

Estudo comparativo de aparelhos fotopolimerizadores para determinar o grau de conversão de resinas compostas utilizando o espectrofotômetro de infravermelho

Comparative study of curing light devices to determine the degree of polymerization of composite resins using infrared spectroscopy

Elidio RODRIGUES NETO¹

André Afif ELOSSAIS²

Oscar Fernando MUÑOZ CHAVEZ³

Nára Rejane Santos PEREIRA⁴

Pedro Gregol da SILVA⁵

José Roberto Cury SAAD²

RESUMO

Objetivos: Avaliar e comparar o grau e conversão de duas resinas compostas – Filtek Z250® e Filtek P60® – polimerizadas com duas unidades de luz fotoativadoras, sendo uma de luz halógena (Degulux®) e um LED (Ultrablue IS®).

Métodos: Foram confeccionados 20 corpos-de-prova de cada resina composta, distribuídos aleatoriamente em quatro grupos, de acordo com cada aparelho de luz testada e então submetida à análise por espectrofotometria de infravermelho para determinação porcentual do grau de conversão.

Resultados: Os resultados obtidos demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de grau de conversão das duas resinas testadas e o aparelho Ultrablue IS® apresentou resultados de conversão de monômeros semelhantes ao aparelho de luz halógena Degulux®.

Conclusão: Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de grau de conversão dos materiais e o aparelho Ultrablue IS® apresentou resultados de conversão de monômeros semelhantes ao aparelho de luz halógena Degulux®.

Termos de indexação: resinas compostas; luz; espectrofotometria.

ABSTRACT

Objectives: The aim of this work was to evaluate and compare the degree of conversion of two composite resins - Filtek Z250® and Filtek P60® - polymerized with two curing light units: halogen light (Degulux®) and LED (Ultrablue IS®).

Methods: Twenty specimens of each composite resin were confectioned and randomly distributed in 4 groups, according to each device of light tested and then submitted to spectroscopy analysis of infra-red ray for determination of conversion degree.

Results: The results obtained showed that there was no significant statistical difference between the curing efficiency values of both composite resins tested, and the device Ultrablue IS® presented similar results of curing conversion to the halogen curing light device (Degulux®).

Conclusion: There was no statistical significant difference between the values of the degree of conversion of materials and the unit Ultrablue IS® presented results of conversion of monômeros similar to the device of light halógena Degulux®.

Indexing terms: composite resins; light; spectrophotometry.

INTRODUÇÃO

Uma polimerização adequada das resinas compostas restauradoras é essencial para a obtenção de melhores propriedades

físicas e desempenho clínico máximos desses tipos de materiais¹.

A extensão da polimerização do material pode produzir um efeito em quase todas as propriedades físicas das resinas compostas, tais como solubilidades, estabilidade dimensional, mudança de cor e biocompatibilidade. Desta maneira, o grau de conversão das

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Departamento de Odontologia Restauradora. Faculdade de Odontologia. Araraquara, SP, Brasil.

² Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Departamento de Odontologia Restauradora. Faculdade de Odontologia. Rod. Araraquara – Jaú Km 1, Bairro dos Machados, 14800-901, Araraquara, SP, Brasil. Correspondência para / *Correspondence to:* AA ELOSSAIS (andreatif_elossais@hotmail.com).

³ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Departamento de Clínica Integrada. Faculdade de Odontologia. Araraquara, SP, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Departamento de Odontologia Comunitária e Especial. Faculdade de Odontologia. Campo Grande, MS, Brasil.

⁵ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Departamento de Odontologia Clínica. Faculdade de Odontologia. Campo Grande, MS, Brasil.

moléculas da resina será decisivo para o sucesso da restauração². Além disso, componentes não-reagidos podem soltar-se da restauração, causando irritação tecidual local e, possivelmente, microfissuras que resultariam em cáries secundárias e irritação pulpárea³.

