigatórias do dente antagonista apresentaram maior incidência de infiltração marginal que as restaurações não sujeitas às tensões funcionais.

Nesse sentido, os resultados obtidos por Nikaido *et al* (2002) sugerem que a fadiga mecânica pode acelerar a degradação do substrato adjacente a camada híbrida. A fadiga por tensão mecânica na cavidade oral tende a enfraquecer a união do compósito restaurador à dentina, especialmente nas áreas mais profundas onde a resistência de união é menor. Além disso, deformações na restauração podem ocorrer devido a ciclagem mecânica, o que pode culminar na criação de microseparações entre na interface adesiva ou na deformação plástica dessa interface (dependendo de seu módulo de elasticidade).

Assim, deve-se considerar que se a integridade marginal durante e imediatamente após o procedimento restaurador puder ser estabelecida, falhas podem ser originadas quando a restauração estiver em função devido à deterioração química, tensões mecânicas e térmicas.

As tensões de origem térmica provêm das alterações de temperatura decorrentes da ingestão de alimentos, ora frios, ora quentes. Esta oscilação térmica provoca dilatação/contração tanto dos materiais restauradores quanto da estrutura dentária, e como existe diferença entre os coeficientes de expansão térmica destas estruturas, os compósitos podem dilatar/contrair mais que a estrutura dentária quando do aumento/redução da temperatura (Garle & Darvell, 1999). Este fato pode desencadear a formação ou aumentar as fendas já existentes.

De acordo com a literatura pertinente, observa-se a necessidade de pesquisas com o propósito entender os processos de polimerização dos compósitos com a utilização de técnicas de fotoativação alternativas e de degradação na cavidade oral das restaurações que empregam tais técnicas, com o propósito de melhorar a qualidade e aumentar a longevidade destas restaurações na cavidade oral.

1. DESENVOLVIMENTO

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi determinar os efeitos de diferentes métodos de fotoativação (Alta Intensidade – AI, Baixa Intensidade – BI, *Soft-Start* – SS, *Pulse delay* – PD) na degradação interfacial de restaurações confeccionados com compósito provocada pela ciclagem térmica, mecânica ou pela associação destas, com o intuito de definir se as restaurações confeccionadas com a utilização de métodos moduladas de fotoativação seriam menos susceptíveis a degradação, através de Teste de adaptação marginal e interna – análise da formação de fendas em Microscopia Eletrônica de Varredura.

1.2. MATERIAIS E MÉTODOS

1.2.1. FORMULAÇÃO DO COMPÓSITO EXPERIMENTAL

Para o preparo da matriz orgânica do compósito experimental foram utilizados os monômeros dimetacrilatos BisGMA 65% em peso, e TEGDMA 35% em peso. À matriz orgânica, foram adicionadas partículas de carga de Bário Alumínio Silicato – BaAlSi com tamanho médio de 0,5 μm , silanizadas com γ -metacriloxipropil trimetoxissilano e sílica coloidal - SiO₂ com tamanho médio de 0,04 μm na proporção de 65% em peso do compósito. Considerando este conteúdo de carga, 80% são partículas de BaAlSi e 20% de SiO₂. No sistema de fotoiniciação foram utilizados o fotoiniciador canforoquinona (CQ) e a amina 2-dimetilaminoetil metacrilato (DMAEMA), como co-iniciador na proporção de 1:1, na concentração de 1%. Além disso, foi adicionado à mistura o inibidor BHT (Hidroxi butil tolueno) na concentração de 0,1% para prevenir a polimerização espontânea dos dimetacrilatos. Esta formulação foi selecionada com base nos estudos de Park *et al.*(1999), Moin Jan *et al.* (2001) e Atai & Watts (2006).

1.2.2. ADAPTAÇÃO MARGINAL INTERNA E EXTERNA

Para avaliação da adaptação marginal e interna foram selecionados 120 incisivos bovinos recém-extraídos, os quais terão a superfície vestibular desgastada de modo a expor uma área plana em esmalte com pelo menos 6 mm de diâmetro, onde uma cavidade com dimensões de 3 mm de largura por 3 mm de comprimento e 2 mm de profundidade foi confeccionada, com auxílio de uma máquina padronizadora de preparos. Nesta condição, o volume da cavidade é 18 mm³ e o Fator C é 3,6.

Após o preparo das cavidades, as amostras foram aleatoriamente distribuídas em 12 grupos de acordo com o método de fotoativação a ser aplicado (Tabela 1 – Figura 5 e 6) e o compósito experimental a ser utilizado (C1, C2 e C3). O sistema de união Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, EUA) foi aplicado de acordo com as instruções do fabricante e todas as cavidades foram restauradas em incremento único. Após o procedimento restaurador as amostras foram armazenadas por 24 h a 37°C em 100% de umidade relativa e, em seguida, submetidas aos procedimentos de acabamento e polimento utilizando sistema SofLex (3M ESPE, St Paul, EUA). Neste momento, os espécimes de cada grupo foram distribuídos em 4 subgrupos (n=10) segundo o protocolo de degradação a ser empregado (Tabela 2).

Os protocolos de degradação foram realizados em máquina de ciclagem térmica MSCT-3 (Figura 7) e máquina de ciclagem mecânica Erios (Figura 8).

O espécime finalizado pode ser observado na Figura 9. O espécime seccionado para avaliação da adaptação interna pode ser observado na Figura 10.

