



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Monografia de Final de Curso

Aluno(a): Gustavo Furlan da Silva Prezotto

Orientador(a): Prof. Dr. Mario Alexandre Coelho Sinhoreti

Ano de Conclusão do Curso: 2008

TCC 428

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
BIBLIOTECA

Gustavo Furlan da Silva Prezotto

**EFEITO DA FONTE DE LUZ, COMPOSIÇÃO E SISTEMA
FOTOINICIADOR NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE
COMPÓSITOS EXPERIMENTAIS**

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

Orientador: Prof. Dr. Mario Alexandre Coelho Sinhoreti

Piracicaba
2008

Unidade FOP/UNICAMP	
N. Chamada	
.....	
Vol.	Ex.
Tombo BC/	

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

P929e	Prezotto, Gustavo Furlan da Silva. Efeito da fonte de luz, composição e sistema fotoiniciador nas propriedades físicas de compósitos experimentais. / Gustavo Furlan da Silva Prezotto. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2008. 34f. Orientador: Mario Alexandre Coelho Sinhoreti. Monografia (Graduação) -- Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba. 1. Resinas compostas. 2. Materiais dentários. I. Sinhoreti, Mario Alexandre Coelho. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título. (mg/fop)
-------	--

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãs
pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

Agradecimentos

Aos meus pais pela vida, dedicação e apoio incondicional em todas as fases da minha vida.

As meus irmãos por todos momentos juntos e pela convivência e paciência.

Aos meus avôs Isabel e José por tudo que fizeram por mim durante a minha vida e por todas as coisas boas que me ensinaram.

A minha avó Clementina pelo carinho e apoio por todos esses anos.

A Mayra pelo carinho, ajuda, companheirismo e pelo amor que demonstrou durante esse período que nos conhecemos.

A todos meus parentes que me deram força e me incentivaram em todos os momentos da minha vida.

Ao Professor Mario Alexandre pela oportunidade e habilidade com que me orientou neste trabalho, além do apoio durante a graduação, e pelos jogos de futebol nos fins de semana.

Ao meu Co-orientador William pela paciência, enorme auxílio e conhecimentos que me passou durante este trabalho, além da amizade que formamos durante esse período.

Ao Professor Luis Alexandre pela oportunidade e atenção nos estágios às sextas-feiras de manhã.

Aos meus amigos pelos ótimos momentos e lembranças inesquecíveis nesses 4 anos de convivência.

Aos meus amigos Guí, Ceará, Luis, Tribis, Goiano, Búrns, Japa, Hud pelos laços fraternos e companheirismo em todos os momentos que serão levados para o resto da vida.

Por fim agradeço aos meus amigos Celso, Danilo, Alan Popin por todos esses anos de amizade.

Sumário

	Página
Lista de ilustrações	7
Lista de abreviaturas e siglas	8
Resumo	10
Introdução	11
Proposição	14
Materiais e métodos	15
Materiais	15
Método	17
Resultados	21
Discussão	27
Conclusão	30
Referências bibliográficas	32

Lista de ilustrações

	Página
Figura 1- desenho esquemático da distribuição das endentações.	19
Tabela 1- Irradiância emitida pelas fontes de luz (total e nas regiões,.....	22
<470 nm450-490 nm) e dose de energia aplicada.	
Figura 2 - Curvas de emissão de luz dos aparelhos fotoativadores	22
XL 2500 e UltraBlue IS.	
Figura 3 - Curvas de absorção dos fotoiniciadores Canforoquinona – CQ	23
e Fenil Propanodiona – PPD.	
Tabela 2 - Valores de resistência à compressão (MPa).	25
Tabela 3 - Valores de resistência à compressão diametral (MPa).	25
Tabela 4 - Valores de módulo diametral (MPa.)	26
Tabela 5 - Valores de dureza Knoop (KHN – Kgf/mm ²).	27

