

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
ÁREA MATERIAIS DENTÁRIOS

ANDRÉ FURLAN DA SILVA PREZOTTO

Influência da relação partícula de vidro e partícula cerâmica nas propriedades
de compósitos dentais

Orientador: Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

PIRACICABA

2011



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
ÁREA MATERIAIS DENTÁRIOS



ANDRÉ FURLAN DA SILVA PREZOTTO

**Influência da relação partícula de vidro e partícula cerâmica nas
propriedades de compósitos dentais**

PIRACICABA

2011

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

P929i Prezotto, André Furlan da Silva, 1986-
Influência da relação partícula de vidro e partícula
cerâmica nas propriedades de compósitos dentais /
André Furlan da Silva Prezotto. -- Piracicaba, SP:
[s.n.], 2011.

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

1. Fotopolimerização. 2. Monômeros. I. Sinhoreti,
Mário Alexandre Coelho, 1969- II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de
Piracicaba. III. Título.

Dedicatória

Dedico esse trabalho de conclusão as pessoas que sempre me apoiaram nessa vida, que são: Carlos (pai), Fátima (mãe), Isabel e Clementina (avós) e José (avô), que me educaram e me ensinaram a ser quem eu sou e agradeço muito a eles por ser assim. Obrigado.

Agradecimentos

A meus pais, Fátima e Carlos, por me ensinarem a persistir em meus sonhos.

Meus avós, Clementina, Isabel e José, que ajudaram muito em minha educação e formação como pessoa.

Meus irmãos Gustavo e Danilo que apesar de tudo sempre me ajudaram e me apoiaram em minha jornada.

Meus amigos que criei na faculdade como André Pinho, Tiago Tavares, Bruno Zen, Roberto Dinelli, Daniel Pereira, Moises Nogueira, Rodrigo Cunha, Bruno Biraes, Igor Claes e todos os outros que me proporcionaram os melhores anos de minha vida.

Agradeço ao Dr. William Cunha Brandt por me ajudar com o projeto, por ser um parceiro na parte laboratorial e por me ajudar sempre com disponibilidade e paciência para me ensinar novos conhecimentos.

E agradeço especialmente meu orientador Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti por ter me dado a oportunidade de fazer um trabalho científico na Área Materiais Dentários e por ter me ajudado em todos os momentos.

Agradeço a Instituição CNPq pela bolsa concedida e pela oportunidade de pesquisa nesta área.

“As pessoas que vencem neste mundo são as que procuram as circunstâncias de que precisam e, quando não as encontram, as criam.”

Bernard Shaw

Resumo

O estudo avaliou a influência da relação partícula de vidro e partícula cerâmica na Dureza Knoop (DK), Resistência à Compressão Diametral (RCD) e Módulo Diametral (MD) de compósitos fotoativados por diferentes métodos. Uma mistura de BisGMA, BisEMA, UDMA e TEGDMA foi preparada com o sistema fotoiniciador canforoquinona/amina. Um total de 60wt% de partículas de carga silanizada foi acrescentado. A partir dessa composição, 4 tipos de compósitos com diferenças na relação entre partículas de carga foram preparados. Desse total de 60wt% de partículas de carga a relação de BaAlSi com 0,5um/SiO₂ com 0,04um foi respectivamente em wt%: G1-100/0, G2-90/10, G3-80/20 e G4-70/30. Durante a confecção das amostras, 3 métodos de fotoativação foram usados: C-Luz Contínua, SS-*Soft-Start* e PD-*Pulse Delay*. O LED FreeLight2 foi usado para a fotoativação. Amostras (n=10) com 2mm de diâmetro foram feitas para o teste de DK. Para o teste de RCD e MD, amostras (n=10) com 2mm de altura e 4mm de diâmetro foram feitas e avaliadas em EMIC. ANOVA e teste de Tukey foram realizados. As médias de DK em KHN revelaram que G4(27,4) e SS(27,6) produziram os maiores valores, enquanto G1(24,7) e PD(25,6) os menores. Para RCD em MPa, G3(37,1) mostrou os maiores valores e G1(29,2) os menores. Os métodos de fotoativação não causaram diferenças. Para MD em MPa, G1(395), C(386) e SS(365) mostraram os maiores valores e G3(322) e PD(309) os menores. Pode concluir que quanto menor a relação partícula de vidro e partícula cerâmica, maior é a DK e RCD, porém menor é o MD. O método PD produziu os menores valores de DK, RCD e MD.

