



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



1290004935

TCC/UNICAMP
D817m
FOP

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Monografia de Final de Curso

Aluno(a): Diogo Dressano

Orientador(a): Profa. Dra. Roberta Caroline Bruschi Alonso

Ano de Conclusão do Curso: 2009



Assinatura do(a) Orientador(a)

Diogo Dressano

"Métodos de fotoativação modulados: Efeito na adaptação marginal e interna de restaurações confeccionadas com compósitos experimentais com diferentes concentrações de fotoiniciadores"

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

Orientador: Profa. Dra. Roberta Caroline Bruschi Alonso

Piracicaba
2009

... - FDF/UNICAMP

TCC/UNICAMP

D817m

Vol. Ex.

Tombo 4935

C ☐ D ☒

Proc. 10P-134/10

Preço R\$ 11,00

Data 12/08/10

... 707922

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

D817m

Dressano, Diogo.

Métodos de fotoativação modulados: efeito na adaptação marginal e interna de restaurações confeccionadas com compósitos experimentais com diferentes concentrações de fotoiniciadores. / Diogo Dressano. – Piracicaba, SP: [s.n.], 2009.

33f. : il.

Orientador: Roberta Caroline Bruschi Alonso.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

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

(mg/fop)

Dedico este trabalho aos meus pais José Valdir e Páscoa.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pelo dom maior: minha vida.

A minha família: meu pai e meu irmão que sempre me deram todo o apoio profissional e ajuda nestes anos de graduando. Minha mãe, que sempre esteve comigo nos momentos de dificuldade e desespero. Enfim, o apoio dado por eles em cada momento da minha vida.

A Prof. Roberta Caroline Bruschi Alonso, pela destreza com que me orientou nesse longo trabalho e pela atenção dada a mim nesses anos de faculdade.

Aos meus amigos, que sempre estiveram juntos, em todos os momentos.
Em especial à república Acapulco, lar de verdadeiras amizades e demonstrações de companheirismo.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	5
1. RESUMO.....	7
2. INTRODUÇÃO E SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA.....	8
3. OBJETIVO.....	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
4.1 Formulação dos Compósitos Experimentais.....	11
4.2 Adaptação Marginal e Interna.....	12
4.3 Análise Estatística.....	17
5. RESULTADOS	17
6. DISCUSSÃO.....	22
7. CONCLUSÃO.....	26
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

4.2 Adaptação Marginal e Interna..... 12

 Figura 1..... 12

 Figura 2..... 12

 Figura 3..... 12

 Figura 4..... 12

 Tabela 1: 13

 Figura 5..... 13

 Figura 6..... 13

 Figura 7..... 14

 Figura 8..... 14

 Figura 9..... 14

 Figura 10..... 14

 Figura 11..... 14

 Figura 12..... 15

 Figura 13..... 15

 Figura 14..... 15

 Figura 15..... 16

 Figura 16..... 16

 Figura 17..... 16

 Figura 18..... 16

 Figura 19..... 16

 Figura 20..... 16

5. Resultados..... 17

 Quadro 1..... 17

 Tabela 2..... 18

 Tabela 3..... 18

 Tabela 4..... 19

 Figura 21..... 19

 Figura 22..... 19

 Quadro 2..... 20

 Tabela 5..... 20

 Tabela 6..... 21

 Tabela 7..... 21

Figura 23.....	21
Figura 24.....	21
Figura 25.....	21
6. Discussão.....	22
Figura 26.....	24

1. RESUMO

OBJETIVO: O objetivo do estudo foi avaliar a influência de métodos de fotoativação modulados na adaptação marginal e interna de restaurações confeccionadas com compósitos experimentais com diferentes concentrações de fotoiniciadores. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Foram preparados 3 compósitos (BisGMA / TEGDMA / 65% carga) com diferentes concentrações de amina / canforoquinona (C1 - 0,5%, C2 - 1%, C3 - 1,5%). Uma cavidade foi confeccionada na face vestibular de 120 incisivos bovinos, os quais foram aleatoriamente distribuídos em 12 grupos (n=10), de acordo com o tipo de compósito e o método de fotoativação (Alta Intensidade; Baixa Intensidade; Soft Start; Pulse Delay - dose de energia padronizada em 28 J). Após os procedimentos restauradores, os espécimes foram moldados com polivinilsiloxano e 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. As réplicas foram metalizadas e analisadas em MEV para determinação da porcentagem de fendas ao longo da margem cavitária e na interface de união. Os dados de adaptação marginal e interna foram submetidos a ANOVA e teste de Tukey (5%). **RESULTADOS:** As restaurações confeccionadas com o compósito C1 apresentaram incidência de fendas significativamente superior às aquelas confeccionadas com C2 e C3. Não houve diferença significativa entre os métodos de fotoativação, independente do tipo de compósito. Na maior parte das amostras, não foram observadas fendas na margem superficial. **CONCLUSÃO:** Fotoativação com métodos modulados não melhora a adaptação das restaurações de compósitos. A concentração de fotoiniciadores é um fator determinante na formação de fendas das restaurações, sendo que, nas condições analisadas, uma concentração reduzida de fotoiniciadores pode acarretar em maior desajuste das restaurações.

2. INTRODUÇÃO e SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA

Os compósitos resinosos vêm sendo aprimorados desde o início da década de 60, e desenvolveram-se de tal modo que atualmente apresentam diversas características vantajosas que propiciaram a ampliação de suas indicações na Odontologia. Tais características são: a capacidade de reproduzir esteticamente a estrutura dental perdida, a possibilidade de união com os substratos dentais (PASHLEY & CARVALHO, 1997), além de propriedades físicas e mecânicas satisfatórias que permitem sua aplicação em dentes anteriores e posteriores (PEUTZFELDT, 1997).

Entretanto, os compósitos têm como desvantagem inerente a contração de polimerização, decorrente de reações químicas na matriz orgânica do compósito (ASMUSSEN, 1975; DAVIDSON & FEIZER, 1997). Em função disto, diversas técnicas e materiais vêm sendo desenvolvidos com o intuito de reduzir ou mesmo eliminar a contração de polimerização (UNO & ASMUSSEN, 1991; PEUTZFELDT, 1997; SAKAGUCHI & BERGE, 1998).