Lista de abreviaturas e siglas

Abs - Absorbância

BaAlSi - Bário, Alumínio e silicato

BisEMA – Bisfenol etoxiladometacrilato

BisGMA – Bisfenol glicidildimetacrilato

CQ - Canforoquinona

cm² - Centímetro quadrado

g - Gramas

J/cm² - Joule por centímetro quadrado

KHN - Dureza Knoop

LED - Luz emitida por diodo

LH - Luz halógena

MD – Módulo diametral

mm – Milímetro

MMA – Polimetil metacrilato

MPa – Mega Pascal

mW – Miliwatts

mW/cm² - Miliwatts por centímetro quadrado

nm - Manômetro

PPD - Phenilpropanodiona

RC – Resistência à compressão

RCD - Resistência à compressão diametral

SiO₂ – Sílica coloidal

TEGDMA – Trietilenoglicoldimetacrilato

UDMA – Uretano dimetacrilato

UV- Ultra Violeta

UV-Vis - Ultra Violeta-Visível

°C – Graus celsius

µm – Micrometro

Resumo

O estudo analisou o efeito das variáveis fonte de luz, composição e sistema fotoiniciador nas propriedades físicas de compósitos experimentais. Compósitos contendo uma mistura de BisGMA, TEGDMA (BT) ou BisGMA, BisEMA, UDMA, TEGDMA (BBUT) e 65% em peso de partículas de carga silanizadas foram preparados com o uso dos fotoiniciadores CQ (Canforoquinona) e PPD (1-Fenil-1,2-Propanodiona). As fontes de luz usadas foram uma de lâmpada halógena - QTH (XL2500-3M/ESPE) e uma LED (UltraBlueIS-DMC). Um medidor de potência e um espectrômetro (USB 2000) foram utilizados para a aferição da irradiância total e a emitida em determinados comprimentos de onda. A curva de absorção dos fotoiniciadores foi aferida por um espectrofotômetro (Varian Cary 5G). Testes de resistência à compressão (RC), resistência à compressão diametral (RCD) e módulo diametral (MD) foram realizados em máquina de ensaio universal (DL500 – EMIC). Análises de dureza Knoop no topo (DT) e na base (DB) das amostras foram realizadas em microdurômetro (Shimadzu). Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (5%). De acordo com os resultados de RC (MPa), verificou-se que BT-CQ (341) produziu maiores valores que BT-PPD (298) e resultados inversos quando BBUT foi comparada (293-337). PPD produziu as maiores médias para RCD (51) e BT para MD (370). CQ produziu maiores valores de DT (31,5) e DB (19,6) em KHN, que PPD (24,5-17) quando a matriz BT foi usada ao invés da BBUT.

O sistema fotoiniciador e a matriz podem interferir nas propriedades de compósitos odontológicos.

INTRODUÇÃO

A síntese do BisGMA (Bisfenol glicidil dimetacrilato) em 1956 iniciou a era dos compósitos restauradores dentais (Bowen, 1962). Ainda hoje, o sistema monomérico da maioria dos compósitos é baseado no BisGMA ou em seus derivados. Devido a sua alta viscosidade, faz-se necessário a sua mistura com monômeros dimetacrilatos de baixa massa molecular para alcançar viscosidade ideal para a incorporação de partículas de carga (Bowen, 1962). O monômero mais freqüentemente usado como diluente do BisGMA é o TEGDMA (Trietileno glicol dimetacrilato) (Asmussen & Peutzfeldt, 1998; Emami *et al.*, 2005).

Outros compósitos contém, em combinação com o BisGMA e o TEGDMA, outros monômeros dimetacrilatos como o UDMA (Uretano dimetacrilato) e o BisEMA (Bisfenol A dimetacrilato etoxilado) (Asmussen & Peutzfeldt, 1998; Emami *et al.*, 2005).

Os compósitos fotoativados foram introduzidos no mercado na década de 70. No entanto, os primeiros produtos eram fotoativados por luz ultravioleta, a qual oferecia riscos à visão, tanto do operador quanto do paciente e proporcionavam propriedades físicas e mecânicas insatisfatórias ao compósito (Blankenau *et al.*, 1983; Cook, 1986). Como consequência, versões posteriores passaram a ser fotoativadas por luz visível (Ruyter & Øysæd, 1982). Para o uso destas fontes, foi necessário o desenvolvimento de compósitos restauradores apropriados, os quais passaram a conter fotoiniciadores sensíveis à luz visível.

Os aparelhos mais tradicionais que emitem luz visível são compostos de lâmpadas de quartzo-tungstênio-halogênio (também conhecidas como lâmpadas halógenas). Estas lâmpadas consistem de um filamento de tungstênio conectado a

eletrodos, o qual, permitindo o fluxo da eletricidade, gera luz e calor (Rueggeberg, 1999). As lâmpadas de quartzo-tungstênio-halogênio emitem luz branca que, ao passar por filtros específicos, tem selecionado determinadas regiões do espectro eletromagnético. Desta forma, apenas a região azul do espectro é selecionada para a fotoativação do compósito odontológico (Burguess *et al.*, 2002), tendo em vista ser esta a região de absorção da canforoquinona.

Relativamente novos no mercado odontológico, os aparelhos de fotoativação que utilizam luz emitida por diodos (LEDs) foram introduzidos para fotoativação de compósitos restauradores (Stahl *et al.*, 2000). Os LEDs são constituídos de materiais semicondutores que determinam o tipo de luz emitida (Burguess *et al.*, 2002). Cada material semicondutor apresenta uma faixa de energia que determinará o espectro de emissão da luz, caracterizando a cor emitida (Kurachi *et al.*, 2001). Para fotoativação de compósitos odontológicos, os LEDs emitem luz azul. A utilização dos LEDs se justifica pelo fato destes possuírem longo tempo de vida útil (acima de 10.000 horas), pouca degradação com o passar do tempo e não necessitarem de filtros especiais devido ao estreito espectro de comprimento de onda emitido, que coincide com o pico de absorção da canforoquinona – 468nm (Caughman & Rueggeberg, 2002).

