

Efeito de diferentes doses de energia de unidades LED uni- e multi-ondas nas propriedades mecânicas de Resinas Compostas

A. M. Souza, A. M. Deana, M. C. Carvalho, A. F. Lima, M. T. Oliveira

Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, Brasil

e-mail: marcelotoliveira@uninove.br / anasouza@uninove.br

Resumo: O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de diferentes doses de energia e unidades LED fotoativadoras de banda estreita e com amplo espectro nas propriedades mecânicas de resinas compostas. Seis grupos experimentais foram estabelecidos para cada resina avaliada, de acordo com as diferentes doses de energia (5J; 10J e 20J) e unidades fotoativadoras (Bluephase 16i e Bluephase G2 – Ivoclar Vivadent). Os dados foram avaliados, aplicado a Análise de Variância a dois critérios e teste de Tukey, com nível de significância fixado em 5%. Os resultados mostraram que as resinas apresentaram comportamentos diferentes entre si tanto pelas doses de energia utilizadas quanto pela diferença dos espectros de luz emitidos pelas diferentes fontes.

Palavras-chave: LED, fotoativação, resina composta.

Abstract: *The aim of this study was to evaluate the influence of different energies and 2 LEDs photo-activation units single-peak and broad spectrum on mechanical properties of composite resins. Six experimental groups were established for each evaluated resin, according to the different doses of energy (5J, 10J and 20J) and photo-activation units (Bluephase 16i and Bluephase G2 - Ivoclar Vivadent). Data were evaluated by two-way ANOVA and Tukey's test, with significance level set at 5%. The results showed that the resins showed different performance by both doses used as well as different energies emitted by different sources.*

Keywords: LED, halogen, composite resin

Introdução

A luz halógena tem sido utilizada como fonte iniciadora da reação de polimerização dos compósitos. Essas lâmpadas produzem luz quando a energia elétrica aquece um pequeno filamento de tungstênio a altas temperaturas (Carvalho and Turbino, 2005; Dunn and Taloumis, 2002). No entanto, alguns fatores podem comprometer o desempenho de fotopolimerizadores de luz halógena, tais como flutuações na linha tensão, a condição da lâmpada e do filtro, a contaminação do guia de luz, danos ao feixe de fibras ópticas e sobreaquecimento da lâmpada no interior da unidade. Esses fatores podem contribuir para reduzir a eficácia e tempo de vida das lâmpadas halógenas, levando a

formação de um composto resinoso com baixa polimerização.

Os compósitos resinosos constituem hoje o material de escolha para as restaurações dos elementos dentais. No entanto, ainda não existem resinas compostas com propriedades ideais, por isso, estão em constante evolução e pesquisa.

A polimerização é a etapa responsável pela maioria das propriedades físicas e estéticas durante a restauração. A polimerização incompleta produz uma resina com alta porosidade, menor dureza, baixo polimento, alta capacidade de manchamento e às vezes toxicidade pulpar provocada pelos monômeros livres que poderão causar danos à polpa.

O uso de fontes de luz com amplo espectro pode ser uma alternativa para a obtenção de melhores propriedades mecânicas dos materiais resinosos diante da tendência à inserção de fotoiniciadores alternativos à canforoquinona nestes materiais. Todavia, a eficiência destes agentes nos compósitos resinosos tradicionais ainda não foi totalmente esclarecida, sendo que esta avaliação se faz necessária para que a utilização de unidades foto-ativadoras com amplo espectro possa ser realizada com segurança.

Materiais e métodos

Para o presente estudo foram avaliados três compósitos resinosos (Venus – Heraeus-Kulzer, Hanau, Alemanha; IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein; e Surefil SDR, Dentsply Caulk, EUA) e duas unidades fotoativadoras (Bluephase 16i e Bluephase G2 - Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Para a avaliação tanto do módulo de elasticidade quanto da resistência à flexão, corpos-de-prova em forma de barra foram confeccionados (1 mm de largura, 2 mm de altura e, 7 mm de comprimento) com os diferentes sistemas, de acordo com os grupos experimentais estabelecidos (Tabela 1). Para a confecção destas, foram utilizadas matrizes de silicone, com um orifício interno nas dimensões da barra. Os compósitos resinosos serão manipulados de acordo com as instruções do fabricante e então dispensados na matriz. Sobre este será colocado uma tira de poliéster a fim de evitar a inibição da reação de polimerização pelo oxigênio. A fotoativação será realizada de acordo com os grupos experimentais estabelecidos.