Para avaliação da adaptação marginal foi realizada moldagem das restaurações com polivinilsiloxano (Aquasil, Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) (Figura 11), as quais foram vazadas com resina epóxica (Buehler, Lake Buff, IL, EUA) (Figuras 12 e 13).



Figura 1. Dentes bovinos



Figura 2. Secção da raiz e desgaste

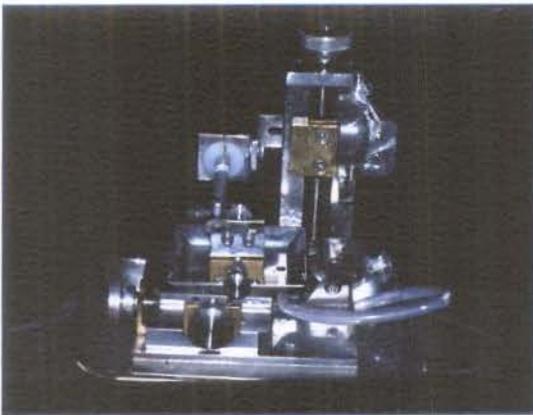


Figura 3. Máquina padronizadora de preparos cavitários.



Figura 4. Preparo cavitário.

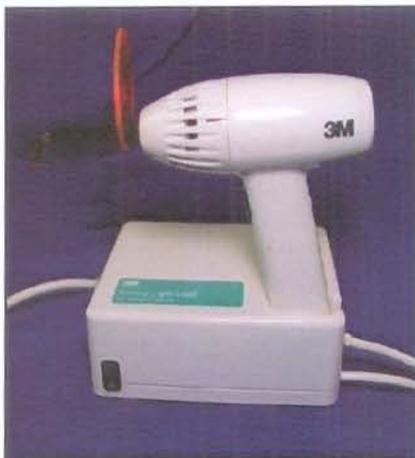


Figura 5. Aparelho fotoativador empregado.



Figura 6. Fotoativação com espaçador para obter intensidade de 150 mW/cm².

Tabela 1. Descrição dos métodos de fotoativação.

Método de Fotoativação*	Protocolo (Intensidade luminosa e Tempo de exposição)
Alta Intensidade (AI)	700 mW/cm ² durante 40 s
Baixa Intensidade (BI)	150 mW/cm ² durante 187 s
Soft-Start † (SS)	150 mW/cm ² durante 10 s + 700 mW/cm ² durante 38 s
Pulse Delay † (PD)	150 mW/cm ² durante 10 s + 3 minutos sem luz + 700 mW/cm ² durante 38 s

* A dose de energia foi padronizada em todos os grupos em 28 J/cm². O aparelho de fotoativação empregado foi XL 2500 3M ESPE (Figura 5).

† A redução da intensidade luminosa foi obtida utilizando um espaçador padrão previamente calibrado (Figura 6).

Tabela 2. Descrição dos protocolos de degradação.

Degradação	Protocolo
(1) Controle	Os espécimes não foram submetidos a nenhum tipo de ciclagem
(2) Térmica *	10.000 ciclos: banhos de 30s a 5°C, 37°C e 55°C (Gale & Darvell, 1999)
(3) Mecânica **	100.000 ciclos mecânicos realizados em ambiente úmido, com frequência de 4 Hz e carga de 60 N (Bedran-de Castro <i>et al.</i> , 2004; Alonso <i>et al.</i> , 2005)
(4) Térmica e mecânica	Degradação (2) + (3)

* Realizada em Máquina simuladora de ciclos térmicos ** Realizada em Máquina simuladora de ciclos mecânicos



Figura 7. Máquina de ciclagem térmica.



Figura 8. Máquina de ciclagem mecânica.



Figura 9. Espécime finalizado. Pronto para moldagem para avaliação da adaptação superficial.

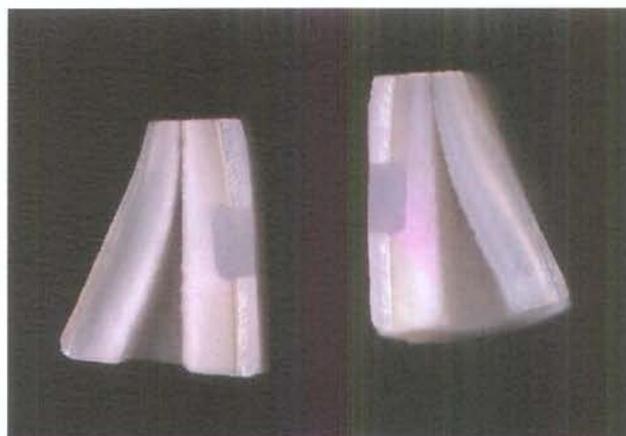


Figura 10. Espécime seccionado. Pronto para moldagem para avaliação da adaptação interna.



Figura 11. Dispositivo para moldagem com polivinilsiloxano.



Figura 12. Resina epóxica.



Figura 13. Molde vazado em resina epóxica para obtenção da réplica.



Figura 14. Metalizador Balzers-SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein



Figura 15.
Réplicas metalizadas



Figura 16. Microscópio Eletrônico de Varredura.

Em seguida, as réplicas foram metalizadas (Balzers-SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein) (Figura 14 e 15) e observadas em MEV (JEOL, JSM-5600LV, Scanning Electron Microscope, Japão) (Figura 16) para avaliação das margens e mensuração das fendas formadas.