Palavra-chave: Partículas de cerâmica, métodos de fotoativação e partículas de vidro.

Abstract

The study evaluated the relationship of glass and ceramic filler particles in the Knoop hardness (KH), diametral tensile strength (DTS) and diametral modulus (DM) of composites photo-activated by different methods. A blend of BisGMA, BisEMA, UDMA and TEGDMA was prepared with the photo-initiator system camphorquinone/amine. Was added 60wt% of silanized filler particles. From this composition, four kinds of composites were produced. The composites produced were: G1 – 100wt% of BaAlSiO₂; G2 – 90wt% of BaAlSiO₂ and 10wt% of SiO₂; G3 – 80wt% of BaAlSiO₂ and 20% of SiO₂; G4 - 70wt% of BaAlSiO₂ and 30% of SiO₂. Three photo-activation methods were used for the polymerization: Continuous light – CL; Soft start – SS; Pulse delay – PD. The LED freeLight 2 was used for photo-activation. Ten samples with 2 mm in diameter were made for the KH test. For the DTS and DM test, samples with 2 mm in height and 4 mm in diameter were made and evaluated in EMIC. ANOVA and Tukey's test were performed. KH values (KHN) shown that G4 (27.4) and SS (27.6) obtained the highest values, while G1 (24.7) and PD (25.6) the lowest. For DTS (MPa), G3 (37.1) showed the highest values and G1 (29.2) the lowest. The photo-activation methods showed no differences. For DM (MPa), G1 (395), CL (386) and SS (365) showed the highest values and G3 (322) and PD (309) the lowest. Can be conclude, that the lower ratio of glass and ceramic filler particles showed the higher KH and DTS values, but the lower DM. The photo-activation method PD produced the lowest KH, DTS and DM values.

Word key: glass filler particles, ceramic filler particles and photo-activation method.

Sumário

Introdução.....	1
Proposição	2
Materiais e Métodos.....	2
Caracterização da fonte de luz utilizada.....	4
Confecção das amostras para análise através do ensaio de dureza Knoop.....	4
Avaliação da eficiência de fotoativação.....	5
Resistência à compressão diametral.....	6
Módulo de elasticidade (Módulo diametral).....	7
Análise estatística.....	7
Resultados.....	7
Discussão.....	9
Conclusão.....	11
Referencia Bibliográfica.....	11

INTRODUÇÃO

Muitas alterações na composição de compósitos dentais ocorreram desde a introdução do dimetacrilato BisGMA por Bowen em 1962 [1]. Essas mudanças se deram tanto na matriz orgânica, como nas partículas inorgânicas de tais compósitos. Nos últimos anos, as principais mudanças ocorreram principalmente nas partículas de carga usadas.

A classificação dos compósitos dentais mostra a evolução ocorrida, pois essa classificação tem como principal consideração o tipo de partícula de carga utilizada. Hoje, os compósitos dentais podem ser classificados como: Macro-particulados, micro-particulados, híbridos, micro-híbridos e nano-particulados.

Muitos estudos relatam a influência que as partículas de carga possuem sobre as propriedades de compósitos odontológicos, sendo que a quantidade incorporada pode possuir relação com a resistência do material, módulo de elasticidade, resistência ao desgaste e contração de polimerização, enquanto o tamanho das partículas está relacionado com a facilidade e manutenção do polimento [1-5]. Mas apesar do grande número de pesquisas realizadas sobre tal assunto, muitas dúvidas ainda permanecem. Pesquisadores constantemente fazem combinações de diferentes tipos de cargas ou até mesmo diferentes geometrias, tamanhos e quantidade de cargas a ser usada, a fim de conseguir a melhor propriedade possível da combinação, matriz orgânica e partículas de carga [3-5, 7].

Ultimamente, o mercado é dominado por dois grupos principais de compósitos. Os micro-híbridos e os nano-particulados. Quase todos compósitos comercializados se incluem nessas classificações, pois são materiais que alcançaram propriedades mecânicas e estéticas desejáveis, podendo ser usados tanto em dentes posteriores como anteriores [8].