Assim como as fontes de luz, os compósitos também evoluíram e, desta forma, atualmente o profissional dispõe de uma grande variedade de materiais, cada qual com sua indicação clínica. Entre estas evoluções, podemos citar a dos sistemas fotoiniciadores.

Atualmente, alguns compósitos, especialmente nas cores mais claras, utilizam sistemas fotoiniciadores ou co-iniciadores alternativos, tendo em vista o

fato de a canforoquinona ser de cor amarela, o que pode vir a comprometer as propriedades estéticas do compósito (Park *et al.*, 1999; Hofmann *et al.*, 2002). No entanto, diferentemente da canforoquinona, estes fotoiniciadores são ativados por comprimentos de onda menores que 450nm (Stansbury, 2000; Hofmann *et al.*, 2002). Assim, o espectro de emissão de uma fonte de luz possui forte influência no seu desempenho de fotoativação, especialmente quando diferentes sistemas de fotoativação são comparados (Mills, Jandt, Ashworth, 1999; 2002), pois muitas das propriedades exibidas por um compósito fotoativado são dependentes da relação entre a distribuição do espectro emitido pela fonte de luz e a máxima absorção pelo fotoiniciador (Pradhan *et al.*, 2002).

Neumann *et al.* (2005) avaliaram os coeficientes de extinção molar e a eficiência de absorção fotônica quando utilizados diferentes fotoiniciadores e diferentes fontes de luz. Neste trabalho, os autores também verificaram o pico de absorção dos diferentes fotoiniciadores e verificaram que, assim como a canforoquinona possui um pico de absorção no comprimento de onda de 470nm, os fotoiniciadores PPD, Lucirin TPO e BAPO Irgacure 819 possuem seus picos de absorção nos comprimentos de onda 398nm, 381nm e 370nm, respectivamente. Ou seja, no limite UV-Vis. Além disso, segundo estes autores, o estreito espectro emitido por algumas fontes de luz, como os LEDs, pode resultar numa baixa eficiência de fotoativação quando utilizados fotoiniciadores como o Lucirin TPO ou BAPO Irgacure 819 na formulação dos compósitos.

Apesar do conceito de que a fotoativação depende da densidade de energia aplicada, compósitos com composições diferentes tanto com relação ao tipo de monômero quanto ao sistema fotoiniciador, podem apresentar diferentes

características, mesmo que apresentem valores de grau de conversão similares (Emami *et al.*, 2005). Este fato pode estar associado com menores densidades de ligações cruzadas, a qual é evidenciada pela diminuição do módulo de elasticidade (Asmussen & Peutzfeldt, 1998; Emami *et al.*, 2005). Assim o módulo de elasticidade torna-se um fator importante e pode ser aferido pelo teste de resistência à compressão diametral.

Assim, esse trabalho tem como objetivo avaliar a influência da composição (tipo de matriz resinosa e tipo de fotoiniciador) e da fonte de luz nas propriedades físicas de compósitos experimentais.

O trabalho tem como hipóteses que o tipo de fotoiniciador usado (canforoquina – CQ ou phenil propanodiona – PPD), não terá influência sobre as propriedades do compósito, assim como o tipo de fonte de luz utilizada (halógena ou LED). Porém uma matriz resinosa composta por monômeros de menor massa molecular podem levar a diferenças nas propriedades do compósito.

PROPOSIÇÃO

Em virtude do fato da qualidade dos compósitos fotoativados ser diretamente relacionado às características da matriz polimérica formada, este estudo tem como objetivos:

- 1- Mensurar, indiretamente (através do ensaio de dureza Knoop), o grau de conversão no topo e na base de compósitos experimentais (contendo diferentes composições e sistemas fotoiniciadores), quando diferentes

fontes de luz são empregadas (mantendo a mesma dose de energia – J/cm^2);

- 2- Mensurar a resistência à compressão de compósitos experimentais (contendo diferentes composições e sistemas fotoiniciadores), quando diferentes fontes de luz são empregadas (mantendo a mesma dose de energia – J/cm^2);
- 3- Mensurar a resistência à compressão diametral de compósitos experimentais (contendo diferentes composições e sistemas fotoiniciadores), quando diferentes fontes de luz são empregadas (mantendo a mesma dose de energia – J/cm^2).
- 4- Mensurar o módulo de elasticidade de compósitos experimentais (contendo diferentes composições e sistemas fotoiniciadores), quando diferentes fontes de luz são empregadas (mantendo a mesma dose de energia – J/cm^2).

