

Influência das fontes halógena e LED e modos de ativação no grau de conversão de dois compósitos

Influence of photoactivation with halogen light and LED and types of activation on degree of conversion of two composites

Fernanda Pitta Ritto

Especialista em Dentística pela Uerj e pela Marinha do Brasil
Mestranda em Materiais Dentários pela COPPE/ UFRJ

Márcio Antônio Paraíso Borges

Doutor em Dentística pela UFRJ
Professor de Especialização em Dentística da Marinha do Brasil e IOPUC- RJ

Fernando Luiz Bastian

Doutor em Engenharia Metalúrgica pela University of Cambridge
Colaborador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Professor Titular da UFRJ

Marcela Mendes Medeiros Michelin

Especialista em Dentística pela Marinha do Brasil

Irma Cunha Matos

Mestre em Dentística pela Uerj

Resumo

O objetivo do presente artigo é avaliar a influência da fotoativação com lâmpadas halógena e LED no grau de conversão dos compósitos microhíbrido e nanoparticulado. Trinta amostras foram divididas em seis grupos variando tipo de resina, tipo de lâmpada e tipo de ativação. Para medir grau de conversão foi utilizada espectrofotometria por Raman. As amostras não polimerizadas e polimerizadas foram comparadas para avaliar se houve diferença no grau de conversão para H_{91} ; os diferentes compósitos; H_{63} ; as diferentes fontes luminosas e H_{63} ; os diferentes modos de ativação. Para análise estatística foram utilizados Anova e T de Student. Os resultados mostraram haver diferença estatística, demonstrando maior grau de conversão para resinas nanoparticuladas, o que pode estar ligado à presença de TEGDMA em sua matriz.

Palavras-chave: resinas compostas; Raman; grau de conversão.

Abstract

The objective this paper is evaluate influence of photoactivation with halogen light and LED on conversion's degree of two different composites. Thirty samples were divided in six groups considering type of composite, photoactivation unit and type of polymerization used. Raman spectrophotometry was used to measure the degree of conversion. The Non-polymerized and polymerized samples were compared to evaluate if there was any difference on the degree of conversion to H_{91} ; composites; H_{63} ; different polymerization sources and H_{63} ; different activation modes. Anova and T Student were utilized to statistical analysis. Results showed difference between the degrees of conversion of the different composites expressing a higher value for nanoparticulate resins, which could be explained by the presence of the TEGDMA on the composition of the matrix.

Keywords: composite resins; Raman; degree of conversion.

Introdução

A introdução do primeiro compósito resinoso no mercado aconteceu em 1958 e foi produzido e elaborado por Bowen. Nessa época, o Bis-GMA, um monômero com alto peso molecular foi modificado, diacrilatos foram desenvolvidos e esses materiais puderam então ser caracterizados por seus sistemas de composição, incluindo o tamanho e a forma das partículas.

Os compósitos ativados por luz foram introduzidos no mercado somente nos anos 70. A partir dessa época, o conteúdo inorgânico desses materiais foi sendo modificado, com diferentes quantidades de carga e tamanhos de partículas a fim de se adequarem às diferentes necessidades de utilização. A composição dos compósitos odontológicos fotopolimerizáveis baseava-se em uma matriz polimérica onde eram adicionadas partículas inorgânicas de carga com o intuito de melhorar as propriedades mecânicas do material. O desenvolvimento dos compósitos ativados pela luz foi um marco para o início de um período de rápido progresso no campo das restaurações estéticas. Apesar da sua grande popularidade e vasta melhoria, os compósitos usados atualmente ainda apresentam várias falhas que limitam suas aplicações, como contração e “estresse” na polimerização, conversão incompleta dos polímeros, entre outras (1, 2).

No final dos anos 90, junto ao lançamento de diferentes fontes de luz para polimerização dos compósitos, foram desenvolvidas diferentes técnicas de ativação da luz, que modulavam a polimerização e tinham como objetivo encontrar uma forma de diminuir a contração de polimerização sem afetar o grau de conversão monomérica. Esse tipo de polimerização, também chamado de gradual ou início suave foi testado e aprovado por muitos pesquisadores, que alegaram uma melhora na integridade marginal das restaurações (1, 2, 3).

Com o advento da nanotecnologia na Odontologia, houve a criação de novos materiais, dentre eles compósitos resinosos contendo em sua fase dispersa nanopartículas de sílica e quartzo. Os pesquisadores acreditavam que a presença das nanopartículas na matriz resinosa permitiria uma maior incorporação de cargas no material e assim melhorariam suas propriedades mecânicas.