Apenas uma empresa possui a tecnologia necessária para a fabricação de compósitos verdadeiramente nano-particulados, dessa forma, outras empresas fazem uma combinação de partículas de vidro muito pequenas ($\sim 0,5 \mu\text{m}$) com partículas cerâmicas ($\text{SiO}_2 \sim 0,04 \mu\text{m}$), afim de conseguir boas propriedades mecânicas aliadas a um bom polimento.

Porém, a incorporação de partículas cerâmicas fica limitada a uma pequena quantidade, devido ao seu tamanho muito pequeno e conseqüentemente, a sua grande área superficial.

Dessa forma, o estudo tem como objetivo, verificar a influência da relação partícula de vidro e partícula cerâmica nas propriedades de compósitos dentais.

PROPOSIÇÃO

O objetivo desse estudo foi avaliar a interferência causada por diferenças na porcentagem de dois tipos de partículas de carga (BaAlSi ou SiO₂) quando diferentes métodos de fotoativação são usados.

MATERIAIS E MÉTODO

Materiais

Para a realização da pesquisa foram utilizados quatro compósitos experimentais com composições diferentes, onde a única diferença entre eles foi a fase inorgânica de cada compósito.

A composição dos compósitos experimentais testados foi:

a. Matriz:

- Bisfenol glicidil dimetacrilato (BisGMA, Aldrich) - (25% em massa);
- Bisfenol A dimetacrilato etoxilado (Bis-EMA, Aldrich) – (34,5% em massa);
- Uretano dimetacrilato (UDMA, Aldrich) – (34,5% em massa);
- Trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA, Aldrich) - (6% em massa).

b. Sistema Fotoiniciador:

O sistema fotoiniciador utilizado foi a combinação da Canforoquinona (Aldrich) - CQ e uma Amina Terciária - Dimetilaminametilmacrilato (Aldrich). Os reagentes foram usados no percentual de 0,6/0,6% em massa, respectivamente.

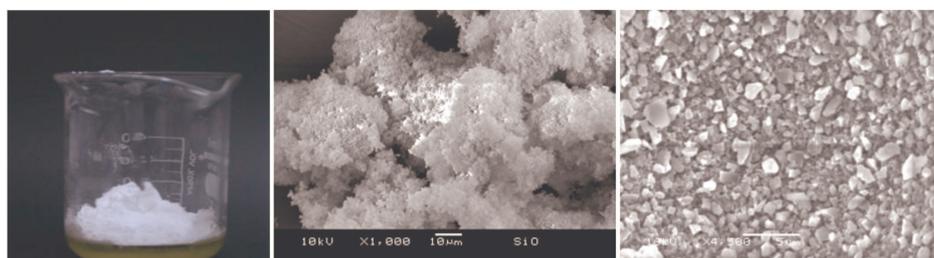
c. Carga:

Total de 60% em massa de partículas de carga silanizadas, sendo que foram utilizados dois tipos: BaAlSi (Bário Alumínio Silicato) com 0,5 μm de tamanho médio e SiO_2 (Sílica Coloidal) com 0,04 μm de tamanho médio.

Existiu uma variação na porcentagem dentro da composição do compósito entre os dois tipos de carga. A tabela 1 mostra cada tipo de compósito.

Tabela 1. Diferentes grupos testados com suas respectivas diferenças de quantidade de carga dentro do total de 60% em massa de partículas de carga.

Grupo	Percentual em massa de BaAlSi	Percentual em massa de SiO_2
100/0	100%	0%
90/10	90%	10%
80/20	80%	20%
70/30	70%	30%



Quanto à fonte de luz, foi utilizada uma fonte de luz emitida por diodos (LED) Freelight 2 (3M/ESPE, St Paul, MN 55144, EUA);



Método

Caracterização das fonte de luz utilizada: Avaliação da irradiância (mW/cm^2) e determinação do espectro emitido pela fonte de luz

O diâmetro da ponta de saída da luz foi aferido com um paquímetro digital (Mitutoyo, Japão). Assim, foi possível determinar a área da ponta de saída de luz.

A potência (mW) da fonte de luz foi mensurada por um medidor de potência Ophir 10A-V2-SH (Ophir Optronics, Har – Hotzvim, P.O.B. 45021, Jerusalém 91450, Israel) acoplado a um microprocessador NOVA (Ophir Optronics, Har – Hotzvim, P.O.B. 45021, Jerusalém 91450, Israel).