Quando os compósitos polimerizam *in situ*, na cavidade dentária e, portanto, em condição restrita, ocorre o desenvolvimento de tensões na interface dente-restauração (FEILZER ET AL., 1987). Se tais tensões forem superiores à resistência da união imposta pelo sistema adesivo, inevitavelmente formar-se-ão fendas, que representarão locais propícios para a instalação e proliferação bacteriana. Em condições específicas, a colonização bacteriana desses locais pode resultar em manchamento da interface, sensibilidade pós-operatória, cárie recorrente e inflamação pulpar, culminando no fracasso da restauração (COX, 1994). Diante da importância atribuída à formação de fendas nas restaurações de compósito, a avaliação, qualificação e mensuração dessas fendas têm sido amplamente realizada em estudos laboratoriais (LUTZ ET AL., 1991; CIUCCHI ET AL., 1997; MANHART ET AL., 2001; YOSHIKAWA ET AL., 2001; IRIE ET AL., 2002; PEUTZFELDT & ASMUSSEN, 2004; ALONSO ET AL., 2004; CORRER ET AL., 2005; IWAMI ET AL., 2005; ALONSO ET AL., 2006). Na literatura, pode-se identificar vários métodos para se conduzir tal avaliação, dentre os quais pode-se citar: estudos de microinfiltração (com corantes, traçadores químicos e radioativos, bactérias, pressão de ar, etc) (SHORTALL, 1982; PASHLEY, 1990; TAYLOR & LYNCH, 1992; RASKIN ET AL., 2001), evidencição de fendas por corantes (YOSHIKAWA ET AL., 2001; ERNST ET AL., 2002 A; ERNST ET AL., 2002 B; ALONSO ET AL., 2004; ALONSO ET AL., 2006; CORRER ET AL.,

2005) e análise em Microscopia Eletrônica de varredura (MEV) (SAHAFI *ET AL.*, 2001; LIM *ET AL.*, 2002; PELIZ *ET AL.*, 2005; DUARTE *ET AL.*, 2005). Considera-se que a avaliação da adaptação das restaurações é melhor determinada pela Microscopia Eletrônica de Varredura, com o uso de réplicas, técnica considerada como "padrão ouro" para avaliação das fendas (SHORTALL, 1982, IWAMI *ET AL.*, 2005).

Todavia, apesar da contração de polimerização ser a causa, as tensões por ela geradas são consideradas o mecanismo responsável pela formação de fendas e 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. DAVIDSON & DE GEE, em 1984, observaram que parte considerável das tensões de contração pode ser compensada pelo acomodamento das cadeias poliméricas durante a cura, o que foi definido pelos autores como escoamento.

Dessa maneira, vários métodos para reduzir as tensões de contração e, por conseqüência, melhorar a qualidade de adaptação das restaurações em compósito foram sugeridos, entre eles estão 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 do uso de técnicas alternativas para a fotoativação de compósitos (KORAN & KÜRSCHNER, 1998; ERNST *ET AL.*, 2000; BOUSCHLICHER *ET AL.*, 2000).

As técnicas alternativas de fotoativação buscam alterar a cinética de polimerização pela modulação da emissão de luz durante a fotoativação dos

compósitos (ERNST *ET AL.*, 2000) e, com isso, podem reduzir as tensões que incidem na interface dente-restauração durante a polimerização dos compósitos.

A possibilidade de alteração da cinética de contração está diretamente relacionada à composição da matriz resinosa do compósito, bem como à quantidade e tipo de fotoiniciadores empregados. Isto porque a formulação do compósito é um fator determinante na sua taxa de polimerização quando da fotoativação. O tipo e quantidade de monômeros e o sistema de iniciação (fotoativador/co-iniciador) determinam o grau de conversão (PARK *et al.*, 1999). As características químicas e a concentração do sistema de fotoiniciação determinam, pela formação de radicais livres, a velocidade de reação e a taxa de desenvolvimento da tensão de contração (RUEGGERBERG *et al.*, 1997; NEUMANN *et al.*, 2006). Neste sentido, menor concentração de fotoiniciadores poderia retardar o desenvolvimento ou mesmo reduzir a tensão de contração (VENHOVEN *et al.*, 1996), isso favoreceria a manutenção da integridade interfacial das restaurações. Em contrapartida, isso poderia dificultar o processo de polimerização reduzindo o grau de conversão e as propriedades mecânicas do material, o que poderia culminar na redução da durabilidade das restaurações. Adicionalmente, compósitos com grande quantidade de fotoiniciadores, cuja polimerização processa-se rapidamente, tendem a apresentar maior dificuldade em responder adequadamente à modulação da intensidade luminosa.

A 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 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 reduzindo a tensão que incide na interface dente restauração e podendo, portanto, melhorar a adaptação interfacial das restaurações em compósito.

Assim, em vista do problema exposto a respeito da contração de polimerização e da formação de fendas, observa-se a necessidade de pesquisas com o intuito de avaliar as características das restaurações, objetivando a produção de restaurações clinicamente aceitáveis com melhor qualidade marginal, com possível prolongamento de sua longevidade.

3. 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 adaptação marginal e interna de restaurações confeccionadas com compósitos experimentais com diferentes concentrações de fotoiniciadores (0,5%, 1,0% e 1,5% de canforoquinona/amina, na proporção 1:1), com o intuito de definir se as restaurações confeccionadas com a utilização de métodos modulados de fotoativação apresentariam redução na formação de fendas interfaciais, através da análise em Microscopia Eletrônica de Varredura.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Formulação dos compósitos experimentais: Para o preparo da matriz orgânica dos 3 compósitos experimentais 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 - SiO_2 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 SiO_2 . 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, nas seguintes concentrações 0,5% (C1), 1,0% (C2) e 1,5% (C3). Além disso, foi adicionado à mistura o inibidor BHT (Hidroxí 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).

4.2 Adaptação marginal e interna: 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 mm^3 e o Fator C é 3,6.



Figura 1. Dentes bovinos



Figura 2. Secção da raiz e desgaste vestibular.