As amostras foram inicialmente visualizadas com 25X de aumento, em seguida as margens foram observadas com aumentos de até 200X para elucidar possíveis dúvidas na qualidade da margem. Em seguida, a mensuração das fendas foi feita diretamente no monitor do microscópio, utilizando a ferramenta *Multi point measuring device*, com aumento de 25X, observando-se o perímetro total das cavidades. (Figuras 17, 18, 19). Regiões da margem cavitária em que se observava uma transição contínua e sem fendas entre a restauração e a estrutura dentária foram classificadas como margem perfeita, enquanto regiões que apresentavam perda de adesão interfacial, com ausência de continuidade entre a restauração e a estrutura dentária foram classificadas como fenda marginal e mensuradas. Adicionalmente, o comprimento total da margem cavitária foi mesurado para determinação da porcentagem de fendas.

Para a avaliação da adaptação interna, as cavidades foram seccionadas em 3 fatias, as quais foram lateralmente moldadas com polivinilsiloxano (Aquasil, Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) e vazadas com resina epóxica (Buehler, Lake Buff, IL, USA). Em seguida, as réplicas foram metalizadas e avaliadas em MEV, da mesma maneira descrita para a avaliação da adaptação marginal (Figuras 20, 21, 22).

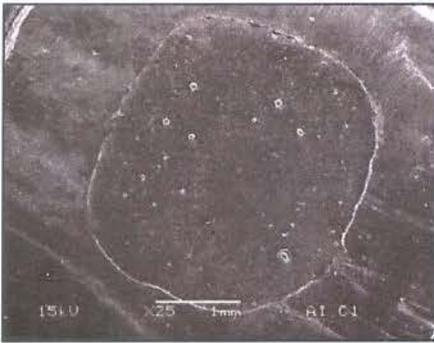


Figura 17. Fotomicrografia da restauração para avaliação de fendas superficiais (aumento 25X)

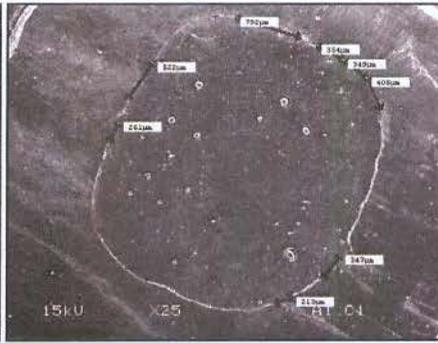


Figura 18. Mensuração das fendas superficiais (aumento 25X)

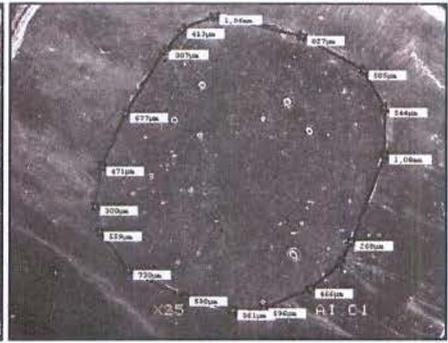


Figura 19. Mensuração da margem total para cálculo da porcentagem de fendas (aumento 25X)

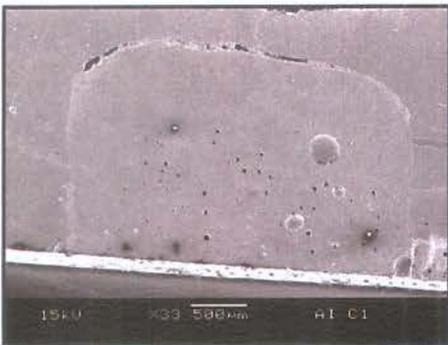


Figura 20. Fotomicrografia da restauração para avaliação de fendas internas (aumento 33X).

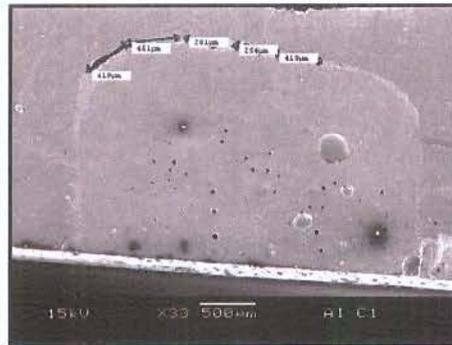


Figura 21. Mensuração das fendas internas (aumento 33X).

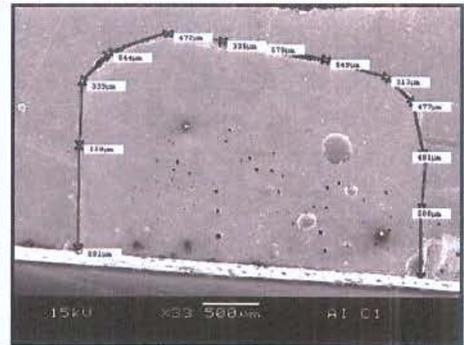


Figura 22. Mensuração da margem total para cálculo da porcentagem de fendas internas (aumento 33X)

Em ambos os casos, a formação de fendas (marginais e internas) foi calculada e expressa em porcentagem do perímetro de cada cavidade, através da equação:

$$(1) \% \text{ fendas} = \frac{\text{Soma das fendas mensuradas } (\mu\text{m}) \times 100}{\text{Margem total mensurada}}$$

1.2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos de adaptação marginal e interna, expressos em porcentagem de fenda foram submetidos a análise de Variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%. A análise estatística foi realizada pelo software ASSISTAT Versão 7.5 beta (2008).