Com estes dados foi possível determinar a irradiância através do cálculo:

$$\text{Irradiância (mW/cm}^2\text{)} = \text{Potência (mW)} / \text{Área (cm}^2\text{)}$$

A distribuição do espectro emitido pela fonte de luz foi obtido com auxílio de um espectrômetro USB 2000 (Ocean Optics, Dunedin, FL, 34698, EUA), com um corretor cossenoidal, conectado a um computador.

Confecção das amostras para análise através do ensaio de dureza Knoop

Em uma matriz metálica, que possuía uma abertura circular central, o compósito foi inserido em incremento único. Os procedimentos de fotoativação foram

realizados de acordo com cada método. Três métodos de fotoativação foram utilizados para a fotoativação dos compósitos. A descrição desses métodos pode ser vista na Tabela 2. A altura do orifício da matriz foi de 2mm e o diâmetro 2mm. Todas as amostras foram confeccionadas em ambiente com temperatura controlada em 25°C, com variação de 1º C. Para cada grupo testado, foram confeccionadas dez amostras (n=10).

Tabela 2. Descrição dos métodos fotoativadores avaliados com os respectivos tempos e irradiâncias de fotoativação.

Método	Protocolo
Luz contínua	40s a 1000 mW/cm ²
Soft-start	10s a 150 mW/cm ² + 38s a 1000 mW/cm ²
Pulse Delay	5s a 150 mW/cm ² , seguidos de 3 minutos de espera (sem exposição) e 39s a 1000 mW/cm ²

Avaliação da eficiência de fotoativação

A avaliação da eficiência de fotoativação foi realizada, indiretamente, através do ensaio de dureza Knoop após 24 horas de estocagem em estufa a 37°C e ambiente seco e protegido de luz. Após a armazenagem, as superfícies tanto do topo como da base do compósito foram polidas com discos de carbeto de silício granulações 1200 numa politriz automática APL-4 (Arotec Ind. Com., Cotia – SP, 06709-150, Brasil), com irrigação abundante, prevenindo o aquecimento destas. Após o polimento as amostras

foram submetidas ao ensaio de dureza Knoop. O ensaio foi realizado em um durômetro (HMV-2000, Shimadzu, Tokyo 101, Japão), com aplicação de uma carga de 50 g durante 10 segundos. Os valores obtidos, em micrometros, foram transformados em valores de dureza Knoop (KHN) através de um “software” do durômetro. Para cada amostra, foram realizadas dez endentações (Cinco no topo e cinco na base): uma no centro da amostra e mais quatro a 1mm da primeira.



Resistência à compressão diametral

Para o teste de resistência à compressão diametral, matrizes com 4mm de diâmetro e 2mm de profundidade foram confeccionadas e carregadas em um único incremento com os diferentes compósitos. Uma fita de poliéster foi colocada no topo e no fundo da matriz metálica e o compósito foi pressionado manualmente usando duas superfícies planas. O material no molde foi fotoativado apenas de um dos lados obedecendo aos tempos de fotoativação para a manutenção da dose de energia entre os diferentes métodos de fotoativação. Após a fotoativação, o topo e a base do material foram polidos com discos de carbeto de silício de granulações 600 e 1200 em uma poliriz automática APL-4 (Arotec Ind. Com., Cotia – SP, 06709-150, Brasil), com irrigação abundante, prevenindo o aquecimento destas. As amostras foram armazenadas durante 24h em estufa a 37°C e ambiente seco e protegido de luz. Após 24h, as amostras (n=10) foram testadas usando uma máquina de ensaio universal (DL500 – EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brazil) a uma velocidade de 1mm/min.



Módulo de elasticidade (Módulo diametral)

Durante o teste de resistência à compressão diametral, um software presente na máquina de ensaios universal (DL500 – EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brazil) calculou o módulo de elasticidade das amostras. O módulo de elasticidade foi calculado a partir da porção elástica do gráfico tensão/deformação.

Análise estatística

Os valores obtidos para todos os testes foram submetidos separadamente à análise de variância dois fatores (método de fotoativação e composição da parte inorgânica dos compósitos) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5% de significância).

RESULTADOS

A Tabela 3 mostra os valores de dureza Knoop (DK), Resistência à compressão diametral (RCD) e Módulo diametral (MD).

Tabela 3. Médias e desvio padrão de dureza Knoop (DK) - KHN, Resistência à compressão diametral (RCD) - MPa e Módulo diametral (MD) – MPa.