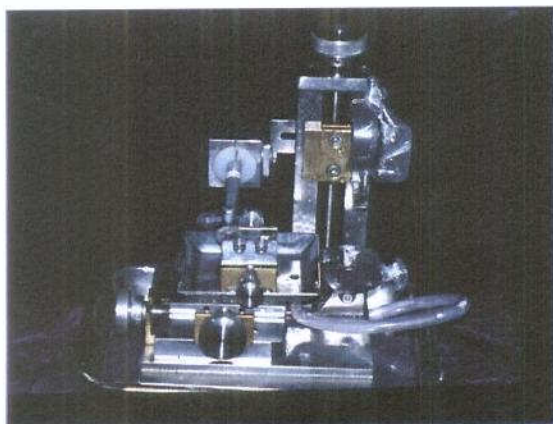


Figura 3. Máquina padronizadora de preparos cavitários.



Figura 4. Preparo cavitário.

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). O espécime finalizado pode ser observado na Figura 7. O espécime seccionado para avaliação da adaptação interna pode ser observado na Figura 8.

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).

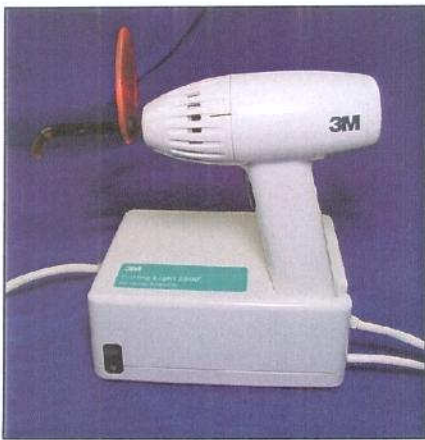


Figura 5. Aparelho fotoativador empregado.

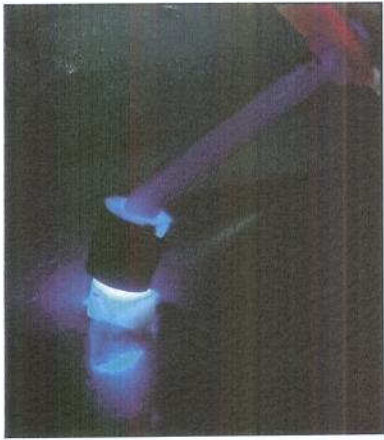


Figura 6. Fotoativação com espaçador para obter intensidade de 150 mW/cm².

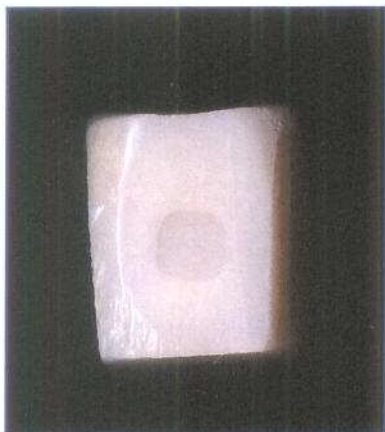


Figura 7. Espécime finalizado.
Pronto para moldagem para
avaliação da adaptação superficial.

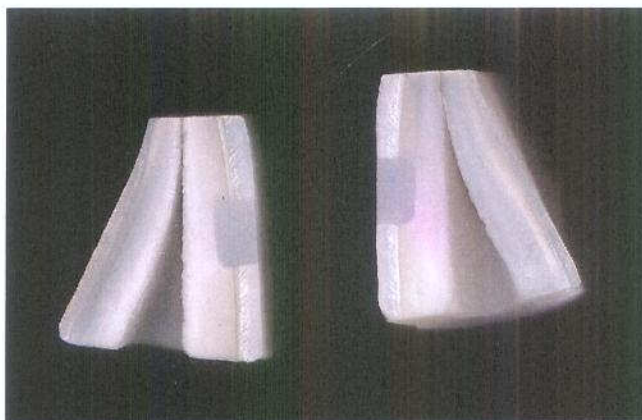


Figura 8. Espécime seccionado.
Pronto para moldagem para
avaliação da adaptação interna.

Para avaliação da adaptação marginal foi realizada moldagem das restaurações com polivinilsiloxano (Aquasil, Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) (Figura 9), as quais foram vazadas com resina epóxica (Buehler, Lake Buff, IL, EUA) (Figuras 10 e 11).



Figura 9. Dispositivo para
moldagem com
polivinilsiloxano.



Figura 10. Resina epóxica.



Figura 11. Molde vazado
em resina epóxica para
obtenção da réplica.

Em seguida, as réplicas foram metalizadas (Balzers-SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein) (Figura 12 e 13) e observadas em MEV (JEOL, JSM-5600LV, Scanning Electron Microscope, Japão) (Figura 14) para avaliação das margens e mensuração das fendas formadas.



Figura 12. Metalizador Balzers-SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein

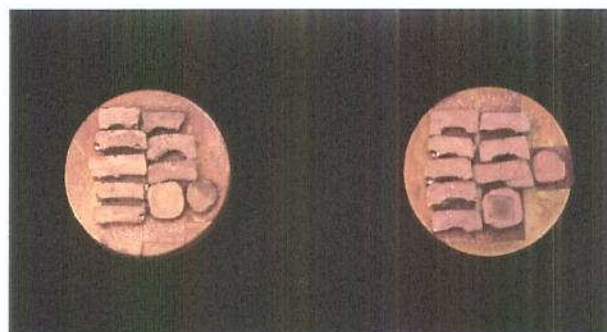


Figura 13. Réplicas metalizadas das amostras para avaliação em Microscopia Eletrônica de Varredura.



Figura 14. Microscópio Eletrônico de Varredura.

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 15, 16, 17). 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 medido para determinação da porcentagem de fendas.

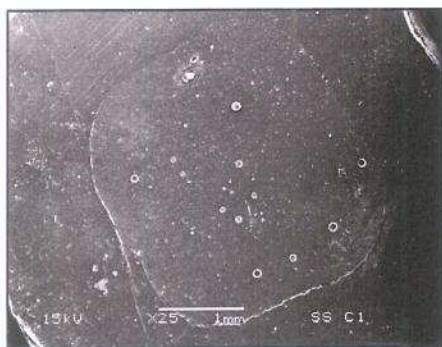


Figura 15. Fotomicrografia da restauração para avaliação de fendas

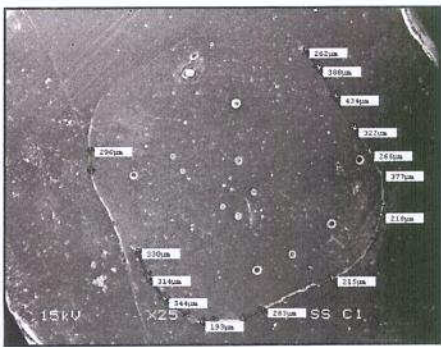


Figura 16. Mensuração das fendas superficiais (aumento 25X)

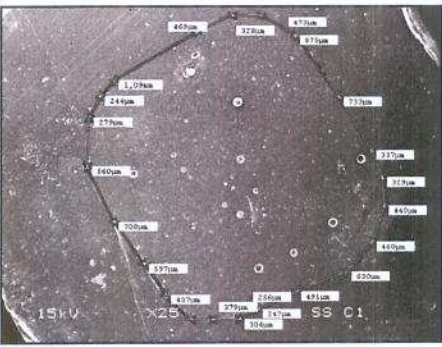


Figura 17. Mensuração da margem total para cálculo da porcentagem de fendas

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 18, 19, 20).