1.3. RESULTADOS

O quadro 1 apresenta os resultados da análise de variância para os dados de adaptação externa. Pode-se observar que tanto os fatores (técnica de fotoativação e degradação), quanto a interação entre eles foram significativos. Considerando isto, a análise da interação entre os fatores pode ser observada na Tabela 3.

De acordo com a Tabela 3, o tipo de degradação utilizado tem influência fundamental na formação de fendas, mas esta influência é regida pelo método de fotoativação empregado. Sendo assim, observou-se selamento perfeito das margens para as restaurações do grupo controle (que não sofreram nenhum tipo de degradação). O protocolo de degradação térmica não afetou a formação de fendas externas, uma vez que em nenhum dos grupos apresentou diferença significativa do controle. Os protocolos de degradação mecânica e termo-mecânica por sua vez, acarretaram em aumento significativo da incidência de fendas marginais para os grupos fotoativados com os métodos de alta intensidade em modo contínuo e soft-start. Com relação aos métodos de fotoativação, pode-se observar que nos grupos controle e submetidos à ciclagem térmica não houve diferença entre os métodos. Já para os grupos submetidos às ciclagens mecânica e termo-mecânica, o grupo fotoativado com alta intensidade apresentou incidência de fendas significativamente superior aos demais (baixa intensidade, soft start e pulse delay). Nas figuras 21 e 22, o perfeito selamento das margens e a presença de fendas podem ser observados, respectivamente.

Quadro 1. Análise de Variância (ANOVA – fatorial 2 critérios) para os dados de adaptação marginal externa.

Fator de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	
Fator 1 – F1 (Degradação)	3	14011.91755	4670.63918	23.8948	**
Fator 2 – F2 (Método de Fotoativação)	3	22383.52583	7461.17528	38.1711	**
Interação F1xF2	9	17979.44403	1997.71600	10.2203	**
Tratamentos	15	54374.88740	3624.99249	18.5453	**
Resíduo	144	28147.15953	195.46639		
Total	159	82522.04693			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Síglas: F.V. = Fonte de variação; G.L. = Graus de liberdade; S.Q. = Soma de quadrado;

Q.M. = Quadrado médio; F = Estatística do teste F

Tabela 3. Médias e desvio padrão de formação de fendas superficiais (fenda%) em relação a interação método de fotoativação x protocolo de degradação.

	AI		BI		SS		PD	
Controle	0,0	bA	0,0	aA	0,0	bA	0,0	aA
Ciclagem Térmica	8,5	bA	0,0	aA	0,0	bA	0,0	aA
Ciclagem Mecânica	62,9	aA	7,8	aBC	19,5	aB	0,0	aC
Ciclagem Termo-mecânica	50,1	aA	0,3	aB	3,7	abB	8,2	aB

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

DMS para colunas = 16.2638 Classific.c/letras minúsculas

DMS para linhas = 16.2638 Classific.c/letras maiúsculas

MG = 10.06219

CV% = 138.94523

Quadro 2. Análise de Variância (ANOVA - fatorial 2 critérios) para os dados de adaptação interna.

Fator de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	
Fator 1 - F1 (Degradação)	3	48397.83539	16132.61180	46.4869	**
Fator 2 - F2 (Método de Fotoativação)	3	6942.66169	2314.22056	6.6685	**
Interação F1xF2	9	4049.98914	449.99879	1.2967	**
Tratamentos	15	59390.48622	3959.36575	11.4091	**
Resíduo	304	105498.76586	347.03541		
Total	319	164889.25209			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Síglas: F.V. = Fonte de variação; G.L. = Graus de liberdade; S.Q. = Soma de quadrado;

Q.M. = Quadrado médio; F = Estatística do teste F

Tabela 4 Médias e desvio padrão de formação de fendas superficiais (fenda%) em relação à interação método de fotoativação x protocolo de degradação.

	AI		BI		SS		PD	
Controle	37,5	Ca	32,2	bA	22,8	bA	35,2	bA
Ciclagem Térmica	51,4	bcA	40,2	bAB	31,2	bB	47,5	abA
Ciclagem Mecânica	69,0	aA	61,3	aAB	50,0	aB	57,5	aAB
Ciclagem Termo-mecânica	60,9	abA	61,2	aA	63,0	aA	61,8	aA

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

DMS para colunas = 15.1989 Classific.c/letras minúsculas

DMS para linhas = 15.1989 Classific.c/letras maiúsculas

MG = 48.92741

CV% = 38.07454

No Quadro 2 pode-se observar os resultados da análise de variância para os dados de adaptação interna. Também neste caso, tanto os fatores (técnica de fotoativação e degradação), quanto a interação entre eles foram significativos. Considerando isto, a análise da interação entre os fatores pode ser observada na Tabela 4.

Na tabela 4, os resultados das múltiplas comparações da interação métodos de fotoativação e protocolo de degradação para fendas internas pode ser observado. Considerando os protocolos de degradação, pode-se observar que a ciclagem térmica não acarretou em aumento significativo das fendas internas formadas em nenhuma das condições analisadas. As ciclagens mecânica e termo-mecânica acarretaram em efeitos similares, já que os grupos não apresentaram diferença significativa entre si em nenhuma das condições de fotoativação. Adicionalmente, ambas provocaram aumento significativo das fendas em relação aos grupos controle. Com relação aos métodos de fotoativação, os resultados apresentaram variação segundo o tipo de degradação. Nos grupos controle e submetidos a ciclagem termo-mecânica não houve diferença entre os métodos. Já para os grupos submetidos à ciclagem térmica e à ciclagem mecânica, os grupos fotoativados com o método soft start (SS) apresentaram redução significativa das fendas em relação aos grupos fotoativados com alta intensidade (AI) em modo contínuo. Nas figuras 23 e 24, o perfeito selamento das margens internas e a presença de fendas, em especial no ângulo e na parede pulpar, podem ser observados, respectivamente.