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Para a realização da pesquisa foram utilizados quatro compósitos experimentais com composições diferentes

A composição dos compósitos experimentais a serem testados foi:

a. Matriz:

- Bisfenol glicidil dimetacrilato (BisGMA, Aldrich) - (50% em massa);
- Trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA, Aldrich) - (50% em massa).

ou

- 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. Carga:

- Total de 65% em massa de partículas de carga silanizadas, sendo que:
 - 80% de partículas de BaAlSi (Bário Alumínio Silicato) com 0,5 μm de tamanho médio e
 - 20% de partículas de SiO_2 (Sílica Coloidal) com 0,04 μm de tamanho médio.

c. Fotoiniciadores:

Os fotoiniciadores utilizados foram:

- CQ: Canforoquinona (Aldrich);
- PPD: Fenil-propanodiona (Aldrich);
- Amina Terciária: Dimetilaminametilmetacrilato (Aldrich).

O sistema CQ/Amina e PPD/Amina foi utilizado no percentual, em massa, de 0,4/0,8%, respectivamente.

Quanto às fontes de luz, foram utilizadas as seguintes fontes:

1. Fonte convencional baseada em lâmpada de halogênio-quartzo-tungstênio XL2500 (3M/ESPE, St Paul, MN 55144, EUA);

2. Luz emitida por diodos (LED) UltraBlue IS (D.M.C. Equipamentos LTD, São Carlos, 13562030, SP, Brasil);

Método

Caracterização das fontes de luz utilizadas: Avaliação da irradiância (mW/cm^2) e determinação dos espectros emitidos pelas fontes de luz

Os diâmetros das pontas de saída da luz foram aferidos com um paquímetro digital (Mitutoyo, Japão). Assim, foi possível determinar a área de cada ponta de saída de luz.

A potência (mW) de todas as fontes 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:

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

Assim, foi possível igualar a dose de energia total através de diferentes tempos de exposição, onde a fonte de luz que emitir a maior irradiância servirá como parâmetro.

As distribuições dos espectros emitidos pelas fontes de luz foram obtidas com auxílio de um espectrômetro USB 2000 (Ocean Optics, Dunedin, FL, 34698, EUA), com um corretor cossenoidal, conectado a um computador.

Os valores de irradiância (mW/cm^2) e dos espectros emitidos foram transferidos para o programa Origin 6.1 (OriginLab Corp. Northampton, MA 01060,

EUA) para se obter, através de cálculos integrais de área, os valores de irradiância nas seguintes regiões do espectro:

1. Região abaixo de 470nm: Região de melhor absorção de luz pelo fotoiniciador PPD. (Neumann MG et al., 2005)
2. Região entre 450-490nm: Região de ótima absorção de luz pelo fotoiniciador CQ. (Nomoto R et al., 1997)

Confeção 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 com a ponta do aparelho fotoativador encostado no conjunto matriz / compósito seguindo os tempos de exposição determinados. A altura deste orifício 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 realizadas dez amostras (n=10).

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 carbetto de sílcio 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 (HVM-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, onde existiu um ângulo de 90° entre estas (Figura 1).

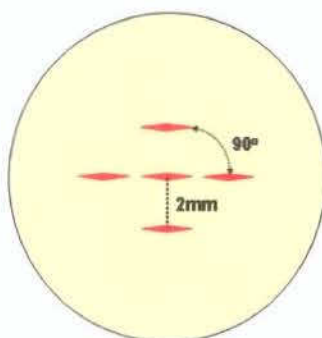


Figura 1: desenho esquemático da distribuição das endentações.

Resistência   compressão

Para o teste de resistência   compressão, matrizes com 2mm de diâmetro e 4mm 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 de ambos os lados obedecendo aos tempos de fotoativação para a manutenção da dose de energia entre as diferentes fontes de luz. Após a fotoativação, o topo e a base do

material foram polidos com discos de carbetto de silício de granulações 600 e 1200 em uma politriz 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=7) foram testadas usando uma máquina de ensaio universal (Instron, model 4411, Canton, MA, USA) a uma velocidade de 1mm/min.

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 as diferentes fontes de luz. Após a fotoativação, o topo e a base do material foram polidos com discos de carbetto de silício de granulações 600 e 1200 em uma politriz 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=7) 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 três fatores (fonte de luz e composição da matriz orgânica dos compósitos e fotoiniciadores) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5% de significância).

RESULTADOS:

a. Análise das fontes de luz:

A curva obtida pelos aparelhos fotoativadores XL 2500 e UltraBlue IS mostrou os maiores valores tanto de potência como de irradiância em 484nm e 456nm, respectivamente. (Figura 2)

A potência total de saída dos aparelhos fotoativadores XL 2500 e UltraBlue IS foi de 364 mW e 233mW.