Atualmente, os compósitos odontológicos fotopolimerizados, por suas características estéticas excelentes, facilidade de uso e baixo custo tem sido um dos materiais mais estudados e utilizados na Odontologia. Várias modificações são propostas, tanto nas unidades fotopolimerizadoras, nos tipos de ativação, quanto na composição da matriz polimérica e também na fase dispersa (carga) do material, no intuito de diminuir problemas clínicos (3).

Desse modo, o presente estudo vem contribuir com esse avanço, avaliando *in vitro*, o grau de conversão monomérica na superfície de topo da amostra de dois compósitos: um com nanopartículas (Z 350®) e o outro microhíbrido (Z 250®), sendo ambos fotoativados por diferentes fontes luminosas e diferentes modos de fotoativação. Para tanto, foram testadas as seguintes hipóteses nulas (H_0), em relação ao grau de conversão: H_{01} : não existe diferença para os diferentes compósitos; H_{02} : não existe diferença para as diferentes fontes luminosas testadas. H_{03} : não existe diferença para os diferentes modos de fotoativação testados.

Material e Método

Materiais - Resinas Compostas

Duas resinas compostas fotopolimerizáveis, na cor A2, foram utilizadas neste estudo: um compósito microhíbrido, Z250® (3M/ESPE, ST.Paul, MN, USA); cor A2; lote 6 CH e um compósito nanoparticulado, Z350® (3M/ESPE, ST.Paul, MN, USA); cor A2; lote 8 PN. A composição, tipos de carga e volume são fornecidos no quadro I.

Quadro I. Tipo e composição das resinas compostas utilizadas neste estudo de acordo com as informações fornecidas pelos fabricantes

Material	Tipo	Composição	Número do lote	Partículas em volume	Tamanho de partículas
Filtek Z 250®	Resina Microhíbrida	Matriz Orgânica: Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA e canforquinona Matriz Inorgânica: Zircônia, Sílica	6 CH	60%	0,01-3,5 μ
Filtek Z 350®	Resina Nanoparticulada	Matriz Orgânica: Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA e pequenas quantidades de TEGDMA Matriz Inorgânica: Nanopartículas não aglomeradas de sílica e nanoaglomerados de partículas de zircônia/sílica	8 PN	59,5%	Partículas de 5 a 20 nm e aglomerados de 0,6 a 1,4 μ

Materiais: Aparelhos de Fotopolimerização e Tipos de Ativação

Foram utilizadas no presente estudo duas unidades fotopolimerizadoras:

- **unidade de diodos emissores de luz-LED** Radium-cal® (SDI, Victoria, Australia, AU) e **modo de ativação de início suave**. A intensidade de luz nos primeiros 5 segundos aumenta gradualmente (com intensidade de luz de 0 até 1400 mw/cm²). Os outros 15 segundos com intensidade constante de 1400 mw/cm². A polimerização foi realizada num tempo total de 20 segundos e uma densidade de energia de 24500 mJ/cm².

- **Unidade de ativação por luz halógena** com lâmpada de quartzo de tungstênio – QTH Optilux™ 501 - Demetron® (Kerr, United States of America, USA). Dois tipos de ativação utilizados: **modo R - início suave**: a intensidade de luz nos primeiros 10 segundos aumenta suavemente (de 0 mW/cm² até 500 mW/cm²) e os outros 45 segundos com intensidade constante de 500 mW/cm². A polimerização foi realizada num tempo total de 55 segundos e uma densidade de energia de 25000 mJ/cm²; **modo C-contínuo**: ativação convencional, onde a intensidade de luz durante toda a ativação permanece constante de 500mw/cm². A polimerização foi realizada num tempo de 50 segundos e uma densidade de energia de 25000 mJ/cm².

Métodos: Corpos de Prova e Fotopolimerização

Para a confecção dos corpos de prova foi utilizada uma matriz bipartida de teflon branca com parafusos de estabilização contendo uma perfuração central de 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. A ponta do aparelho fotopolimerizador foi apoiada perpendicularmente sobre a tira de poliéster e o compósito foi fotoativado, segundo o conceito de energia estabelecido por Rueggeberg (1999) e SANTOS *et al.* (2002) (Quadro II). A densidade de energia é calculada pela multiplicação da intensidade de luz em mW/cm^2 pelo tempo de ativação em segundos. Segundo Rueggeberg (1999) e SANTOS *et al.* (2002), a densidade de energia mínima para a polimerização de um compósito na profundidade de 2 mm seria de $24000 \text{ mJ}/\text{cm}^2$.