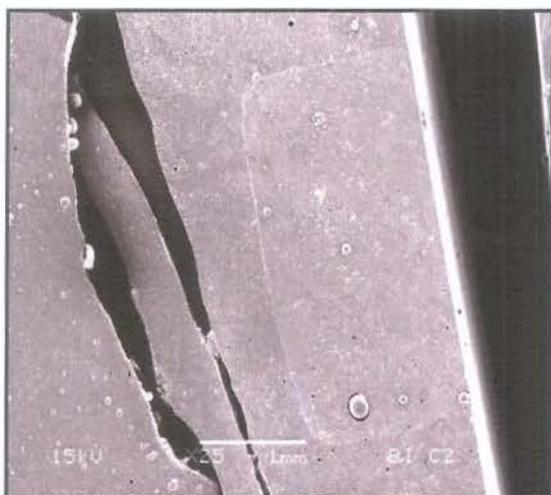


Figura 23. Fotomicrografia da secção de uma restauração para avaliação de adaptação interna. Perfeita adaptação de margens e ausência de fendas podem ser observados (aumento 25X).

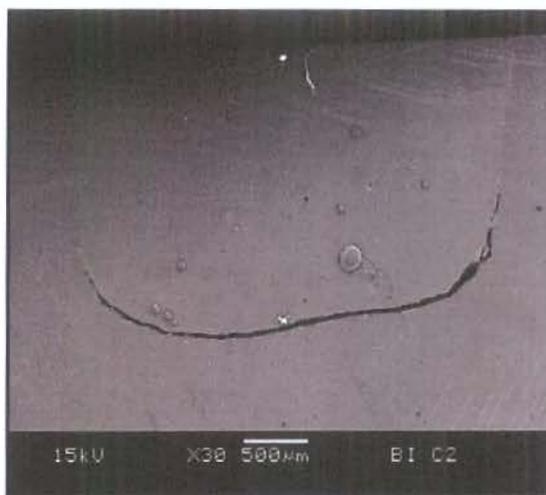


Figura 24. Fotomicrografia da secção de uma restauração para avaliação de adaptação interna. Fendas internas na parede pulpar e ângulos podem ser observadas (aumento 25X).

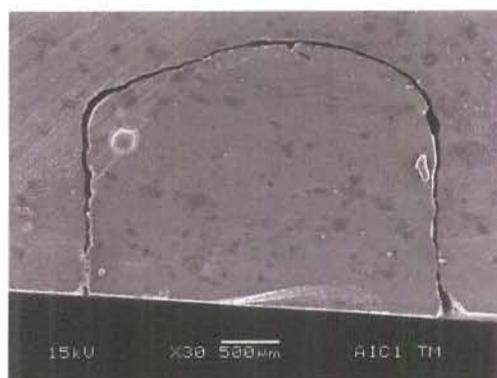


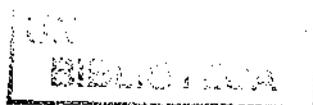
Figura 25. Falha da união em toda a interface de união decorrente de ciclagem termo-mecânica.

DISCUSSÃO

A avaliação da adaptação das restaurações de compósito é considerada de grande relevância, pois a formação de fendas é considerada o primeiro sinal de falha de uma restauração.

A origem dessas fendas está relacionada a três fatores principais, sendo eles, a tensão de contração dos compósitos resinosos (*Davidson & Feilzer, 1997*), as falhas de união ocorridas durante o procedimento adesivo (*Marshall et al., 1997*) e as tensões externas, sejam elas mecânicas (*Da Cunha Mello et al., 1997*) ou térmicas (*Momoi et al., 1990*).

Diversas metodologias *in vivo* e *in vitro* vêm sendo desenvolvidas e utilizadas para avaliação da adaptação das restaurações, e há consenso de que avaliações *in vivo*, são mais fidedignas na predição do comportamento clínico dos materiais restauradores. Entretanto, estudos *in vivo* apresentam grandes dificuldades em sua realização, consomem mais tempo e são mais onerosos. Neste sentido, pesquisas *in vitro* são de grande importância e podem ser úteis na avaliação de materiais e técnicas restauradoras de modo mais rápido. Entretanto, há necessidade de se reproduzir nos estudos laboratoriais as condições clínicas a que são submetidos esses materiais. E, é com este objetivo que os procedimentos de ciclagem térmica e mecânica são introduzidos. A ciclagem térmica busca reproduzir as variações térmicas que ocorrem no ambiente oral. A ciclagem mecânica simula a carga oclusal. Em ambos os casos, efeitos adversos na interface dente/restauração podem ocorrer, interferindo com a adaptação das restaurações.