A irradiância (área interna de cada curva do gráfico) dos aparelhos fotoativadores XL 2500 e UltraBlue IS foi de 935 mW/cm² e 597 mW/cm² (Figura 2).

A Tabela 1 mostra a irradiância emitida pelas fontes de luz e a dose de energia aplicada nas regiões do espectro abaixo de 470 nm e entre 450-490 nm.

Tabela 1 - Irradiância emitida pelas fontes de luz (total e nas regiões <470 nm, 450-490 nm) e dose de energia aplicada.

Fonte de luz	Irradiância (mWcm ²)			Dose de energia (J/cm ²)		
	Total	< 470 nm	450-490 nm	Total	< 470 nm	450-490 nm
XL 2500	935	472,2	547,9	35,5	17,9	20,8
UltraBlue IS	597	466,3	428,1	35,8	28,0	25,7

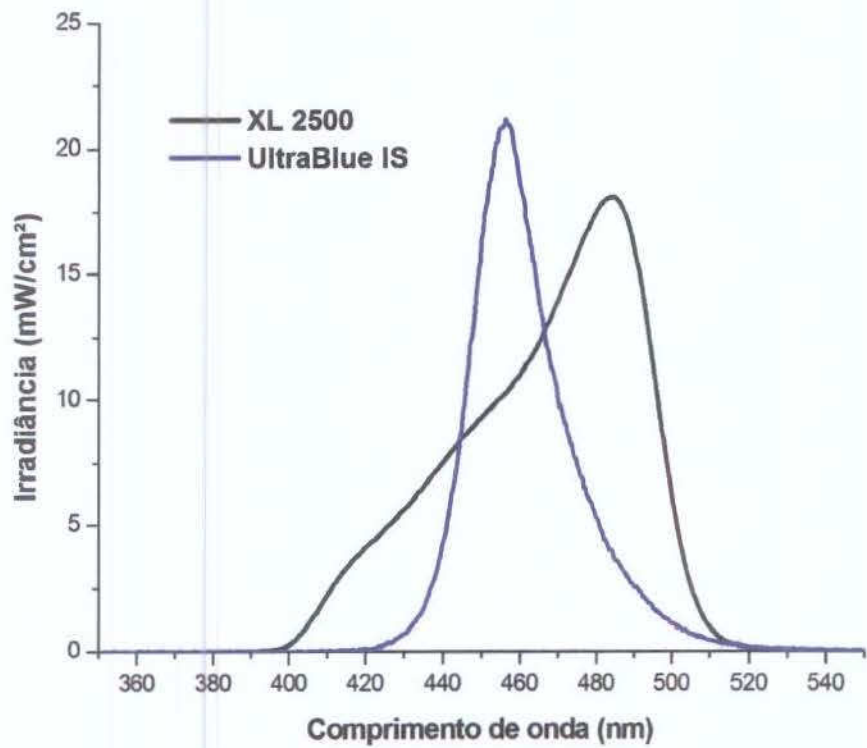


Figura 2 – Curvas de emissão de luz dos aparelhos fotoativadores XL 2500 e UltraBlue IS.

b. Análise dos fotoiniciadores

A figura a seguir mostra as curvas de absorção dos fotoiniciadores Canforoquinona (CQ) e Fenil Propanodiona (PPD) em MMA.

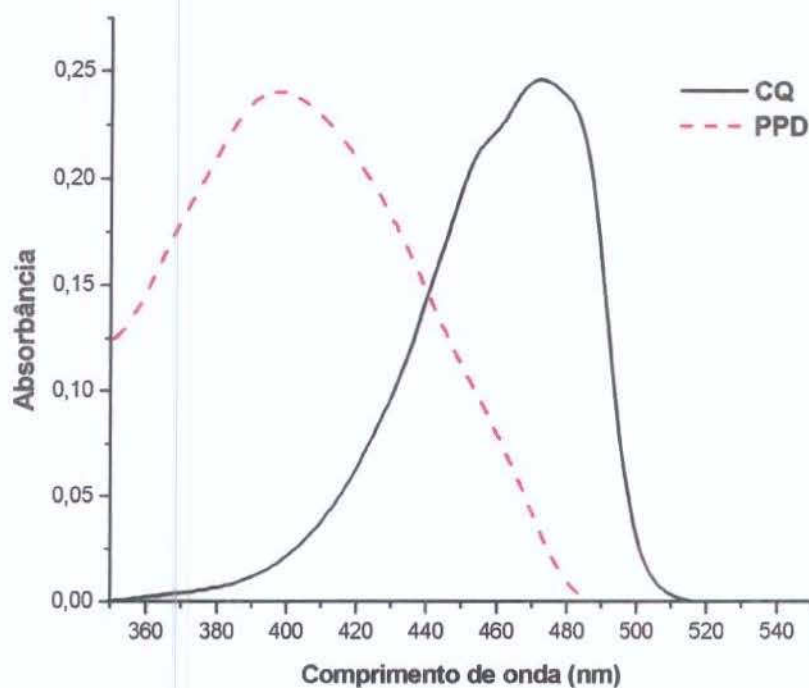


Figura 3 – Curvas de absorção dos fotoiniciadores Canforoquinona – CQ e Fenil Propanodiona – PPD.