As resinas compostas fotopolimerizáveis foram introduzidas no mercado nos anos 70. Os primeiros materiais eram polimerizados por luz ultravioleta (UV), e as resinas atuais são polimerizadas por luz visível⁴. As resinas compostas fotopolimerizáveis dependem de uma intensidade de luz suficiente para atingir uma polimerização adequada. Quando a luz passa através da resina, é absorvida e dispersada, atenuando a intensidade e diminuindo a efetividade da luz enquanto a profundidade da restauração aumenta⁵. A profundidade de polimerização das resinas compostas fotopolimerizáveis depende de fatores, entre eles, composição e partícula de carga, cor e translucidez do material, e a intensidade da unidade de luz e a quantia de exposição de irradiação⁶⁻⁸, como também da composição do monômero e a concentração dos catalisadores de polimerização⁹. Existem, hoje em dia, disponíveis no mercado, vários dispositivos para a polimerização de resinas compostas. Pode-se citar: 1) unidade de fotopolimerização por luz halógena; 2) unidade de fotopolimerização por diodos emissores luz, também chamados de LEDs (light-emitting diodes) e; 3) unidade de polimerização por arco de plasma (PAC ou plasma and curing)⁵. Neste estudo, serão abordados somente os dois primeiros tipos.

Unidades de luz halógena: esses tipos de unidade são os mais utilizados hoje em dia. As lâmpadas de luz halógena produzem luz quando a energia elétrica aquece um pequeno filamento de tungstênio a temperaturas extremamente altas. A maior parte da energia é transformada em calor, mas uma pequena porção é transformada em luz¹⁰. Filtros seletores difundem os outros comprimentos de onda, de modo que somente a luz azul é emitida. Moléculas fotoiniciadoras sensíveis a essa luz são ativadas, criando radicais livres que iniciam o processo de polimerização¹¹.

Apesar do amplo uso das unidades de luz halógena, elas possuem como desvantagens, um tempo de vida útil limitado, de aproximadamente 100 horas, a força de emissão de luz são menores que 1% da energia elétrica consumida¹⁰, as lâmpadas de luz halógena geram um alto aquecimento, o que degrada os componentes da lâmpada com o tempo^{6,12} e pesquisas têm demonstrado que são necessários valores de irradiação de no mínimo 300 miliwatts por centímetro quadrado para polimerizar adequadamente uma amostra de resina composta de 2 mm de espessura¹³.

LEDs: a fim de sanar as desvantagens das unidades de luz halógenas, foi proposto o uso de unidades de diodos emissores de luz, ou LEDs, tecnologia desenvolvida em 1995. Ao invés dos

filamentos quentes das lâmpadas de luz halógena, o sistema LEDs usa junções de semicondutores para gerar luz. Esse sistema tem como vantagens: vida útil de mais de 10.000 horas, não requer filtros para produzir luz azul, é resistente a choques e vibrações e consome pouca energia durante sua operação¹⁴. Os sistemas LEDs mais modernos produzem um pequeno espectro de luz (400-500 nm) que atinge bem próximo a média de absorção da canforquinona que inicia a polimerização da resina composta⁶.

Os tempos de polimerização adequados e a habilidade dos LEDs de polimerizar todos os tipos de resinas compostas ainda não estão totalmente estabelecidos. O sistema LEDs tem sido divulgado amplamente, com um marketing agressivo, mas as pesquisas ainda não determinaram que essa tecnologia é suficiente para substituir os aparelhos de luz halógena. Pesquisas anteriores de comparação entre LEDs e luz halógena demonstraram que, no mesmo grau de irradiação, os LEDs tem um desempenho igual ou melhor que as luzes halógenas⁶. O presente estudo tem como objetivo comparar o grau de conversão das moléculas de diferentes tipos de resina composta polimerizados com unidades de luz halógena e unidades de sistemas LEDs.

MÉTODOS

Duas resinas compostas fotopolimerizáveis, na cor A3, foram usadas neste estudo. A composição, tamanho de partículas, tipo de cargas e volume, são fornecidos na Tabela 1.

Foram confeccionados 20 corpos-de-prova, esses corpos-de-prova foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos, de acordo com o aparelho de polimerização testado. Para a padronização dos corpos-de-prova foi utilizada uma matriz de aço inoxidável de 5mm de diâmetro e 2mm de espessura.