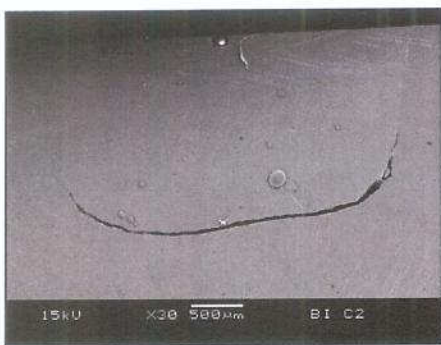


Figura 18. Fotomicrografia da restauração para avaliação de fendas internas

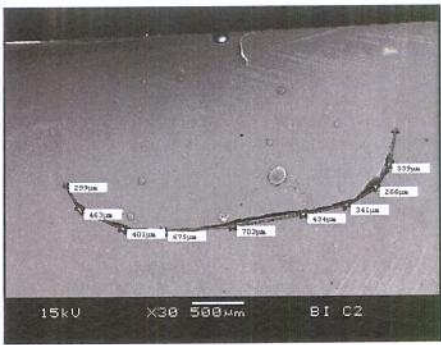


Figura 19. Mensuração das fendas internas (aumento 30X).

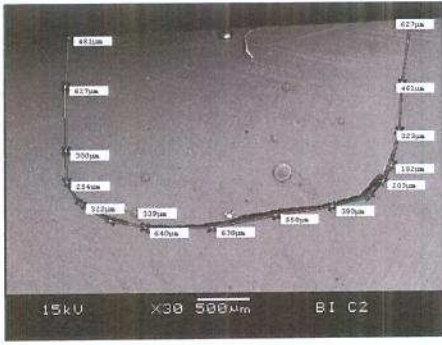


Figura 20. Mensuração da margem total para cálculo da porcentagem de fendas

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:

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

4.3 Análise Estatística: Os dados obtidos de adaptação marginal e interna, expressos em porcentagem de fenda foram submetidos à 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).

5. RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta os resultados do análise de variância para os dados de adaptação externa. Pode-se observar que apenas o Fator 2 (compósito) foi significativo. O Fator 1 (métodos de fotoativação) e a interação entre os fatores não foram significativos.

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 (métodos de fotoativação)	3	753.85303	251.28434	2.0984	ns
Fator 2 – F2 (compósito)	2	4652.35036	2326.17518	19.4255	**
Interação F1xF2	6	1218.30447	203.05074	1.6956	ns
Tratamentos	11	6624.50785	602.22799	5.0291	**
Resíduo	108	12932.87028	119.74880		
Total	119	19557.37813			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

Siglas: F.V. = Fonte de variação; G.L. = Graus de liberdade; S.Q. = Soma de quadrado;
 Q.M. = Quadrado médio; F = Estatística do teste F

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados do teste de Tukey para os Fatores 1 (método de fotoativação) e 2 (compósito) respectivamente. Pela Tabela 2, pode-se observar que não houve diferença entre os métodos de fotoativação, independente do compósito empregado. Pela Tabela 3, pode-se observar que as restaurações confeccionadas com o compósito C1 apresentaram maior incidência de fendas marginais externas que as restaurações confeccionadas com os compósitos C2 e C3, independente do método de fotoativação empregado. A tabela 4 mostra os resultados da interação entre os fatores: compósito (C1, C2, C3) e métodos de fotoativação (AI, BI, SS, PD). Neste caso, não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o valor F de interação não foi significativo. As figuras 21 e 22 mostram espécimes representativos de situações com presença de fenda e selamento marginal perfeito, respectivamente.

Tabela 2. Médias e desvio padrão de formação de fendas superficiais (fenda%) em relação ao método de fotoativação empregado.

Método de fotoativação	Médias
Alta Intensidade (AI)	8,07667 a
Baixa Intensidade (BI)	1,32900 a
Soft Start (SS)	5,56667 a
Pulse Delay (PD)	3,41367 a

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% (DMS1 = 7.38337)

Tabela 3. Médias e desvio padrão de formação de fendas superficiais (fenda%) em relação ao compósito experimental empregado.

Compósito	Médias
C1	13,39925 a
C2	00,39025 b
C3	00,00000 b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% (DMS2 = 5.8212)

Tabela 4. Médias e desvio padrão de formação de fendas superficiais (fenda%) em relação a interação método de fotoativação x compósito experimental.

	C1	C2	C3
Alta Intensidade	22,6	1,5	0,0
Baixa Intensidade	04,0	0,0	0,0
Soft Start	16,7	0,0	0,0
Pulse Delay	10,2	0,0	0,0

Não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o valor de F para a interação não foi significativo

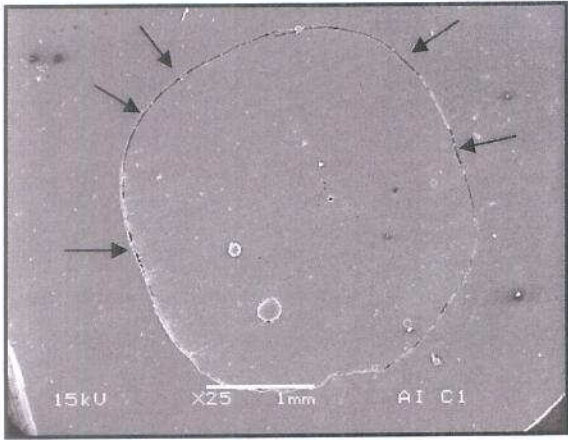


Figura 21. Fotomicrografia de restauração do grupo AI C1. Fendas podem ser visualizadas nas margens (setas).