O aspecto da curva da CQ mostra a ampla faixa do espectro visível (região da luz azul) absorvida por esta substância. A CQ apresentou menor absorbância na faixa visível próxima ao UV, tendo o valor máximo de absorção (Abs_{max}) ocorrido em 470 nm (Figura 3). A curva de absorção do PPD mostrou-se na região UV-Vis do espectro, tendo início na região UV e o término na região visível,

próxima de 485 nm. O PPD apresentou o pico de absorção (Abs_{max}) na região UV-Vis do espectro em 398 nm (Figura 3).

c. Resistência à compressão, resistência à compressão diametral, módulo diametral e dureza Knoop

De acordo com a análise de variância, para o teste de resistência à compressão (RC), apenas houve diferença estatística para o compósito com BT-PPD fotoativado com a fonte de luz UltrablueIS (263 MPa), o qual obteve valores de RC menor que todos os outros grupos testados (Tabela 2). Para o teste de resistência à compressão diametral (RCD), existiu diferença estatisticamente significativa para o compósito BT-CQ fotoativado com a fonte de luz UltraBlueIS (42,7 MPa), que mostrou resultado inferior ao compósito BT-PPD fotoativado com o UltraBlueIS (53,6 MPa), mas não diferindo dos outros compósitos (Tabela 3). A análise do módulo diametral mostrou diferença estatística apenas para o fator matriz (BT ou BBUT), onde os compósitos com a matriz BT (365 MPa) mostrou maiores resultados que os compósitos preparados com a matriz BBUT (322 MPa) (Tabela 4).

Tabela 2. Valores de resistência à compressão (MPa)

Matriz	Fotoiniciador	XL 2500	UltraBlueIS
BT [A]	CQ	344 (33,7) A,a	338 (51,4) A,a
	PPD	334 (40,4) A,a	263 (36,3) B,b
BBUT [A]	CQ	299 (90,3) A,a	287 (47,0) A,a
	PPD	347 (17,8) A,a	327 (69,4) A,a

Letras maiúsculas comparação entre colunas e minúsculas entre linhas. []

Comparação entre matriz. () Desvio padrão. Letras distintas entre si apresentam diferenças estatísticas ao teste de Tukey a 5%.

Tabela 3. Valores de resistência à compressão diametral (MPa)

Matriz	Fotoiniciador	XL 2500	UltraBlueIS
BT [A]	CQ	47,4 (1,3) A,a	42,7 (8,0) B,a
	PPD	47,3 (7,5) A,a	53,6 (5,5) A,a
BBUT [A]	CQ	49,5 (8,3) A,a	46,4 (4,6) A,a
	PPD	51,0 (6,0) A,a	50,7 (3,7) A,a

Letras maiúsculas comparação entre colunas e minúsculas entre linhas. []

Comparação entre matriz. () Desvio padrão. Letras distintas entre si apresentam diferenças estatísticas ao teste de Tukey a 5%.

Tabela 4. Valores de módulo diametral (MPa)

Matriz	Fotoiniciador	XL 2500	UltraBlueIS
BT [A]	CQ	370 (49,0) A,a	359 (45,9) A,a
	PPD	357 (32,6) A,a	375 (33,8) A,a
BBUT [B]	CQ	322 (40,5) A,a	309 (44,5) A,a
	PPD	332 (33,7) A,a	327 (21,7) A,a

Letras maiúsculas comparação entre colunas e minúsculas entre linhas. []

Comparação entre matriz. () Desvio padrão. Letras distintas entre si apresentam diferenças estatísticas ao teste de Tukey a 5%.