Considerando a ciclagem térmica, seus efeitos deletérios na união de compósitos a estrutura dental são atribuídos a diferença entre o coeficiente de expansão térmica do compósito e da estrutura dental, o que acarreta em um comportamento diferente frente às variações de temperatura. Neste sentido, quando submetidos a baixas temperaturas, os compósitos (maior coeficiente de expansão térmica) contraem mais que a estrutura dental (menor coeficiente de expansão térmica), o que favorece o aparecimento ou a propagação das fendas ao longo da margem cavitária e interface de união. Também são relatados efeitos deletérios associados com a alteração do volume das fendas pela variação da temperatura gerando um fluxo cíclico de fluídos para dentro e fora das fendas

Neste estudo, os espécimes foram submetidos a 10 000 ciclos térmicos, o equivalente a 1 ano de uso clínico de acordo com o sugerido por Gale e Darvel (1999). As temperaturas extremas de 5 e 55 °C foram selecionadas por serem as mais frequentemente encontradas na literatura e por serem compatíveis com a temperatura em que bebidas frias e quentes, respectivamente, são consumidas. O banho intermediário a 37 °C foi introduzido com base na temperatura corporal, para evitar o choque térmico pelas temperaturas extremas, uma vez que este choque dificilmente ocorreria em condições clínicas. Os resultados deste estudo, entretanto, não revelaram efeito significativo desta termociclagem no padrão de formação de fendas marginais e internas. Não foram detectadas evidências concretas de que formação ou a propagação de fendas tenha ocorrido pelo estresse térmico. Credita-se, portanto, a formação de fendas a contração de polimerização do compósito restaurador ou falha no procedimento adesivo, independentemente da ciclagem térmica. Estes resultados corroboram com aqueles obtidos por Wendt, McInnes & Dickinson⁵⁰ e de Smith *et al.*,

46, 6, 15, 18, 19, 21, 32, 50 que também não observaram diferenças significativas entre grupos termociclados quando comparados com grupos não-termociclados.

O efeito do estresse mecânico ocorre devido a diferença de módulo de elasticidade entre os componentes da interface adesiva, os quais condicionam diferentes graus de deformação elástica ou plástica, criando desta maneira microsseparações entre o piso da cavidade e a camada de adesivo (Nikaido 2002). Esta deformação é de aproximadamente 0,1 a 1 $\mu\text{m}/\text{kg}$ (Jorgensen, 1976), sendo que o estresse se concentra principalmente entre o adesivo e o topo da camada híbrida. Adicionalmente, a ciclagem mecânica está relacionada à fadiga, que pode ocasionar em falha catastrófica de restaurações. Falhas por fadiga são caracterizadas pela iniciação de fratura em um defeito (fendas, bolhas, vazios) seguida pelo crescimento progressivo desta fratura até a falha total (Figura 25). Fratura marginal é um bom indicador de falha por fadiga. Nesta condição, frequentemente os materiais ou interfaces falham após repetido carregamento subcatastrófico, com tensões que são pequenas demais para provocar falhas durante sua aplicação inicial. Isto pode ser claramente observado neste estudo, uma vez que a qualidade marginal foi severamente prejudicada nos grupos submetidos a ciclagem mecânica e termo-mecânica. Isto corrobora com diversos autores que observaram redução de resistência de união ou aumento na incidência de fendas interfaciais em restaurações de compósito após ciclagem mecânica. Frakenberger 2005 biomaterials [8–11).

Os parâmetros utilizados na ciclagem mecânica deste estudo foram: 100.000 ciclos mecânicos realizados em ambiente úmido, com frequência de 4 Hz e carga de 60 N e foram selecionados com base nos estudos de Bedran-de Castro *et al.*, 2004 e

Alonso *et al.*,2005. A aplicação de 100.000 ciclos foi apontada por Frankenberger (Frankenberger R, Strobel WO, Krämer N, Winterscheidt J, Winterscheidt B, Petschelt A. Fatigue behavior of the resin–dentin bond using different evaluation methods. *J Biomed Mater Res* 2003;67B:712–21.) como sendo comprovadamente efetiva em reduzir substancialmente a qualidade marginal de restaurações em compósito.

Alguns estudos apontaram a degradação interfacial provocada pelas ciclagens térmica e mecânica em associação poderiam ser ainda mais evidente (Bedran de Castro AK, Pereira PN, Pimenta LA, Thompson JY. Effect of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of a total-etch adhesive system. *Oper Dent* 2004;29:150–6.] pelo somatório de efeitos. Isto, entretanto, não foi observado no presente estudo, uma vez que a associação entre ciclagem térmica e mecânica não produziu efeitos deletérios superiores àqueles decorrentes apenas da ciclagem mecânica, o que, somado ao fato de que a ciclagem térmica sozinha não gerou degradação significativa da interface, pode levar a interpretação de que a ciclagem mecânica é a maior responsável pela degradação das margens.

Diversos estudos têm mostrado que o método de fotoativação pode interferir na cinética da polimerização, alterando sua velocidade em função da intensidade luminosa e determinando o grau de conversão em função da dose de energia. XX apontou a que uma alta intensidade luminosa seria necessária para obtenção de propriedades mecânicas adequadas. Entretanto, alta velocidade de reação, comum aos compósitos fotoativados com alta intensidade luminosa, diminui a capacidade de acomodamento do material às paredes cavitárias devido ao rápido desenvolvimento da rigidez e redução do período viscoelástico (*Kinomoto et al.*, 1999). Nessa situação, o aumento do módulo de elasticidade do material e a ocorrência da contração de polimerização geram

tensões na interface dente-restauração, as quais seriam responsáveis por falhas imediatas na adaptação marginal de restaurações em compósito (*Davidson & Feilzer, 1997*). Isto, entretanto, não foi observado neste estudo. Nas condições controle e de degradação térmica foi observado ótimo selamento de margens em quase todos os espécimes. Quando submetidos a ciclagem mecânica e termo-mecânica, entretanto, houve aumento significativo de fendas marginais e internas, o que não foi observado nos grupos fotoativados com métodos modulados com a mesma intensidade. Sendo assim, pode-se supor que apesar de apresentar bom selamento nas condições controle e ciclagem térmica, a interface adesiva dos grupos fotoativados com alta intensidade luminosa (AI) já vinha em condição de tensão (pela alta tensão de contração presente nos espécimes ativados com de alta intensidade) e por isso, ao ser submetida à ciclagem mecânica tenha possibilitado maior iniciação e subsequente crescimento de fraturas interfaciais, ou mesmo fraturas/falhas no esmalte adjacente, caracterizando a falha marginal, comum em restaurações submetidas a fadiga mecânica.