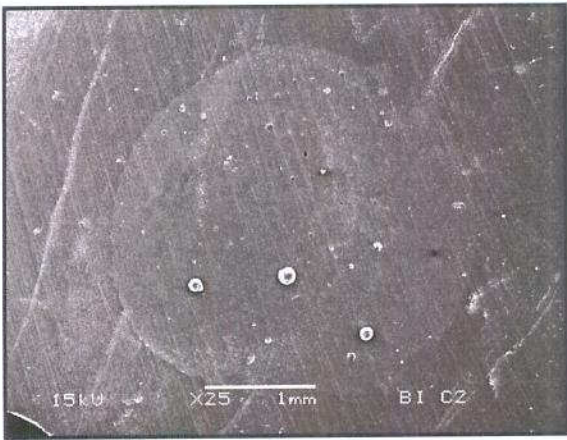


Figura 22. Fotomicrografia de restauração do grupo BI C2. Selamento perfeito das margens pode ser visualizado.

Os resultados da formação de fendas internas foram similares aos observados para as fendas internas, seguindo o mesmo padrão. Sendo assim, no Quadro 2 pode-se observar os resultados da análise de variância para os dados de adaptação interna. Também neste caso, apenas o Fator 2 (compósito) foi significativo. O Fator 1 (métodos de fotoativação) e a interação entre os fatores não foram significativos. A análise das médias por fator (Tabelas 5 e 6) revelaram que não houve diferença entre os métodos de fotoativação, independente do compósito empregado (Tabela 5) e que a maior incidência de fendas internas ocorreu para C1, cuja média foi significativamente maior que as observadas para C2 e C3 (Tabela 6). A Tabela 7 mostra, a título de ilustração, os

resultados da interação entre os fatores: compósito (C1, C2, C3) e métodos de fotoativação (AI, BI, SS, PD). Também neste caso, não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o valor F para a interação não foi significativo. As figuras 23, 24 e 25 mostram regiões representativas de áreas com fenda e com selamento perfeito.

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 (métodos de fotoativação)	3	1584.92607	528.30869	1.3413	ns
Fator 2 – F2 (compósito)	2	8076.00442	4038.0022	10.2522	**
Interação F1xF2	6	2156.47293	359.41216	0.9125	ns
Tratamentos	11	11817.40343	1074.3094	2.7276	**
Resíduo	228	89801.54333	393.86642		
Total	239	101618.9467			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

Siglas: 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 5. Médias de formação de fendas internas em relação ao método de fotoativação empregado.

Método de fotoativação	Médias
Alta Intensidade (AI)	39,66 a
Baixa Intensidade (BI)	35,13 a
Soft Start (SS)	34,22 a
Pulse Delay (PD)	32,80 a

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ($DMS1 = 9,37145$)

Tabela 6. Médias de formação de fendas internas em relação ao compósito experimental empregado.

Compósito	Médias
C1	43,63 a
C2	30,80 b
C3	31,93 b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% (DMS2 = 7,39564)

Tabela 7. Médias de formação de fendas superficiais em relação a interação método de fotoativação x compósito experimental.

	C1	C2	C3
Alta Intensidade	45,99 (21,94)	37,89 (23,83)	35,16 (17,76)
Baixa Intensidade	41,64 (16,44)	32,20 (19,61)	31,55 (21,54)
Soft Start	48,14 (16,71)	22,80 (20,18)	31,73 (21,50)
Pulse Delay	38,75 (17,64)	30,35 (22,04)	29,29 (17,25)

Não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o valor de F para a interação não foi significativo

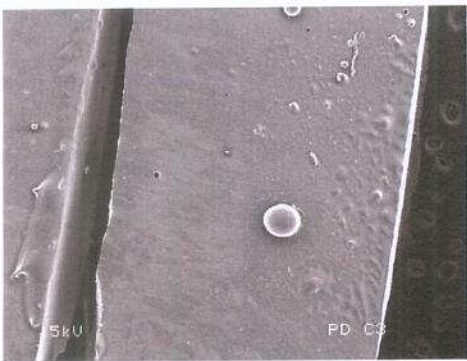


Figura 23. Fotomicrografia de espécime do grupo PD C3. A secção mostra restauração com perfeito selamento interno. Nenhuma descontinuidade é observada na interface dente/restauração (aumento 33X)

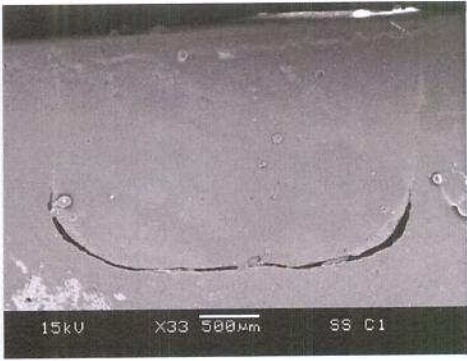


Figura 24. Fotomicrografia de espécime do grupo SS C1. A secção mostra restauração com fendas, que localizam-se principalmente na parede pulpar e ângulos axio-pulpaes da restauração (aumento 33X)

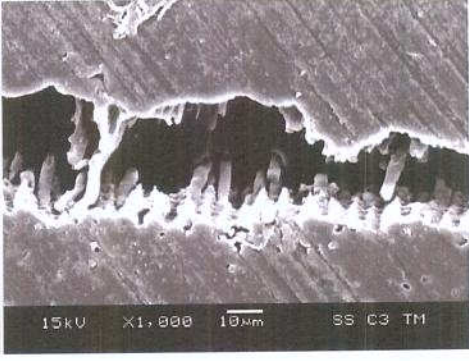


Figura 25. Fotomicrografia de uma fenda interna com aumento de 1000X.

6. Discussão

A boa adaptação marginal das restaurações em compósito odontológico é um fator primordial para seu sucesso clínico. A estética e a longevidade dessas restaurações são diretamente influenciadas pela qualidade e durabilidade da adaptação marginal. A falta de selamento nas restaurações em compósito pode acarretar em infiltração marginal, que é a passagem de fluidos bucais e/ou bactérias na interface dente-restauração, favorecendo o aparecimento de cárie recorrente, manchamento e sensibilidade pós-operatória, afetando dessa forma, a durabilidade das restaurações. (KIDD, 1976).