A fotopolimerização foi de 40 segundos em cada incremento com o aparelho fotopolimerizador de luz halógena Degulux com 700 mW/cm² e o aparelho Ultrablue IS com 700 mW/cm², medidos com um radiômetro.

Após a polimerização os corpos-de-prova foram divididos ao meio, utilizando uma máquina de corte e retirados 5mg do material que foram triturados para obtenção de um pó de resina, que em seguida foi misturado a brometo de potássio (KBr), na proporção de 1/10 (50 mg). O pó resultante foi colocado em um pastilhador e levado à prensa com carga de aproximadamente 8 toneladas, para obtenção de uma pastilha. Foi utilizado o aparelho Impact 400 marca Nicolet que realiza medições dos espectros no infravermelho utilizando o método por transformações de Fourier (FTIR), para determinação porcentual do grau de conversão (GC) dos monômeros em polímero.

Tabela 1. Tipo e composição das resinas compostas usadas neste estudo (informações fornecidas pelos fabricantes).

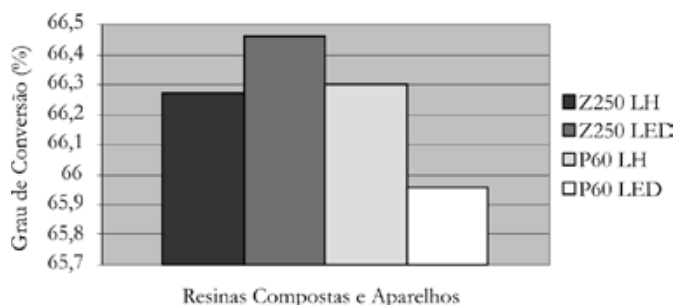
Material	Tipo	Matriz orgânica	Partículas inorgânicas	Partículas em % volume	Tamanho de partículas em µm
Filtek Z250®	Resina microhíbrida	Bis-GMA UEDMA Bis-EMA	Zircônia Sílica	60	0,01 - 3,5
Filtek P60®	Resina compactável	Bis-GMA UDMA Bis-EMA	Zircônia Sílica	61,7	0,01 - 3,0

Tabela 2. Dados do grau de conversão (%) em função do material e aparelho fotopolimerizador utilizado.

Repetição	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
	Z.250 (LH)	Z.250 (LED)	P60 (LH)	P60 (LED)
1	65,37	66,25	66,31	66,29
2	66,41	66,70	66,52	65,59
3	67,11	66,62	66,07	65,87
4	65,87	66,43	66,45	66,11
5	66,59	66,31	66,15	65,98

Tabela 3. Valores médios de conversão, desvio padrão e categoria estatística dos grupos em estudo, segundo teste de Tukey (5 %).

Grupos	Valores médios	Desvio-padrão	Categoria estatística
Z250 (LH)	66,27	0,670	A
Z250 (LED)	66,46	0,194	A
P60 (LH)	66,30	0,191	A
P60 (LED)	65,96	0,263	A

**Figura 1.** Dados de valores médios do grau de conversão (%) em função do material e do aparelho fotopolimerizador.

Para este estudo foi utilizada a seguinte equação.

$$GC = 1 - \frac{\frac{\text{Área da banda C=C (polímero)}}{\text{Área da banda C=O (polímero)}}}{\frac{\text{Área da banda C=C (monômero)}}{\text{Área da banda C=O (monômero)}}} \times 100$$

Na ligação dupla de carbono-carbono alifática (C=C alifática) possui característica de absorção do infravermelho por volta de 1646 cm⁻¹, enquanto a ligação dupla carbono-oxigênio (C=O) possui valor de absorção situado em 1731 cm⁻¹.

Foi realizada a Análise de Variância, onde os resultados apresentaram distribuição normal. Assim sendo, utilizou-se o Teste de Tukey com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Na Tabela 2 pode-se verificar o grau de conversão dos materiais em função do aparelho utilizado.

Na Tabela 3 pode-se verificar os valores médios, desvio-padrão e categoria estatística dos materiais estudados, ficando demonstrado que não houve diferença estatisticamente significativa para os resultados obtidos de conversão dos materiais.