Tabela 1: TABELA 1 - UNIDADES FOTOATIVADORAS

UNIDADES FOTOATIVADORAS	COMPRIMENTO DE ONDA	DENSIDADE DE POTÊNCIA
Bluphase 16i - banda estreita	430 – 490 nm	1200mW/cm ²
Bluphase G2 - amplo espectro	385 – 515 nm	1000 mW/cm ²

Tabela 2 – Grupos experimentais estabelecidos de acordo com o cimento resinoso, unidade ativadora e densidade de energia avaliada			
Comp.Res.	Grupo	Un. Fotoat.	Dens de energia
Venus	1	BluePhase 16i	5 J/cm ²
Venus	2	BluePhase 16i	10 J/cm ²
Venus	3	BluePhase 16i	20 J/cm ²
Venus	4	BluePhase G2	5 J/cm ²
Venus	5	BluePhase G2	10 J/cm ²
Venus	6	BluePhase G2	20 J/cm ²
IPS Empress Direct	7	BluePhase 16i	5 J/cm ²
IPS Empress Direct	8	BluePhase 16i	10 J/cm ²
IPS Empress Direct	9	BluePhase 16i	20 J/cm ²
IPS Empress Direct	10	BluePhase G2	5 J/cm ²
IPS Empress Direct	11	BluePhase G2	10 J/cm ²
IPS Empress Direct	12	BluePhase G2	20 J/cm ²
Surefil SDR	13	BluePhase 16i	5 J/cm ²
Surefil SDR	14	BluePhase 16i	10 J/cm ²
Surefil SDR	15	BluePhase 16i	20 J/cm ²
Surefil SDR	16	BluePhase G2	5 J/cm ²
Surefil SDR	17	BluePhase G2	10 J/cm ²
Surefil SDR	18	BluePhase G2	20 J/cm ²

Após a confecção, os espécimes foram armazenados na ausência de luz, à 37°C por 24 horas.

Análise do Módulo de Elasticidade (E) e Resistência à Flexão (FS)

A mensuração da resistência à flexão e o módulo de elasticidade foi realizada através do teste de flexão de três pontos, a uma velocidade de 0,5mm/min, em Máquina de Ensaio Universal (Instron, model 4411, Buckinghamshire, England). As dimensões (largura e espessura e comprimento) de cada corpo-de-prova foram inseridas no programa Blue Hill II (Instron, model 4411, Buckinghamshire, England), para que os cálculos necessários fossem realizados. (Figura 4), os resultados obtidos (E= GPa; FS=MPa), foram tabulados e analisados estatisticamente.

Análise Estatística

Após verificação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias, os dados referentes à todas propriedades avaliadas foram analisados utilizando a Análise de Variância a dois critérios (ANOVA two-way), sendo levados em consideração os fatores “dose de energia” e “unidade fotoativadora” e uma possível interação entre os fatores. O teste de Tukey foi realizado para identificar as diferenças entre os grupos experimentais quando necessário. O nível de significância foi fixado em 5%. Os compósitos resinosos não serão comparados entre si.

Análise da Resistência Flexural

Inicialmente, os dados foram tabulados e analisados para verificação dos parâmetros necessários para

utilização da Análise de Variância utilizando o programa estatístico SAS, versão 9.2. Uma vez verificada a normalidade dos dados ou a necessidade de transformação para que houvesse a normalidade dos mesmos, os valores de resistência de união foram analisados pela ANOVA a 2-critérios sendo os fatores principais: "fontes de luz" e "energia". Todas as possíveis interações foram incluídas no modelo. Comparações múltiplas entre as médias foram analisadas pelo teste de Tukey.

Resultados

De acordo com o delineamento experimental deste trabalho, foram utilizadas três resinas compostas diferentes, duas fontes de luz e três energias para ativação. No entanto, para efeito de comparação estatística foram levadas em consideração apenas os dois últimos fatores. Não é interesse do trabalho a comparação entre as resinas compostas, mas sim a verificação dos efeitos promovidos pela variação de diferentes fatores relacionados à utilização de fontes de luz LED com diferentes espectros e diferentes quantidades de energia.

Análise da Resistência Flexural

A análise de variância (2-critérios) demonstrou que a interação dupla foi significativa entre os fatores estudados. Os dados estão apresentados na Tabela 2, 3 e 4. De acordo com esta interação, pode ser observado apenas para a energia de 10J houve diferença significativa entre as unidades fotoativadoras, sendo que o aparelho Bluephase G2 produziu as maiores médias para esta energia. Quando observamos o comportamento da resina dentro do mesmo fotoativador Bluephase 16i percebe-se que é necessária a utilização da maior energia para a obtenção do maior resistência flexural. Quando se observa o aparelho Bluephase G2 nota-se que ao utilizar a energia de 10J o pico do resistência flexural é atingido, não havendo diferença estatisticamente significativa para a energia de 20J.

Tabela 2: Médias (desvio-padrão) dos valores de resistência flexural obtidos de acordo com cada condição experimental (em MPa) para a resina composta Empress Direct (Ivoclar Vivadent).