Entretanto, testes de microinfiltração não têm sido aceitos como preditores de falhas nas restaurações. Nesse sentido a determinação da presença de fendas parece ser mais confiável, uma vez que as fendas são consideradas o primeiro sinal de falha, a qual pode ser clinicamente evidenciada por manchamento marginal (ALONSO ET AL., 2004; DIETSCHI ET AL., 1993).

Neste estudo, considerando-se a formação de fendas nas margens tanto externas quanto internas, foi observada diferença significativa entre os compósitos experimentais, independente do método de fotoativação utilizado, sendo que C1 apresentou porcentagem de fendas significativamente superior a C2 e C3. Não houve diferença significativa entre os métodos de fotoativação. A maioria dos espécimes, especialmente para os compósitos C2 e C3 mostrou perfeito selamento das margens externas, o que foi atribuído a sua completa localização em esmalte, uma estrutura altamente mineralizada, que permite uma união resistente e estável utilizando-se a técnica de condicionamento ácido total. Esses resultados corroboram com aqueles encontrados por CORRER ET AL. (2005) e ALONSO ET AL. (2006). Considerando a formação de fendas internas, pôde-se notar que estas ocorreram com maior frequência no ângulo axiopulpar e na parede pulpar. Desadaptação no ângulo pode ser atribuída a dificuldade de acomodação do compósito restaurador nesta região (FINITOS). Adicionalmente, a concentração de tensões no ângulo e nos defeitos contribui para a desadaptação (CORRER ET AL., 2005). Na parede pulpar, as fendas são atribuídas à dificuldade de adesão, pelo aumento do número de túbulos, e no diâmetro tubular e proporcional redução da área de dentina intertubular. Estas condições favorecem as tensões de contração superarem a resistência de união.

De um modo geral, pode-se afirmar que a origem das 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). Nesse estudo, os espécimes não foram submetidos a nenhuma tensão externa e o procedimento adesivo foi padronizado para todos os grupos, para que a fonte de variação da formação de fendas fosse apenas a tensão de contração dos compósitos testados, de modo a estudar os efeitos da concentração de fotoiniciadores e da técnica de fotoativação. Entretanto, apesar dos cuidados tomados na padronização na confecção dos espécimes, cabe ressaltar que uma alta variabilidade dos dados é característica de estudos de formação de fendas. Isto porque o substrato dental apresenta uma grande variabilidade, tanto entre os dentes quanto internamente, em suas características intrínsecas e que influenciam na união dos compósitos. Isto pode ser comprovado ao se observar que dentro de um mesmo grupo podem ser encontrados espécimes com perfeito selamento de margens e espécimes com fendas em quase toda a margem/interface.

A concentração de fotoiniciadores é um parâmetro primordial para fundamentar as características de polimerização de um compósito e, por consequência, sua união com o substrato dental (PARK ET AL., 1999; MOIN JAN ET AL., 2001; NEUMANN ET AL., 2006; ALONSO ET AL., 2008). Em geral, a concentração de fotoiniciadores e agentes redutores nos compósitos odontológicos é fixada pelos fabricantes para cada produto comercial. Esta concentração varia de produto para produto e seus efeitos nas características de polimerização do compósito e nas restaurações dentais ainda não foram completamente elucidados.

Neste estudo, observou-se que a variação na concentração dos fotoiniciadores nos materiais restauradores afetou significativamente a formação de fendas marginais e internas, sendo que o compósito C1, com menor concentração de fotoiniciadores, apresentou incidência de fendas significativamente superior a C2 e C3. ALONSO ET AL., em 2008, já puderam constatar que a concentração dos fotoiniciadores tem grande influência em nas características de polimerização dos compósitos resinosos. A presença de maior quantidade de fotoiniciadores permite a geração de maior quantidade de radicais

livres, o que gera aumento no grau de conversão. Em seu estudo, utilizando as mesmas formulações dos compósitos do presente estudo, ALONSO ET AL. (2008), observaram redução significativa do grau de conversão quando C1 (0,5% de fotoiniciadores) foi comparado a C3 (1,5% de fotoiniciadores), sendo apontada uma tendência de redução do grau de conversão com a redução da concentração de fotoiniciadores, ou seja, valores menores para C1, valores intermediários para C2 e valores maiores para C3. Neste sentido, a princípio seria de se esperar que o compósito com maior grau de conversão (e por conseqüência, maior contração e maior módulo de elasticidade) apresentasse restaurações com maior incidência de fendas. Entretanto, o resultado observado foi justamente o oposto, o compósito com menor concentração de fotoiniciadores foi o que apresentou restaurações com mais fendas. Este fato pode ser atribuído a uma possível formação polimérica deficiente. O material mal polimerizado não apresentaria união adequada ao sistema de união, propiciando desta forma formação de fendas (SVIZERO ET AL, 2005). Isto pôde ser visualizado em alguns espécimes, nos quais se observou uma clara separação entre o compósito restaurador e o sistema de união. Uma fotomicrografia ilustrativa deste fato pode ser observada na figura 26.



Figura 26. Fotomicrografia indicando a fenda formada entre o compósito restaurador e a camada de adesivo.

A concentração de fotoiniciadores em um compósito deve ser suficiente para garantir polimerização adequada e determinar esta concentração para cada formulação de compósito é de grande importância para a prática clínica. Isto porque uma polimerização inadequada tem conseqüências sérias no que ser

refere a biocompatibilidade, pela liberação de monômeros residuais, e a durabilidade da restauração pela redução de propriedades mecânicas, aumento do desgaste, etc. GEURTSSEN ET AL (1998) mostrou que a canforoquinona e o TEGDMA são liberados por resinas polimerizadas com relativa facilidade em ambiente aquoso e que esses componentes podem ser tóxicos aos tecidos quando presentes em maiores concentrações. Adicionalmente, problemas de adesão, como os observados no presente estudo também podem estar presentes em restaurações de compósito com polimerização inadequada. Considerando as características estéticas, a concentração de fotoiniciadores deveria ser a mais baixa possível, devido ao amarelamento causado pela CQ, que pode dificultar a adaptação da cor do compósito a dos dentes naturais e à tendência de descoloração interna causada pela amina (MOIN JAN ET AL., 2001; PARK, CHAE & RAWLS, 1999). Desta forma, considerando que o grau de conversão para C2 e C3 não é significativamente diferente (ALONSO ET AL., 2008) e que a formação de fendas para ambos os grupos é similar, pode-se indicar que a melhor concentração de fotoiniciadores para esta formulação de compósito é de 1% (C2).