A intensidade de luz emitida foi aferida inicialmente e, após cada ativação com o auxílio de radiômetros específicos, foram confeccionados 30 corpos de prova que foram distribuídos aleatoriamente em seis grupos ($n = 5$) de acordo com o Quadro II.

Quadro II. Descrição do grupo experimental e modos de polimerização

Grupos	Resina composta	Unidade de polimerização	Tipo de ativação	Tempo(seg.)	Intensidade de energia(mW/cm^2)	Densidade de energia (mJ/cm^2)
1	Z 250®	LED	Início suave	515	0-14001400	24500
2	Z 350®	LED	Início suave	515	0-14001400	24500
3	Z 250®	QTH	Início suave (modo R)	1045	0 -500500	25000
4	Z 350®	QTH	Início suave (modo R)	1045	0 -500500	25000
5	Z 250®	QTH	Convencional(modos C)	50	500	25000
6	Z 350®	QTH	Convencional (modo C)	50	500	25000

Após a polimerização, cada tira de poliéster utilizada era descartada e os corpos de prova foram removidos da matriz e armazenados dentro de um dissecador por 24 horas. Após esse período, os corpos de prova foram submetidos aos testes de espectroscopia por Raman para avaliar o grau de conversão monomérica.

Métodos: Espectrometria por Raman

Para medir o grau de conversão monomérica dos compósitos foi utilizado o aparelho Raman Station 400 (Perkin Elmer, United States, USA), operando com o laser numa frequência de 100%. O material a ser medido foi colocado numa lâmina de vidro e introduzido no aparelho. Escolhida a área a ser avaliada, o aparelho faz quatro exposições de 20 segundos passando um fio de laser de Hélio-Neônio nessa área para medir

o espectro de frequência (intensidade), numa faixa de comprimento de onda anteriormente estipulada, de 1500 a 1700 cm^{-1} . Com as quatro exposições, o programa Raman Spectra faz uma média das medidas e esta aparece num gráfico. Assim, através dos gráficos, obtendo-se os valores de conversão nesses dois picos (1640 e 1610 cm^{-1}) é possível calcular o grau de conversão dos materiais não polimerizados e polimerizados de cada amostra de cada grupo dos materiais.

O cálculo do grau de conversão baseou-se na proporção

entre os valores das absorbâncias a 1640 cm^{-1} , representando a absorção da ligação dupla de carbono alifático, e a outra correspondente a absorção da ligação dupla de carbono que permanece constante durante a reação de polimerização (a cadeia aromática, no pico de 1610 cm^{-1}). Estes valores foram lançados na equação abaixo descrita de modo a se obter o grau de conversão monomérica dos grupos estudados.

$$\text{Grau de conversão} = 100 - \frac{(1640 \text{ np}/1610 \text{ np})}{\text{pol}/1610 \text{ pol}} \times 100 = (1640 \text{ pol}/1610 \text{ pol})$$

Legenda: 1640 np = valor do pico das cadeias alifáticas (em 1640 cm^{-1}) da amostra não polimerizada; 1610 np = valor do pico das cadeias aromáticas (em 1610 cm^{-1}) da amostra não polimerizada; 1640 p = valor do pico das cadeias alifáticas (em 1640 cm^{-1}) da amostra polimerizada; 1610 p = valor do pico das cadeias aromáticas (em 1610 cm^{-1}) da amostra não polimerizada.

Para a análise dos resultados do grau de conversão, foi utilizado o programa Prime of Biostatistics. Para uma análise global dos grupos foi utilizada o método Anova (Análisis of Variance) e para uma análise pareada, comparando-se cada grupo de dois em dois, utilizou-se o teste T de Student pareado. Para os dois testes estatísticos, foi utilizado um grau de significância de 95% ($p = 0,05$).

Resultados

Após observação dos dados, verificou-se graficamente que os mesmos enquadravam-se na curva de Gauss, portanto, com distribuição semelhante à da distribuição normal, além de serem independentes e não pareados. Assim, confirma-se que os testes estatísticos Anova e t de Student foram aplicados corretamente. Os resultados dos testes utilizados são mostrados nas tabelas abaixo.

A avaliação dos dados por Anova demonstrou haver diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,05$), conforme apresentado na tabela abaixo, onde estão discriminados a média e o desvio-padrão de cada grupo.