		Energia (J)		
		5J	10J	20J
Unidade	16i	69,8±9,6Ba	78,4±11,7ABb	90,0±12,4Aa
Fotoativadora	G2	69,1±9,7Ba	95,9±9,8Aa	106,9±4,9Aa

Letras maiúsculas comparam energias utilizadas e letras minúsculas comparam unidades fotoativadoras.

De maneira similar à resina composta anterior a análise de variância (2-critérios) demonstrou que a interação dupla foi significativa entre os fatores estudados. De acordo com esta interação, pode-se observar um efeito similar das luzes para as energias de 5J e 10J. Para a energia de 20J o aparelho Bluephase G2 apresentou

maior média. Quando analisado o comportamento da resina composta dentro das energias fornecidas pela mesma unidade de fotoativação, observa-se que para o Bluephase G2 o pico é atingido logo com a energia de 5J e mantém-se constante, para o outro aparelho, a resistência flexural decresce significativamente quando a resina composta é irradiada com 20J.

Tabela 3. Médias (desvio-padrão) dos valores de resistência flexural obtidos de acordo com cada condição experimental (em MPa) para a resina composta Venus (Heraeus-Kulzer).

		Energia (J)			
		5J	10J	20J	
Unidade	16i	116,7±15,4Aa	117,2±27,0Aa	81,2±25,6Bb	
Fotoativadora	G2	109,4±13,9Aa	137,7±15,0Aa	125,8±23,2Aa	

Letras maiúsculas comparam energias utilizadas e letras minúsculas comparam unidades fotoativadoras.

Para a resina composta SDR Flow, a análise estatística aplicada aos dados, não foi capaz de apontar diferenças significativas nem para as energias utilizadas, nem para as unidades fotoativadoras, fazendo com que o pico da resistência flexural desta resina composta fosse atingido com a menor energia utilizada neste experimento, independente da unidade fotativadora.

Tabela 4. Médias (desvio-padrão) dos valores de resistência flexural obtidos de acordo com cada condição experimental (em MPa) para a resina composta SDR Flow (Dentsply).

		Energia (J)			
		5J	10J	20J	
Unidade	16i	124,0±7,8	134,1±19,2	121,1±15,3	A
Fotoativadora	G2	120,5±14,4	127,3±8,2	126,7±12,6	A
		a	a	a	

Letras maiúsculas comparam energias utilizadas e letras minúsculas comparam unidades fotoativadoras.

Análise do Módulo de Elasticidade

Os resultados de módulo de elasticidade estão apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7. Para a resina composta Empress Direct, pode ser observado que os resultados mostraram uma diferença significativa nos módulos de elasticidade obtidos entre as duas unidades fotoativadoras, sendo que os maiores valores foram produzidos com a utilização do aparelho Bluephase G2. Com relação às diferentes energias utilizadas no experimento, observou-se que a energia de 20J também foi responsável pelos maiores valores obtidos.

Tabela 5. Médias (desvio-padrão) dos valores do módulo de elasticidade obtidos de acordo com cada condição experimental (em GPa) para a resina composta Empress Direct (Ivoclar Vivadent).

		Energia (J)			
		5J	10J	20J	
Unidade	16i	1,7±0,5	1,9±0,3	2,4±0,4	B
Fotoativadora	G2	1,8±0,4	2,6±0,5	3,2±0,6	A
		B	B	A	

Ao analisar os resultados obtidos utilizando as duas unidades fotoativadoras e as diferentes energias propostas, é possível notar que o comportamento destas resinas compostas (Venus e SDR Flow) foi exatamente igual à resina composta anterior. Houve diferença entre os módulos de elasticidade obtidos quando utilizadas fontes de luz com características diferentes e que o módulo de elasticidade atingiu o pico máximo, neste estudo, apenas com a entrega da energia de 20J.

Tabela 6. Médias (desvio-padrão) dos valores do módulo de elasticidade obtidos de acordo com cada condição experimental (em GPa) para a resina composta Venus (Heraeus-Kulzer).

		Energia (J)			
		5J	10J	20J	
Unidade	16i	2,8±0,7	2,8±0,4	2,3±1,1	B
Fotoativadora	G2	3,4±0,5	3,4±1,0	3,8±0,3	A
		A	A	A	

Tabela 7. Médias (desvio-padrão) dos valores do módulo de elasticidade obtidos de acordo com cada condição experimental (em GPa) para a resina composta SDR Flow (Dentsply).