Outro fator em análise neste estudo foi o método de fotoativação. A intensidade luminosa tem influência direta na velocidade de polimerização, o que, por sua vez, se relaciona ao desenvolvimento das tensões de contração (KINOMOTO ET AL., 1999). A alta velocidade de reação, comum aos compósitos fotoativados, 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 são responsáveis por falhas imediatas na adaptação das restaurações de compósito (DAVIDSON & FEILZER, 1997). Neste sentido a utilização de baixa intensidade luminosa ou de métodos modulados de fotoativação poderia ser conveniente pela possível redução da taxa de polimerização por segundo, o que favorece um desenvolvimento mais lento das tensões de contração. Diversos estudos apontam para efeitos benéficos da redução ou modulação da intensidade luminosa no que se refere a redução da tensão de contração ou retardamento de seu desenvolvimento e melhora na adaptação das restaurações de compósito. (ERNST *et al.*, 2000; UNO & ASMUSSEN, 1991; YOSHIKAWA *et al.*, 2001; ALONSO *et al.*, 2004; KORAN & KÜRSCHNER, 1998; LIM

ET AL., 2002; UNTERBRINK & MUESSNER, 1995; CUNHA *et al.*, 2004; CUNHA *et al.*, 2006; CUNHA *et al.*, 2007)

Neste estudo, entretanto, não foi observada evidência de que os métodos alternativos pudessem contribuir positivamente para a adaptação das restaurações. O que corrobora com outros estudos.

Neste sentido, de acordo com os resultados do presente estudo, a alteração da cinética de polimerização observada com a modulação da intensidade luminosa, que permite o prolongamento do período visco elástico e acarreta em desenvolvimento mais lento da tensão de contração não exerce influência na formação de fendas. O fator determinante não seria o modo como a energia é transmitida ao sistema, mas sim a dose total, de modo que compósitos fotoativados com a mesma dose de energia apresentam o mesmo padrão de desenvolvimento de fendas. A explicação para este fato reside no fato de que o valor total de contração volumétrica de um compósito e a tensão máxima desenvolvida no sistema dependem do grau de conversão do compósito, o que em última análise depende da dose de energia. De acordo com ALONSO ET AL. (2008) não há diferença significativa no grau de conversão dos compósitos quando diferentes métodos de fotoativação, mas com mesma dose de energia, são empregados.

Desta forma, pode-se concluir que a formação de fendas nas restaurações de compósito é regida pelo tipo de compósito (com especial ênfase na sua composição) e pela interação do material com o substrato dental, sendo que o modo como a polimerização dos compósitos ocorre não tem papel decisivo neste parâmetro.

7. Conclusões

- 1) Métodos modulados de fotoativação não reduziram a formação de fendas nas restaurações de compósito.
- 2) Diferentes concentrações do fotoiniciadores afetam a formação de fendas nas condições analisadas.
- 3) A incidência de fendas marginais e internas aumenta em compósitos com concentração reduzida de fotoiniciadores.

8. Referências Bibliográficas

ALONSO, R.C.B. *et al.* Photoinitiator Concentration and Modulated-Photoactivation: Influence on Polymerization Characteristics of Experimental-Composites. In: 86th General Session & Exhibition of the IADR, 2008, Toronto ON Canadá. **Journal of Dental Research CD ROM of Abstracts**, 2008. v. 86, 2008.

ALONSO, R.C.B. *et al.* Association of photoactivation methods and low modulus liners on marginal adaptation of composite restorations. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v.62, p.298-304, Dec. 2004.

ALONSO, R.C.B. *et al.* Dye staining test: an alternative method for assessing gap formation in composite restorations - Validating the method. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v.64, p.141-145, 2006A.

ALONSO, R.C.B. *et al.* Relationship between bond strength and marginal and internal adaptation of composite restorations photocured by different methods **Acta Odontol Scand**, Oslo, v.64, p.306-313, 2006B.

ASMUSSEN, E. Composite restorative resins. Composition versus wall-to-wall polymerization contraction. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v.33, n.6, p.337-344, 1975.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. Direction of shrinkage of light-curing resin composites. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v.57, n.6, p.310-315, Dec. 1999.

ATAI M, WATTS DC. A new kinetic model for the photopolymerization shrinkage-strain of dental composites and resin-monomers. **Dent Mater**, Washington, v.22, n.8, p.785-791, 2006.

BOUSCHLICHER, M.R. *et al.* 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, 2000.

BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res**, Washington, v.34, n.6, p.849-853, Dec. 1955.

CARVALHO, R.M. *et al.* A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. **Oper Dent**, Seattle, v.21, n.1, p.17-24, Jan./Feb. 1996.

CHRISTENSEN, R.P. *et al.* Resin polymerization problems – are they caused by resin curing lights, resin formulations, or both? **Compend Cont Educ Dent**, v.20, n.25, p. 42-54, 1999.

CORRER, G.M. *et al.* Marginal and internal adaptation of composite restorations using a resin liner on deproteinized substrate. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v.63, p.227-232, 2005.

CUNHA, L.G. *et al.* Modulated photoactivation methods: Influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite restoratives.. *Journal of Dentistry*, v. 35, p. 318-324, 2007.

CUNHA, L.G. *et al.* Effect of resin liners and photoactivation methods on the shrinkage stress of a resin composite.. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, Estados Unidos, v. 18, n. 1, p. 29-37, 2006.

CUNHA, L.G. *et al.* Effect of photoactivation methods and base materials on the stress generated by the polymerization shrinkage of a resin composite.. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, Piracicaba - SP, v. 3, n. 11, p. 606-614, 2004.

CUNHA, L.G. *et al.* 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.

DA CUNHA MELLO, F.S. *et al.* Sealing ability of eight resin bonding systems in a class II restoration after mechanical fatiguing. **Dent Mater**, Washington, v. 13, p.372-376, 1997.

DAVIDSON, C.L. *et al.* The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. **J Dent Res**, Washington, v.63, n.12, p.1396-1399, Dec. 1984.