Tabela I. Percentual do grau de conversão monomérica

Grupo Amostra	Gr 1	Gr 2	Gr 3	Gr 4	Gr 5	Gr 6
1	76%	72%	71%	77%	73%	78%
2	73%	81%	75%	79%	72%	80%
3	71%	76%	73%	80%	74%	73%
4	74%	77%	73%	82%	76%	83%
5	75%	79%	74%	79%	72%	78%

Tabela II. Média e desvio-padrão de cada grupo (Anova)

	Gr 1	Gr 2	Gr 3	Gr 4	Gr 5	Gr 6
Média	73,8	77	73,2	79,4	73,4	78,4
Desvio-padrão	1,923	3,391	1,483	1,817	1,673	3,647

Discussão

A extensão de polimerização dos materiais pode produzir um efeito em quase todas as propriedades físicas das resinas compostas, tais como solubilidade, estabilidade dimensional, mudança de cor e biocompatibilidade. Desta maneira, o grau de conversão das moléculas de resina será decisivo para o sucesso da restauração (7). A análise do processo de cura de materiais resinosos deve ser feita

sempre em conjunto com um estudo para a verificação molecular das alterações durante o processo, permitindo, assim, uma avaliação quantitativa de ligações C = C alifáticas que não reagiram durante a polimerização, sendo esta a parte não polimerizada do material restaurador, ou seja, não convertida em polímeros.

Idealmente, os compósitos deveriam ter todos os seus monômeros convertidos em polímeros durante a reação de polimerização. Entretanto, os monômeros dimetacrilatos exibem uma quantidade considerável de monômeros residuais não reagidos após o completo endurecimento do material, com um grau de conversão variando entre 35% a 75% (7, 12). O inadequado grau de conversão dos materiais resinosos está associado a propriedades físico-mecânicas inferiores, tais como baixa resistência ao desgaste, baixa resistência de união, instabilidade de cor, redução da dureza e da resistência à flexão, microinfiltração marginal, aumento dos índices de sorção de água e maior solubilidade (7, 8, 10, 11, 20). Entretanto, CHUNG & GREENER (4) não encontraram correlação entre o grau de conversão e qualquer propriedade mecânica nos compósitos avaliados, tais como resistência à tensão diametral, dureza Knoop e Barcol e rugosidade após escovação simulada de cinco anos.

Em relação à natureza química dos monômeros, mais especificamente à parte inorgânica do material, o autor cita que a distribuição e o tamanho das partículas podem exercer forte influência na polimerização do monômero, assim como conteúdo orgânico, que também exerce influência na cura do material. O

Bis-GMA, com sua estrutura de dois anéis aromáticos, tem sido o principal constituinte das resinas, é considerado um monômero rígido e de alta viscosidade, sendo que o grau de conversão desse material puro gira em torno de 39% (14). Assim, para que esse material tenha uma viscosidade adequada, capaz de incorporar as cargas necessárias, ele é misturado a outros monômeros metacrilatos diluentes, que normalmente são o TEGDMA e o EGDMA (12). O limite de conversão do TEGDMA puro é de cerca de 76%, quase o dobro do Bis-GMA. Segundo FERRACANE (7), o aumento da concentração de diluente conduz a um maior grau de conversão devido a maior mobilidade das espécies reativas numa resina mais fluida.

Os dois compósitos selecionados para este estudo foram Filtek Z 250® e Filtek Z350®. Em relação à composição da parte orgânica, a resina Z250® contém Bis-GMA, UDMA e Bis-EMA. Já a resina Filtek Z 350® apresenta uma matriz orgânica com Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA e, ainda, pequenas quantidades de TEGDMA. Existem alguns estudos na literatura (1) em que foram observados maior grau de conversão com o aumento do conteúdo de TEGDMA na composição dos compósitos. Assim, os resultados do presente estudo vão de encontro a esses achados em quase todos os seis grupos estudados. Se forem comparados os grupos de diferentes resinas, pode-se observar que houve uma diferença estatística significativa, obtendo os melhores resultados de grau de conversão exatamente nas resinas Z 350®, que são as que contêm TEGDMA, com exceção do grupo 2, que utilizou a resina Z350® com a fonte de ativação LED. Este grupo não

apresentou diferença estatística significativa, porém mostrou uma diferença numérica alta, em que o valor de *p* encontrou-se muito próximo de sinalizar uma diferença estatística (*p* = 0,051).