DISCUSSÃO

O aparelho de luz halógena é o mais utilizado pelos profissionais cirurgiões-dentistas. Esses aparelhos podem acarretar problemas na polimerização dos compósitos com o decorrer do tempo devido à diminuição da intensidade de luz emitida⁶. Apenas uma pequena parte do espectro de luz emitido pelas lâmpadas incandescentes é apropriada para ativar os agentes fotoiniciadores. O espectro de luz azul emitido pela lâmpada halógena é muito pequeno, sendo a maior parte da emissão feita em outras faixas, chegando até o vermelho, o que infelizmente não contribui para a ativação e torna a eficiência desses aparelhos baixa³. Em decorrência dos problemas apresentados pelos aparelhos de luz halógena, uma nova tecnologia de aparelhos foi proposta, a partir de 1995, para a realização da cura dos compósitos, os LEDs. Esses aparelhos oferecem vantagens sobre os aparelhos de lâmpada halógena, como expectativa de vida útil da lâmpada superior, emissão de

luz no espectro de absorção da canforquinona, ausência de filtros e tamanho compacto do aparelho^{5,12,15,16}. Inicialmente, chamado de primeira geração desses aparelhos, a intensidade de luz emitida era muito baixa, o que limitava seu uso a pequenos incrementos e altos tempos de exposição¹¹. Para tentar solucionar esses problemas, aumentaram-se as quantidades de LEDs que compunham os aparelhos, porém, a quantidade de LEDs utilizada ainda não fornecia intensidade suficiente para igualar-se em resultados com a luz halógena ou superá-la^{1,8,17}. O aumento na quantidade de LEDs e a eventual necessidade da incorporação de ventiladores, infelizmente, levou ao sacrifício do tamanho compacto que possuíam. A atual geração, chamada de segunda, volta a utilizar apenas uma lâmpada, mas com um diâmetro bem maior, o que lhe garante produzir alta intensidade de luz, sendo os valores resultantes iguais ou superiores aos produzidos pelos aparelhos de luz halógena, com baixa produção de calor¹⁸. Durante o processo de polimerização, as resinas compostas contraem-se como resultado da diminuição dos espaços entre as unidades monoméricas, resultando em um encurtamento da cadeia polimérica final¹⁹. Esse processo decorre da substituição das ligações de força de Van der Waals, pré-existentes por ligações covalentes. A alteração de volume que esses materiais sofrem durante o processo de cura pode ser afetada por diversos fatores, como a quantidade e tipo das partículas de carga, composição da matriz orgânica, adsorção de água, configuração do preparo cavitário e intensidade de luz^{9,20}. Portanto quanto maior a conversão dos monômeros em polímeros, maior é a contração³. Monômeros de alto peso molecular, como o Bis-GMA e o Bis-EMA, geram menor contração de polimerização, enquanto monômeros de baixo peso molecular, como o TEGDMA, utilizado como diluente, apresentam resultado inverso²¹. Outro fator na composição da resina composta que pode alterar a conversão dos monômeros é a quantidade do agente iniciador e redutor^{3,21}. Para este estudo, foram usados materiais que apresenta como agente iniciador a canforquinona. Cuidados devem ser tomados

durante a escolha dos aparelhos fotopolimerizadores, pois algumas resinas compostas apresentam a inclusão de agentes co-iniciadores em sua composição para a obtenção de melhores resultados durante o processo de cura. Esse cuidado é necessário porque os aparelhos LED não emitem espectros nas faixas de absorção de luz desses componentes (que se situam abaixo dos 410 nm), e, dessa forma, o material não apresentará as características físicas necessárias para desempenhar suas funções na cavidade bucal^{13,16,18,22}.

Em um estudo relacionado, Venhoven et al.²³ indica que a verificação do processo de cura de materiais resinosos deve ser feita sempre em conjunto com um estudo de espectrometria de infravermelho (FTIR) para verificação molecular das alterações durante o processo, o estudo dessa propriedade permite uma avaliação quantitativa de ligações C=C alifáticas que não reagiram durante a polimerização.