A literatura acerca dos efeitos dos métodos modulados na formação de fendas de restaurações é inconsistente, uma vez que parte dos estudos aponta para efeitos positivos e parte aponta para ausência de influência. Isso ocorre porque vários fatores são determinantes na formação de fendas nas restaurações de compósito, e da mesma maneira diversos fatores interferem com as características de polimerização dos compósitos de modo e podem mascarar os efeitos da fotoativação.

O tipo de material, considerando a composição da matriz polimérica, a quantidade e tipo de carga, a concentração de fotoiniciadores, de inibidores, etc tem impacto decisivo nos efeitos dos métodos modulados na polimerização dos compósitos, de modo que

pode-se constatar pelos achados da literatura que a eficácia de métodos modulados é material dependente.

Efeitos positivos da aplicação de métodos modulados na adaptação marginal puderam ser observados neste estudo apenas nos grupos submetidos a ciclagem mecânica e termo mecânica. Nestas condições os grupos modulados (SS e PD) e de baixa intensidade (BI) apresentaram redução significativa na incidência de fendas marginais quando comparados ao grupo de alta intensidade (AI).

Watts & Hindi (1999) comprovaram que a cinética de contração é alterada com a utilização de tal técnica, de modo que ocorre retardo no desenvolvimento da contração durante o período inicial da fotoativação. Adicionalmente, diversos autores demonstraram redução das tensões de contração e melhora na qualidade marginal das restaurações fotoativadas com método soft start (*Uno & Asmussen, 1991; Mehl et al., 1997; Ernst et al., 2000; Yoshikawa et al., 2001*). *Lim et al* relacionaram o sucesso da técnica fotoativação pulse delay na redução das tensões de contração á redução na velocidade de polimerização, o que permitiria o prolongamento do período inicial da polimerização (período no qual o compósito apresenta um baixo módulo de elasticidade e pode liberar a tensão de contração desenvolvida através de rearranjos moleculares, escoamento dos polímeros formados e deformação). Assim, somando-se os resultados da literatura aos encontrados neste estudo, pode-se considerar que as restaurações fotoativadas com métodos modulados podem resistir melhor a degradação mecânica por apresentar-se menos prejudicada pela contração de polimerização, o que ocorre devido à extensão do período viscoelástico pela redução da velocidade inicial de reação (permitindo acomodamento das cadeias poliméricas em posições favoráveis e reduzindo as tensões de contração - *Koran & Kürschner, 1998*) e pelo desenvolvimento

mais lento do módulo de elasticidade durante a fotoativação. Cabe ressaltar ainda, que as propriedades mecânicas não são prejudicadas pela fotoativação com métodos modulados, desde que a dose de energia seja mantida (*Sakaguchi & Berge, 1998; Yap et al., 2001*). Alonso ET al (2008) em um estudo utilizando o mesmo material e as mesmas técnicas de fotoativação empregados neste estudo observou que o grau de conversão não é prejudicado pela utilização de baixa intensidade luminosa ou por métodos de fotoativação modulados (Soft Start e Pulse Delay).

Outro aspecto importante deste estudo a ser apontado refere-se ao alto coeficiente de variação encontrado para os dados de formação de fendas. Isto ocorreu devido a presença de espécimes com perfeito selamento (0% fendas) e espécimes com quase 100% de fendas, principalmente nos grupos submetidos à ciclagem. Cabe ressaltar que esta é uma característica comumente observada em estudo relacionados a adaptação de restaurações em compósito, sendo resultado da variabilidade morfofisiológica encontrada nos tecidos dentais e que causa variabilidade na interação com os sistemas restauradores adesivos. Esta característica dos testes de formação de fendas foi descrita por Alonso ET al (2006) em seu estudo acerca das metodologias para avaliação da adaptação de restaurações em compósito.

Desta forma, pode-se concluir que as restaurações confeccionadas com a utilização de métodos moduladas de fotoativação são menos susceptíveis a degradação mecânica, o que associado a outros dados da literatura, permite indicar a utilização destes métodos na tentativa de aumentar a durabilidade das restaurações em compósito.

2. CONCLUSÕES

Dentro das limitações deste estudo foi possível concluir que:

Fotoativação com métodos modulados apesar de não melhorar a adaptação das restaurações de compósitos a princípio produz restaurações menos susceptíveis a degradação interfacial.

A ciclagem mecânica é um fator determinante da degradação interfacial de restaurações em compósito.

Tensões advindas da ciclagem térmica não promovem aumento da formação de fendas em restaurações de compósito.