		Energia (J)			
		5J	10J	20J	
Unidade	16i	3,6±0,6	3,5±0,7	3,0±0,3	B
Fotoativadora	G2	3,5±0,1	4,4±0,2	4,3±0,5	A
		A	A	A	

Discussão

O propósito do presente estudo foi avaliar o efeito de unidades com amplo espectro e banda estreita em propriedades mecânicas selecionadas de diferentes compósitos resinosos, utilizando diferentes doses de energia. Isto se torna necessário, uma vez que estas luzes foram desenvolvidas para ativar resinas compostas que também apresentam iniciadores alternativos à canforquinona, no entanto, pouco é sabido a respeito dos efeitos destas unidades LED de amplo espectro sobre os compósitos convencionais. Cada resina composta apresentou um comportamento diferente dependendo da propriedade mecânica avaliada, isto pode ser justificado pelas diferentes formulações utilizadas por cada fabricante. Variações nas quantidades de monômeros diluentes nas diferentes

resinas compostas poderão produzir diferentes comportamentos na formação da cadeia polimérica. Para o compósito Empress Direct observou-se que a resistência flexural obtida com 10J de energia foi maior quando o compósito foi ativado com o Bluephase G2, tal fato pode ter acontecido apesar do pico do LED de 2ª geração coincidir com o pico de absorção da canforoquinona (468 nm), o amplo espectro de comprimento de onda emitido pela unidade multi-onda pode ter excitado maior número de moléculas do fotoiniciador, acarretando maior formação de radicais livres, favorecendo a conversão polimérica. De acordo com as especificações do fabricante, não há menção de fotoiniciadores alternativos à canforoquinona na composição deste compósito. Quando levadas em consideração apenas as energias pode-se notar que o pico da resistência flexural é atingido utilizando a energia de 10J, que é similar estatisticamente à energia de 20J. Apesar de ser entregue o dobro da energia, tal resultado pode ser explicado pelo possível travamento das cadeias poliméricas dificultando o aumento da formação das ligações cruzadas que poderia fazer com que os valores de resistência flexural pudessem ser aumentados.

Para o compósito Venus, a resistência flexural obtida para a energia de 20J utilizando o LED Bluephase 16i apresentou os valores mais baixos tanto para as energias ou quando comparado com o aparelho de amplo espectro. Uma hipótese que pode ser levantada é com relação a um alto desenvolvimento de tensões de contração intrínsecas ao material, que poderiam tê-lo tornado extremamente friável. Frente a estes resultados, uma possível re-análise pode ser conveniente para verificarmos esta hipótese. Já o módulo de elasticidade obtido quando o compósito foi ativado com a unidade de amplo espectro foi maior quando comparado com a unidade de banda estreita, esta rigidez maior poder ter sua explicação na maior variedade da emissão de fótons do primeiro aparelho, independente da energia utilizada.

Finalmente, para o compósito SDR-Flow, este apresenta características diferentes dos compósitos anteriores. Sua viscosidade é bastante diminuída quando comparada às outras resinas. No entanto, isto não traduziu um aumento dos valores de resistência flexural a medida que houve um aumento na energia entregue pela possível maior mobilidade das cadeias poliméricas. Aparentemente, ocorre uma rápida polimerização do compósito estabilizando as propriedades mecânicas avaliadas. De maneira similar à resina Venus e Empress Direct, o módulo de elasticidade apresentou maior valor quando o aparelho amplo espectro foi utilizado. Assim, apesar de energias similares entregues pelos dois aparelhos, a variedade dos comprimentos de onda, novamente podem ter interferido no comportamento dos compósitos.

Conclusão

De acordo com a análise dos dados e a análise estatística aplicada, pode ser concluído que os diferentes tipos de unidades fotoativadoras (banda estreita ou amplo espectro) das resinas compostas podem influenciar nas propriedades mecânicas estudadas. As doses de energia poderão alterar significativamente o resultado das propriedades, sendo necessário, por segurança a utilização das doses mais altas para garantir propriedades desejáveis dos compósitos. Pôde ser observado que a unidade de amplo espectro produziu efeitos similares ou maiores a unidade de banda estreita.

Referências

- [1]Rueggeberg FA. Contemporary issues in photocuring. *Compend Contin Educ Dent* 1999;20:S4-15. Suppl. 25.
- [2]Carvalho AP, Turbino ML (2005). Analysis of the microtensile bond strength to enamel of two adhesive systems polymerized by halogen light or LED. *Pesqui Odontol Bras* 19(4):307-311.
- [3]Dunn WJ, Taloumis LJ (2002). Polymerization of orthodontic resin cement with light-emitting diode curing units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 122(3):236-241.
- [4]Arrais CA, Pontes FM, Santos LP, Leite ER, Giannini M (2007). Degree of conversion of adhesive systems light-cured by LED and halogen light. *Braz Dent J* 18(1):54-59.
- [5]Gaglianone LA, Lima AF, Goncalves LS, Cavalcanti AN, Baggio Aguiar FH, Marchi GM (2012). Mechanical properties and degree of conversion of etch-and-rinse and self-etch adhesive systems cured by QTH and LED. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*.