	Carga	Contínua	Soft-Start	Pulse Delay
DK	100/0	23,5 (3,1) A,b	25,4 (3,6) A,b	25,1 (3,0) A,a
	90/10	26,8 (3,0) AB,ab	28,0 (2,4) A,ab	24,5 (4,0) B,a
	80/20	27,0 (3,6) AB,ab	27,7 (3,3) A,ab	25,4 (3,3) B,a
	70/30	27,3 (1,6) A,a	29,2 (4,5) A,a	27,2 (1,8) A,a
RCD	100/0	31,8 (2,9) A,a	27,3 (5,5) A,b	28,4 (5,4) A,b
	90/10	33,1 (4,3) AB,a	37,6 (3,9) A,a	31,1 (5,9) B,b
	80/20	37,1 (5,6) A,a	36,3 (5,5) A,a	38,0 (3,1) A,a
	70/30	33,0 (5,3) A,a	34,6 (6,0) A,a	39,9 (3,7) A,a
MD	100/0	420,4 (82,4) A,a	430,8 (87,0) A,a	333,3 (73,1) B,a
	90/10	413,9 (61,1) A,a	381,5 (40,2) A,ab	312,8 (58,0) B,a
	80/20	381,5 (64,9) A,ab	309,0 (50,3) B,b	273,9 (28,9) B,a
	70/30	327,4 (108,0) A,b	337,2 (27,2) A,b	317,0 (47,6) A,a

Letras maiúsculas comparação na linha. Letras minúsculas comparação na coluna. Letras diferentes entre si, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%)

A fotoativação contínua e soft-start produziram os maiores valores de DK para o compósito 70/30 e os menores valores de DK para 100/0, enquanto 90/10 e 80/20 obtiveram resultados intermediários. Quando pulse delay foi usado para a fotoativação, nenhuma diferença de DK foi encontrada.

Os compósitos 90/10 e 80/20 obtiveram os maiores valores de DK quando fotoativados com soft-start e os menores valores de DK com pulse delay, enquanto a fotoativação com a luz contínua produziu valores intermediários de DK. Os compósitos 100/0 e 70/30 não obtiveram nenhuma diferença estatística, quando utilizado qualquer tipo de fotoativação.

Luz contínua não provocou nenhuma diferença estatística de RCD entre os diferentes compósitos avaliados. Soft-start produziu menores valores de RCD para o compósito 100/0, enquanto que pulse delay produziu os menores valores de RCD para os compósitos 100/0 e 90/10.

Os diferentes métodos de fotoativação não provocaram diferenças de RCD nos compósitos 100/0, 80/20 e 70/30. Porém, o compósito 90/10 obteve maiores valores de RCD quando soft-start foi usado ao invés de pulse delay e a luz contínua produziu valores intermediários de RCD.

A luz contínua produziu os maiores valores de MD para os compósitos 100/0 e 90/10 e os menores valores para 70/30, enquanto 80/20 obteve resultados intermediários. Soft-start produziu os maiores valores de MD para o compósito 100/0 e os menores valores para 80/20 e 70/30, enquanto 90/30 obteve resultados intermediários. Pulse delay não produziu diferenças nos valores de MD para os compósitos com diferentes relações de carga.

Os compósitos 100/0 e 90/10 obtiveram os maiores valores de MD quando fotoativados com luz contínua e soft-start e os menores valores de MD com pulse delay. Quando fotoativado com luz contínua, o compósito 80/20 obteve os maiores valores de MD que quando fotoativado com soft-start e pulse delay. Não existiu diferenças para 70/30 quando qualquer método de fotoativação foi usado.

DISCUSSÃO

O desenvolvimento, e conseqüentemente, a evolução dos compósitos dentais está diretamente relacionado ao tipo e ao conteúdo de partículas de carga. A incorporação de tais partículas pode diminuir a contração do material pela substituição de parte da matriz orgânica, assim como melhorar o comportamento desse material frente a desafios mecânicos [9-13].

Este estudo demonstrou que a diferença na relação entre a quantidade em massa de partículas de vidro e partículas cerâmicas pode influenciar nos resultados de dureza Knoop (DK), resistência à compressão diametral (RCD) e módulo diametral (MD) de compósitos quando fotoativados por diferentes métodos de fotoativação.