Os valores de dureza Knoop mostraram que em geral a dureza medida no topo (28,2 KHN) da amostra foi superior estatisticamente da medida na base (16,4 KHN) da amostra. Não existiram diferenças estatísticas entre os valores de dureza Knoop das matrizes BT e BBUT. Independentemente do tipo de fonte de luz utilizada, os compósitos preparados com a matriz BT e o fotoiniciador PPD apresentaram valores de dureza Knoop no topo inferiores aos com BT-CQ, não existindo diferença entre eles quando utilizada a matriz BBUT. Para os valores de dureza na base, os compósitos BT-PPD (11,2 KHN) e BBUT-PPD (12,9 KHN) quando fotoativados com XL 2500 apresentaram os menores valores de dureza, diferindo estatisticamente dos demais (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de dureza Knoop (KHN – Kgf/mm²)

Região	Matriz	Fotoiniciador	XL 2500	UltraBlueIS
Topo [A]	BT [A]	CQ	29,8 (2,7) A,a	31,5 (2,4) A,a
		PPD	22,9 (3,4) B,a	24,5 (4,7) B,a
	BBUT [A]	CQ	30,3 (3,7) A,a	28,4 (2,7) A,a
		PPD	27,8 (3,7) A,a	30,4 (4,7) A,a
Base [B]	BT [A]	CQ	19,0 (3,7) A,a	19,6 (3,5) A,a
		PPD	11,2 (2,0) B,b	17,0 (6,4) A,a
	BBUT [A]	CQ	17,4 (3,3) A,a	17,9 (2,8) A,a
		PPD	12,9 (1,7) B,b	16,5 (2,6) A,a

Letras maiúsculas comparação entre colunas e minúsculas entre linhas. []

Comparação entre região e entre matriz. () Desvio padrão. Letras distintas entre si apresentam diferenças estatísticas ao teste de Tukey a 5%.

DISCUSSÃO:

A cada ano, a odontologia vem se modernizando e novos equipamentos e produtos são lançados no mercado. Sem dúvida, uma das áreas que mais evolui é a restauradora. Tanto os compósitos restauradores, como os aparelhos fotoativadores modernizam-se, a fim de suprir necessidades estéticas, bem como melhorar a qualidade e facilitar o uso dos materiais odontológicos.

Assim, inúmeras fontes de luz para a fotoativação de compósitos estão disponíveis ao cirurgião – dentista. Dentre todas, os LEDs e as de lâmpada halógena (LH) são as mais utilizadas. Elas se diferenciam, principalmente, com relação ao espectro de emissão de luz. Nesse estudo, uma fonte de luz LED e outra de LH foram avaliadas com o objetivo de verificar sua influência na fotoativação de compósitos com diferentes fotoiniciadores (CQ ou PPD). De acordo com os resultados, nenhuma diferença foi encontrada nas propriedades produzidas nos compósitos pelas duas fontes de luz. Apesar do aparelho de lâmpada halógena possuir um espectro de emissão de luz mais amplo que o LED (Figura 2), ele acaba emitindo menor quantidade de luz na região de melhor absorção do fotoiniciador PPD (Tabela 1). Este resultado está de acordo com o trabalho de Neumann et al., 2005. Porém essa diferença de emissão de luz entre as duas fontes não foi suficiente para produzir diferenças estatisticamente diferentes nas propriedades dos compósitos avaliados, com exceção para os resultados de dureza Knoop na base dos compósitos contendo o fotoiniciador PPD. O aparelho de lâmpada halógena (XL 2500), produziu valores de dureza Knoop menores que o LED na base dos compósitos contendo o PPD. Isso se deve muito provavelmente a menor eficiência de fotoativação do LH, devido a sua menor correlação com o fotoiniciador PPD, além da perda de energia para a fotoativação do compósito em 2 mm de profundidade, o que pode ter aumentado a dificuldade para a fotoativação desses compósitos, quando comparado com o LED.

Com a crescente corrida estética por dentes cada vez mais brancos, a técnica de clareamento dental tem se difundido e com isso o uso de compósitos restauradores cada vez mais claros, também.

O uso da CQ como fotoiniciador em compósitos de cor clara é um problema, devido à coloração amarelada desse fotoiniciador. Dessa forma, fotoiniciadores alternativos são usados para diminuir esse efeito de amarelamento.

Nesse estudo o fotoiniciador PPD foi usado, e comparativamente à CQ, mostrou potencial para a iniciação da reação de polimerização de compósitos dentais.

Os testes de RC, RCD e MD, mostraram que quase não existiram diferenças estatísticas entre os dois fotoiniciadores, principalmente quando foi usada a matriz BBUT.

Alguns estudos mostraram que a matriz BT, devido à grande quantidade do monômero de menor massa molecular e menor cadeia monomérica TEGDMA, necessita de um maior tempo de fotoativação. Dessa forma, o uso do fotoiniciador PPD com a matriz BT, poderia levar a dificuldades de polimerização, porque não só podemos dizer que a matriz BT é "lenta", mas o PPD também necessita de maior tempo de fotoativação para levar a valores de grau de conversão semelhantes à da CQ.