DAVIDSON, C.L.; de GEE, A.J. Relaxation of polymerization contraction stresses 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 stress in polymer-based restoratives. **J Dent**, Bristol, v.25, n.6, p.435-440, Nov. 1997.

DIETSCHI, D. *et al.*. An *in vitro* study of parameters related to marginal and internal seal of bonded restorations. **Quintessence Int**, v.24, p.281-289, 1993.

ERNST, C.P. *et al.* 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. *et al.* 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.

FEILZER, A.J. *et al.* Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations. **Dent Mater**, Washington, v.6, n.3, p.167-171, July 1990.

FEILZER, A.J. *et al.* 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.

FRIEDL, K.H. *et al.* Marginal adaptation of class V restorations with and without "softstart-polymerization". **Oper Dent**, Seattle, v.25, n.1, p.26-32, Jan./Feb. 2000.

HALVORSON, R.H. *et al.* Energy dependent polymerization of resin based composite. **Dent Mater**, Washington, v.18, n.6, p.463-469, Sept. 2002.

HASEGAWA, T. *et al.* Effects of soft-start irradiation on the depth of cure and marginal adaptation to dentin. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n.4, p.389-395, July/Aug. 2001b.

IRIE, M. *et al.* Marginal gap formation of light-activated restorative materials: effects of immediate setting shrinkage and bond strength. **Dent Mater**, Washington, v.18, n.1, p.203-210, May 2002.

KEMP-SCHOLTE, C.M. *et al.* Marginal integrity related to bond strength and strain capacity of composite resin restorative systems. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.64, n.6, p.658-664, Dec. 1990.

KEMP-SCHOLTE, C.M.; DAVIDSON C.L. Complete marginal seal of class V resin composite restorations effected by increased flexibility. **J Dent Res**, Washington, v.69, n.6, p.1240-1243, June 1990.

KIDD, EA. Microleakage in relation to amalgam and composite restoration – A laboratory study. **Br Dent J**, London, v.141, n.10, p.305-310, Nov. 1976.

KINOMOTO, Y. *et al.* Comparison of polymerization contraction stresses between self- and light-curing composites. **J Dent**, Bristol, v.27, n.5, p.383-389, July 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.

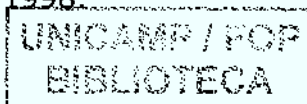
LIM, B.S. *et al.* Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. **Dent Mater**, Washington, v.18, p.436-444, 2002.

LUTZ, F. *et al.* Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. **Dent Mater**, Washington, v.7, n.2, p.107-113, Apr. 1991.

MARSHALL JR., G.W. Dentin: Microstructure and characterization. **Quintessence Int**, Berlin, v.24, n.9, p.606-617, June 1993.

MARSHALL Jr, G.W. *et al.* The dentin substrate: structure and properties related to bonding. **J Dent**, v.25, p.441-458, 1997.

MARTIN, F.E. A survey of the efficiency of visible light curing units. **J Dent**, Bristol, v.26, n.3, p.239-243, Mar. 1998.



MEHL, A. *et al.* 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.

MIYAZAKI, M. *et al.* Effect of light exposure on fracture toughness and flexural strength of light-cured composites. **Dent Mater**, Washington, v.12, n.6, p.328-332, Nov. 1996.

MIYAZAKI, M. *et al.* Evaluation of curing units used in private dental offices. **Oper Dent**, Seattle, v.23, n.2, p.50-54, Mar./Apr. 1998.

MOIN JAN C, NOMURA Y, URABE H, OKAZAKI M SHINTANI H. The relationship between leachability of polymerization initiator and degree of conversion of visible light-cured resin. **J Biomed Mater Res (Appl Biomater)**, V.58, n.1, p.42-46, 2001.

MOMOI, Y. *et al.* Gradual increases in marginal leakage of resin composite restorations with thermal stress. **J Dent Res**, v.69, p.1659-1663, 1990.

NEUMANN MG, SCHMITT CC, FERREIRA GC, CORREA IC. The initiating radical yields and the efficiency of polymerization for various dental photoinitiators excited by different light curing units. **Dent Mater**, Washington, v.22, n.6, p.576-84, Jun 2006.

OBICI, A.C. *et al.* Effect of photo-activation meted on polymerization shrinkage of restorative composites. **Oper Dent**, Seattle, v.27, n.2, p.192-197, Mar 2002.

PARK YJ, CHAE KH, RAWLS HR. Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. **Dent Mater**, Washington, v.15, n.2, p.120-127, 1999.

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

PILO, R. *et al.* A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. **J Dent**, Bristol, v.27, n.3, p.235-241, Mar. 1999.

SABBAGH, J. *et al.* Dynamic and static moduli of elasticity of resin-based materials. **Dent Mater**, Washington, v.18, n.1, p.64-71, Jan. 2002.

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

SAKAGUCHI, R.L.; BERGE, H.X. Reduced light energy density decreases post-geol contraction while maintaining degree of conversion in composites. **J Dent**, Bristol, v.26, n.8, p.695-700, Nov. 1998.

SHARKEY, S. *et al.* Surface hardness of light-activated resin composites cured by two different visible-light sources: an in vitro study. **Quintessence Int**, Berlin, v.23, n.5, p.401-405, May 2001.

SILIKAS, N. *et al.* Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. **Dent Mater**, Washington, v.16, n.4, p.292-296, July 2000.

SVIZERO, N. *et al.* Liner and light exposure: effect on in-vitro Class V microleakage. **Oper Dent**, Seattle, v.30, n.3, p.325-30, May 2005..

UNO, S.; ASMUSSEN, E. Marginal adaptation of restorative resin polymerized at reduced rate. **Scand J Dent Res**, Copenhagen, v.99, n.5, p.440-444, Oct. 1991.

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

VANDEWALLE, K.S. *et al.* Effect of energy density on properties and marginal integrity of posterior resin composite restorations. **Dent Mater**, Washington, v.20, n.2, p.96-106, Mar 2000

WATTS, D.C.; al HINDI, A. Intrinsic 'soft-start' polymerization shrinkage-kinetics in an acrylate-based resin-composite. **Dent Mater**, Washington, v.15, n.1, p.39-45, Jan. 1999.

YOSHIKAWA, T. *et al.* A light curing method for improving marginal sealing and cavity wall adaptation of resin composite restorations. **Dent Mater**, Washington, v.17, n.4, p.359-366, July 2001.