Alguns trabalhos relacionam valores de DK a resultados de grau de conversão [14]. Dessa forma, verificou-se que os compósitos 90/10 e 80/20 produziram os maiores valores de DK quando o método de fotoativação soft-start foi usado ao invés do método pulse delay, que produziu os menores valores de DK. Provavelmente isso ocorreu, pois o método pulse delay realiza uma ativação inicial de 5 s com uma baixa irradiância, seguido de um tempo de espera de 3 minutos. Durante esse tempo de espera, mesmo que lentamente, a reação de polimerização iniciada continua. Assim, ao realizar-se a segunda etapa de fotoativação, a qual é a efetivamente responsável pela ativação da reação de polimerização, o material já se encontra pré-polimerizado, e dessa forma, dificultando a passagem da luz. Essa maior dificuldade da passagem da luz pode diminuir a quantidade de fótons disponíveis, diminuindo a geração de radicais livres, e conseqüentemente, diminuir o grau de conversão monomérica do compósito, que acaba por apresentar menores valores de DK [15-16].

A maior dificuldade de passagem da luz poderia influenciar nos resultados de DK quando os diferentes compósitos fossem comparados [15-16]. Pois como as diferenças na relação partículas de carga de vidro e cerâmicas foram padronizadas em massa, diferentes valores, em volume, na quantidade de partículas de carga são encontrados, sempre existindo um maior volume de partículas de carga quando se aumenta a quantidade de SiO₂ ou partícula cerâmica. Assim, uma maior dificuldade de passagem da luz devido ao maior volume de carga nos compósitos com maior quantidade de partículas cerâmicas poderia ser esperado [12]. Assim como, a maior quantidade de partículas cerâmicas poderia causar um maior espalhamento da luz responsável pela ativação do compósito, pois os diferentes tipos e tamanhos de partículas presentes poderiam provocar uma maior diferença nos índices de reflexão e refração da luz provocando maior espalhamento desta [12-13, 15], e

conseqüentemente, produzindo menores valores de grau de conversão que poderiam provocar menores valores de DK para os compósitos com alto conteúdo de SiO₂, como por exemplo o compósito 70/30 desse estudo. Mas ao contrário disso, o compósito 70/30 produziu maiores valores de DK que o compósito 100/0 quando luz contínua e soft-start foram usados para a fotoativação. Simplesmente, todo fenômeno explicado anteriormente não foi suficiente para provocar menores valores de DK. Pois se fosse realizada uma análise de grau de conversão propriamente dita, talvez pudéssemos encontrar valores menores no compósito 70/30, por exemplo. Entretanto, como se realizou o teste de DK, o compósito 70/30 demonstrou maiores resultados nesse caso, pois muito provavelmente o diamante do edentador do microdurômetro encontrou uma maior resistência à penetração quando o compósito 70/30 foi avaliado. Pois como esse compósito possui um maior volume de carga, uma maior resistência à penetração do edentador do aparelho é esperada.

O teste de RCD mostrou que o método pulse delay produziu menores valores de RCD no compósito 90/10 quando usado para a ativação. Como anteriormente mencionado, esse método de fotoativação alternativo utiliza uma exposição de luz em uma irradiância baixa (150 mW/cm²) nos instantes iniciais de ativação com o objetivo de diminuir o número de radicais livres formados nesses instantes iniciais, e assim diminuir o número de centros poliméricos em formação. Isso poderia aumentar a capacidade da região ainda no estado monomérico de escoar, liberando a tensão de contração de polimerização desses centros poliméricos formados e diminuir a tensão de contração final do polímero formado [15-16]. Esse fenômeno poderia ocasionar uma maior preservação da interface dente/restauração de restaurações dentais e aumentar a longevidade das restaurações [15]. Mas como visto nesse estudo, tal método pode prejudicar as propriedades mecânicas dos compósitos em determinadas situações. Pois essa ativação inicial em baixa irradiância inicia o processo de polimerização, o que pode dificultar a passagem da luz na etapa de ativação em alta irradiância. Assim como, a produção de uma reação de polimerização mais lenta pode produzir um polímero mais linear e diminuir suas propriedades mecânicas [15].

O compósito 100/0 obteve menores valores de RCD quando fotoativado com os métodos soft-start e pulse delay que também produziu menores valores de RCD para o compósito 90/10. A maior quantidade de SiO₂ pode melhorar o “empacotamento” entre as partículas de carga distribuindo de maneira mais homogênea a tensão provocada pelo teste de RCD [12]. Assim, maiores valores de RCD são esperados para os compósitos com a maior quantidade de partículas cerâmicas, o que foi confirmado com esses resultados.