Devido ao fato do fotoiniciador PPD ser mais "lento" para a polimerização de compósitos dentais, o polímero formado por ele poderia ter algumas características diferentes daquele formado com a presença da CQ. Diferenças tanto de grau de conversão, como na densidade de ligações cruzadas (DLC) poderiam ser esperadas. Polímeros formados a partir do fotoiniciador PPD podem

apresentar valores de grau de conversão menores, assim como uma menor densidade de ligações cruzadas. Essas diferenças poderiam ser mensuradas nos testes mecânicos realizados no estudo. Porém apenas diferenças de dureza foram encontradas entre os compósitos formados a partir do uso do PPD ou CQ. Em geral, o compósito com CQ mostrou valores de dureza Knoop maiores que os com PPD, principalmente quando utilizados na matriz BT. Dessa forma, pode-se dizer que um menor grau de conversão para os compósitos BT/PPD foi alcançado. Mas nos testes de RC e RCD, não foram encontradas diferenças entre o fotoiniciador CQ e PPD. Se o compósito contendo BT/PPD tem um menor grau de conversão, era esperado que ele também apresentasse valores de RC e RCD inferiores, porém não foi o que ocorreu. Isso se deve ao fato que durante a realização desses testes, várias outras variáveis além do grau de conversão podem influenciar os resultados. Uma dessas variáveis é a DLC. Apesar de o PPD levar a uma polimerização mais lenta de compósitos dentais (muitos estudos relacionam uma polimerização mais lenta a uma menor densidade de ligações cruzadas), o PPD pode ser considerado um agente de ligações cruzadas, dessa forma, levando a formação de um polímero mais reticulado (com maior densidade de ligações cruzadas) e a resultados tanto de RC como de RCD semelhantes aqueles da CQ.

CONCLUSÃO

- O fotoiniciador PPD demonstrou potencial para a iniciação da reação de polimerização de compósitos dentais, pois apresentou compósitos com propriedades semelhantes aos com CQ;

- As fontes de luz não tiveram grande influência nas propriedades dos compósitos e
- A matriz BT mostrou maior módulo diametral que a matriz BBUT.

REFERÊNCIAS

- 1 Asmussen E e Peutzfeldt A. Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater* 1998; 14(1): 51-6.
- 2 Blankenau RJ, Kelsey WP, Cavel WT e Blankenau P. Wavelength and intensity of seven systems for visible light-curing composite resins: a comparison study. *J Am Dent Assoc* 1983; 106(4): 471-4.
- 3 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:
- 4 Burgess JO, Walker RS, Porche CJ, Rappold AJ. Light curing – an update. *Compendium* 2002; 23: 889-92.
- 5 Caughman WF, Rueggeberg FA. Shedding new light on composite polymerization. *Operative Dentistry* 2002; 27: 636-8.
- 6 Cook WD. Curing efficiency and ocular hazards of dental photopolymerization sources. *Biomaterials* 1986; 7(6): 449-54.
- 7 Emami N e Soderholm KJ. Dynamic mechanical thermal analysis of two light-cured dental composites. *Dent Mater* 2005; 21(10): 977-83.
- 8 Hofmann N, Hugo B, Klaiber B. Effect of irradiation time (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness. *European Journal of Oral Sciences* 2002; 110: 471-9.

- 9 Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dental Materials* 2001; 17: 309-15.
- 10 Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *British Dental Journal* 1999;186:388-91.
- 11 Mills RW, Uhl A, Blackwell GB, Jandt KD. High power light emitting diode (LED) arrays versus halogen light polymerization of oral biomaterials: barcol hardness, compressive strength and radiometric properties. *Biomaterials* 2002; 23: 2955–63.
- 12 Neumann MG, Miranda Jr WG, Schmitt CC, Rueggeberg FA, Correa IC. Molar extinction coefficients and the photon absorption efficiency of dental photoinitiators and light curing units. *Journal of Dentistry* 2005; 33(6): 525-32.
- 13 Park YJ, Chae KH, Rawls HR. Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. *Dental Materials* 1999; 15: 120–7.
- 14 Pradhan RD, Melikechi N, Eichmiller F. The effect of irradiation wavelength bandwidth and spot size on the scraping depth and temperature rise in composite exposed to an argon laser or a conventional quartz-tungsten-halogen source. *Dental Materials* 2002; 18: 221-6.
- 15 Rueggeberg FA. Contemporary issues in photocuring. *Compendium* 1999; 20: S4-S15.

- 16 Ruyter IE e Oysaed H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odontol Scand* 1982; 40(3): 179-92.
- 17 Stahl F, Ashworth SII, Jandt KD, Mills RW. Light-emitting diode (LED) polymerisation of dental composites: flexural properties and polymerization potential. *Biomaterials* 2000; 21: 1379-85.
- 18 Stansbury JW. Curing dental resins and composites by photopolymerization. *Journal of Esthetic Dentistry* 2000; 12: 300-8.