A associação entre ciclagem térmica e mecânica não acarreta em degradação maior que a provocada apenas pela ciclagem mecânica.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- 1 Abdala AI, Davidson CL. Effect of mechanical load cycling on the marginal integrity of adhesive class I resin composite restorations. *J Dent* 1996; 24(1-2): 87-90.
- 2 Alonso RCB, Vieira EB, Correr GM, Cunha LG, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC. Effect of mechanical loading on microleakage of resin composite restorations lined with low modulus materials. *Oral Science* 2005; 1(1): 23-8.
- 3 Alonso RC, Correr GM, Cunha LG, Borges AFS, Puppim-Rontani RM, Sinhoreti MA. Dye staining test: an alternative method for assessing gap formation in composite restorations - Validating the method. *Acta Odontol Scand.* 2006A; 64(3):141-145.
- 4 Alonso RC, Correr GM, Cunha LG, Brandt WC, Correr Sobrinho L, Sinhoreti MAC. Relationship between bond strength and marginal and internal adaptation of composite restorations photocured by different methods *Acta Odontol Scand.* 2006B; 64(5):306-313.
- 5 Asmussen, E. Composite restorative resins. Composition versus wall-to-wall polymerization contraction. *Acta Odontol Scand.* 1975; 33(6):337-344.
- 6 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
- 7 Bedran-de-Castro AK, Pereira PN, Pimenta LA. Long-term bond strength of restorations subjected to thermo-mechanical stresses over time. *Am J Dent.* 2004;17(5): 337-341.

- 8 Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Boyer DB. Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. *J Esthet Dent.* 2000; 12(1):23-32.
- 9 Calheiros FC, Kawano Y, Stansbury JW, Braga RR. Influence of radiant exposure on contraction stress, degree of conversion and mechanical properties of resin composites. *Dent Mater.* 2007; 22(9):799-803.
- 10 Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent* 1996; 21(1): 17-24.
- 11 Cox CF. Evaluation and treatment of bacterial microleakage. *Am J Dent.* 1994; 7:293-295.
- 12 Davidson CL, de Gee AJ. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent Res.* 1984; 63(2):146-148.
- 13 Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent.* 1997; 25(6): 435-440.
- 14 Ernst CP, Kurschner R, Rippin G, Willershausen B. Stress reduction in resin-based composites with a two-step light curing unit. *Am J Dent.* 2000; 13(2): 69-72.
- 15 Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Curing contraction of composites and glass ionomer cements. *J Prosthet Dent.* 1988; 59(3): 297-300.
- 16 Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res.* 1987; 66(11): 1636-1639.
- 17 Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restoration. *Dent Mater.* 1990; 6(3): 167-171.

- 18 Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent.* 1999; 27(2): 89-99.
- 19 Jørgensen KD. Some observations on silicate cement. *Acta Odontol Scand.* 1970; 28(1):117-127.
- 20 Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Complete marginal seal of class V resin composite restoration effected by increased flexibility. *J Dent Res* 1990. 69(6): 1240-1243.
- 21 Kidd EAM. Microleakage: a review. *J Dent* 1976; 4(5): 199-204.
- 22 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.* 1998; 11(1): 17-22.
- 23 Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. *Dent Mater.* 2002; 18(6): 436-444.
- 24 Lutz F, Krejci I, Barbakow F. Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restoration. *Dent Mater.* 1991; 7(2): 107-113.
- 25 Nikaido T, Kunzelmann KH, Chen H, Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Cox CF, Hickel R, Tagami J. Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dent Mater.* 2002; 18(3): 269-275.
- 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 Peutzfeldt, A. Resin composites in dentistry: the monomer system. *Eur J Oral Sci.* 1997; 105(2): 97-116.
- 28 Peutzfeldt A, Asmussen E. Resin Composite Properties and Energy Density of Light Cure. *J Dent Res.* 2005; 84(7): 659-662.
- 29 Qvist V. The effect of mastication on marginal adaptation of composite restorations in vivo. *J Dent Res.* 1983; 62(8): 904-906.
- 30 Sakaguchi RL, Berge HX. Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. *J Dent.* 1998; 26(8):.695-700.
- 31 Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and contraction strain. *Dent Mater.* 2000; 16(4):292-296.
- 32 Soh MS, Yap AUJ. Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. *J Dent.* 2004; 32(4): 321–326.
- 33 Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of restorative resins polymerized at reduced rate. *Scand J Dent.* 1991; 99(5): 440-444.
- 34 Unterbrink GL, Muessner R. Influence of lighth intensity on two restorative systems. *J Dent.* 1995; 23(3): 183-189.
- 35 Unterbrink GL, Liebenberg WH. Flowable composites as "filled adhesives". Literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int.* 1999; 30(4): 249-257.
- 36 Venhoven BA, de Gee AJ, Davidson CL. Light initiation of dental resins: dynamics of the polymerization. *Biomaterials.* 1996; 17(24): 2313-2318.
- 37 Watts DC, al Hindi A. Intrinsic 'soft-start' polymerization shrinkage-kinetics in an acrylate-based resin-composite. *Dent Mater.* 1999; 15(1): 39-45.

- 38 Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. A light curing method for improving marginal sealing and cavity wall adaptation of resin composite restorations. *Dent Mater.* 2001; 17(4): 359-66.
- 39 WENDT, S.L.; McINNES, P.M. & DICKINSON, G.L. The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent. Mat.*, v. 8, pp. 181-184, mai./92.
- 40 SMITH, L.A.; O'BRIEN, J.A.; RETIEF, D.H. *et al.* Microleakage of two dentinal bonding restorative systems. *J. Dent. Res.*, v. 67, p. 309, 1988.