Assim como mencionado anteriormente, o uso de protocolos de fotoativação como soft-start e pulse delay pode produzir polímeros mais lineares que quando uma fotoativação com luz em alta irradiância, como a luz contínua, é usada [15]. Isso pode ocorrer devido à menor velocidade de reação produzida por esses métodos alternativos. Essa maior linearidade diminui a rigidez do material formado, diminuindo seu módulo de elasticidade. Os resultados desse estudo mostram que quando soft-start e pulse delay foram usados, menores valores de MD foram obtidos para o compósito 80/20 e pulse delay ainda produziu menores valores de MD para os compósitos 100/0 e 90/10.

Ao contrário dos resultados de RCD, os compósitos com menor quantidade de partículas cerâmicas, 100/0 e 90/10 quando fotoativados por luz contínua e 100/0 quando fotoativado por soft-start, mostraram os maiores valores de MD. Provavelmente a pouca ou nenhuma presença de SiO_2 nesses compósitos fez com que aumentasse a rigidez, e dessa forma, os valores de MD para esses grupos. A pouca presença ou até a ausência de partículas cerâmicas para esses grupos, pode ter diminuído o efeito de “empacotamento” das partículas de carga, o que aumentou a geração de tensão dentro do compósito durante o teste no período em que uma carga foi exercida. Assim aumentando a rigidez, e conseqüentemente, a friabilidade desses compósitos.

CONCLUSÃO

Dentro das limitações desse estudo podemos concluir que:

A diminuição da relação partícula de vidro e partícula cerâmica pode aumentar os valores de DK e RCD, mas diminuir os valores de MD.

O método de fotoativação alternativo pulse delay pode diminuir os valores de DK, RCD e MD, enquanto o método soft-start pode diminuir os valores de MD.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Bowen RL. Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidyl acrylate. US n. 3066112.27 1962:

- [2] Bayne SC, Taylor DF, Heymann HO. Protection hypothesis for composite wear. *Dent Mater* 1992;8:305–9.
- [3] Suzuki S, Leinfelder KL, Kaway K, Tsuchtani Y. Effect of particle variation on wear rates of posterior composites. *Am J Dent* 1995;8:173–8.
- [4] Miyasaka T. Effect of shape and size of silanated fillers on mechanical properties of experimental photo cure composite resins. *Dent Mater J* 1996;15:98–110.
- [5] Venhoven BAM, de Gee AJ, Werner A, Davidson CL. Influence of filler parameters on the mechanical coherence of dental restorative resin composites. *Biomaterials* 1996;17:735–40.
- [6] Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis Jr. JW, Davis HC. Factors affecting cure at depths within light-activated resin composites. *Am J Dent* 1993;6:91–5.
- [7] Kim K- H, Ong JL, Okuno O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *J Prosthet Dent* 2002;87:642–9.
- [8] Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc.* 2003 Oct;134(10):1382-90.
- [9] Lin-Gibson S, Sung L, Forster AM, Hu H, Cheng Y, Lin NJ. Effects of filler type and content on mechanical properties of photopolymerizable composites measured across two-dimensional combinatorial arrays. *ACTA Biomaterialia*. In press.
- [10] Ilie N & Hickel R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. *Clin Oral Invest.* DOI 10.1007/s00784-009-0258-4.
- [11] Lu H, Lee YK, Oguri M, Powers JM. Properties of a Dental Resin Composite with a Spherical Inorganic Filler. *Oper Dent.* 2006: 31-6, 734-740.
- [12] Turssi CP, Ferracane JL, Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials.* 2005: 26 4932–4937.
- [13] Turssi CP, Ferracane JL, Ferracane LL. Wear and Fatigue Behavior of Nano-Structured Dental Resin Composites. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 78B: 196–203, 2006.
- [14] Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater.* 1985 Feb;1(1):11-4.

[15] Brandt WC, de Moraes RR, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, Consani S. Effect of different photo-activation methods on push out force, hardness and cross-link density of resin composite restorations. *Dent Mater.* 2008 Jun;24(6):846-50.

[16] Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures. *J Dent Res.* 2001 Jun;80(6):1570-3.