Yoon et al.⁴ relatam que a espectrometria de infravermelho (FTIR) é o melhor teste para verificar o grau de conversão. Em virtude disso foi utilizada, espectrofotometria de infravermelho, para verificar o grau de conversão neste trabalho. Assim sendo neste trabalho, os resultados não apresentaram diferença nos valores médios encontrados, bem como diferença estatisticamente significativa entre eles. Este resultado foi similar ao encontrado no estudo de Bala et al.⁶.

CONCLUSÃO

Baseado na análise estatística dos dados obtidos neste estudo e na metodologia utilizada pôde-se concluir que não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de grau de conversão dos materiais.

O aparelho Ultrablue IS[®] apresentou resultados de conversão de monômeros semelhantes ao aparelho de luz halógena Degulux[®].

REFERÊNCIAS

1. Bennett AW, Watts DC. Performance of two light-emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation-time. *Dent Mater.* 2004; 20(1): 72-9.
2. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater.* 1985; 1(1): 11-4.
3. Huang TK, Hung CC, Tsai CC. Reducing, by pulse width modulation, the curing temperature of a prototype high-power LED light curing unit. *Dent Mater J.* 2006; 25(2): 309-15.
4. Yoon TH, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil.* 2002; 29(12): 1165-73.
5. Wendl B, Droschl H, Kern W. A comparative study of polymerization lamps to determine the degree of cure of composites using infrared spectroscopy. *Eur J Orthod.* 2004; 26(5): 545-51.
6. Bala O, Olmez A, Kalayci ES. Effect of LED and halogen light curing on polymerization of resin based composites. *J Oral Rehabil.* 2005; 32(2): 134-40.
7. Hofmann N, Hugo B, Klaiber B. Effect of irradiation type (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness. *Eur J Oral Sci.* 2002; 110(6):471-9.

8. Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater.* 2001; 21(4): 309-15.
9. Kim SH, Watts DC. Polymerization shrinkage-strain kinetics of temporary crown and bridges materials. *Dent Mater.* 2004; 24(1): 88-95.
10. Althoff O, Hartung M. Advances in light curing. *Am J Dent.* 2000; 13(1): 77-81.
11. Stahl F, Ashworth SH, Jandt KD, Mills RW. Light-emitting diode (LED) polymerization of dental composites: flexural properties and polymerization potential. *Biomaterials.* 2000; 21(13): 1379-85.
12. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater.* 2000; 16(1): 41-7.
13. Rueggeberg FA, Caughman WF, CURTIS JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent.* 1994; 19(1): 26-32.
14. Dunn WJ, Bush AC. A comparison of polymerization by light emitting-diode and halogen-based light-curing units. *J Am Dent Assoc.* 2001; 133(3): 335-41.
15. Tsai PC, Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *Dent Mater.* 2004; 20(4): 364-9.
16. Uhl A, Sigusch BW, Jandt KD. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dent Mater.* 2004; 20(1): 80-7.
17. Rahiotis C, Kakaboura A, Loukidis M, Vougiouklakis G. Curing efficiency of various types of light-curing units. *Eur J Oral Sci.* 2004; 112(1): 89-94.
18. Uhl A, Mills RW, Jandt KD. Photoinitiator dependent composite depth of cure and Knoop hardness with halogen and LED light curing units. *Biomaterials.* 2003; 24(10): 1787-95.
19. Peutzfeldt A, Asmussen E. Determinants of in vitro gap formation of resin composites. *J Dent.* 2004; 32(2): 109-15.
20. Palin WM, Fleming GJ, Burke FJ, Marquis PM, Randall RC. Monomer conversion versus flexure strength of a novel dental composite. *J Dent.* 2003; 31(5): 341-51.
21. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of composition on rate of polymerization contraction of light-curing resin composites. *Acta Odontol Scand.* 2002; 60(3): 146-50.
22. Moon HJ, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effects of various light curing methods on the leachability of uncured substances and hardness of a composite resin. *J Oral Rehabil.* 2004; 31(3): 258-64.
23. Venhoven BA, de Gee AJ, Davidson CL. Light initiation of dental resins: dynamics of the polymerization. *Biomaterials.* 1996; 17(24): 2313-8.

Recebido em: 17/4/2007

Aprovado em: 14/7/2007