Segundo a literatura, apesar das partículas inorgânicas das resinas estarem muito mais ligadas às propriedades de resistência ao desgaste e às características de radiopacidade do material, muitos autores fazem uma correlação entre o grau de conversão e o tamanho e heterogeneidade das partículas. De acordo com RUYTER & OSAYED (12), a dispersão de luz que ocorre dentro dos compósitos causada pelas partículas de carga é inversamente proporcional ao diâmetro da partícula e diretamente proporcional aos seus índices de refração. Outro autor confirmou esses achados (18), onde partículas de pequeno diâmetro de carga levam a menor profundidade de cura, maior número de duplas ligações e, portanto, menor grau de conversão. No entanto, alguns autores como SHOLZ JR. *et al.* (13) ao avaliarem o grau de conversão através do teste de dureza de sete compósitos com conteúdo de carga diferente, observaram não haver relação entre alto conteúdo de carga e maiores valores de dureza, mostrando que não existe apenas um, mas sim muitos fatores que interferem nas propriedades finais das resinas compostas. Se considerarmos apenas o tamanho das partículas de carga das resinas, pode-se observar que o resultado encontrado no presente estudo contradiz a ideia de que os compósitos com menores partículas de carga apresentam um menor grau de conversão. Nesta pesquisa, se forem comparados grupos de diferentes resinas, pode-se observar que a resina

Z 350®, composta de cargas nanométricas, ou seja, as menores partículas, foi a que apresentou o maior grau de conversão.

Além da composição química, a efetividade da irradiação luminosa é um dos fatores mais importantes na qualidade final da reação de polimerização. A intensidade da fonte de luz, o modo de ativação e o tempo de exposição estão diretamente relacionados com a capacidade de conversão da cadeia polimérica e consequentes propriedades físicas e mecânicas dos compósitos (19). Muitos estudos comparativos entre unidades convencionais e aparelhos de LED foram realizados, mostrando grande divergência de resultados. DUKE (5) relatou em seu estudo que a profundidade de polimerização obtida com LED foi igual ou superior à obtida por luz halógena convencional. SOARES, LIPORINI, MARTIN (15) também observaram melhores resultados de conversão monomérica com as fontes de LED comerciais, mas atribuíram ao fato destas terem apresentado uma maior densidade de energia que as lâmpadas halógenas utilizadas na pesquisa. Os trabalhos de DUNN & BUSH (6) mostraram resultados inferiores para as unidades LED em comparação com unidades de luz halógena em testes de profundidade de polimerização e microdureza. O mesmo foi observado por ASMUSSEN & PEUTZFELD (2) na análise do grau de conversão a partir de 2,0 mm de profundidade. Os resultados do presente estudo também vão de encontro a esses achados na comparação de LED e luz ha-

lógena, não demonstrando diferença estatística significativa entre os grupos.

Em relação ao tipo de ativação, a polimerização soft-start, que foi descrita por TEDESCO (19) permitiria o prolongamento da fase pré-gel da resina composta fotopolimerizável, à semelhança do que ocorre nas resinas autopolimerizáveis, ocasionando desta maneira um maior grau de conversão do material resinoso. No entanto, SOARES, LIPORINI, MARTIN (15) ao compararem o grau de conversão monomérica em compósitos ativados por luz halógena nos modos convencional e soft-start obtiveram resultados semelhantes. O mesmo foi observado nesta monografia, onde os grupos com tipo de ativação soft-start (grupos 1, 2, 3, 4) não apresentaram diferença estatística quando comparados aos grupos com modo de ativação convencional (grupos 4 e 5).

Em relação aos testes utilizados para análise de grau de conversão, pode-se afirmar que a qualidade de polimerização dos compósitos fotopolimerizáveis pode ser avaliada através de uma série de testes como: microdureza, grau de conversão com espectroscopia por FTIR/ATR, grau de conversão com espectroscopia por Raman, microscopia ótica e por escavação, entre outros. Cada teste apresenta maiores ou menores dificuldades técnicas de execução, no entanto, apresentam qualidade de resultados semelhantes. Alguns autores optam pela análise de microdureza (3), outros pelo método de infra-vermelho (FTIR) (9). Os estudos mais atuais trazem um novo método de análise de grau de conversão monomérica que é a espectroscopia por Raman (16, 17). Este método vem mostrando ser tão ou mais sensível do que todos os métodos anteriores de conversão, além de apresentar uma técnica muito mais simples e eficaz (16). A espectroscopia por Raman consiste de uma técnica analítica simples de estudo das ligações de carbono. Dentre as grandes vantagens desse método destacam-se: tecnologia de ponta utilizando feixe de laser de hélio-neônio como fonte de excitação de elétrons dos componentes orgânicos, técnica simples, amstras não exigem qualquer procedimento preparatório, o que acontece no FTIR e muitas vezes destrói a amostra que não poderá mais ser utilizada para outros testes. Outra vantagem do Raman é que o método permite, dentro de suas limitações de tamanho do equipamento, utilização de amostras de qualquer formato e espessura (4).



Figura 1. Unidade de diodos emissores de luz - LED Radii-cal® (SDI, Victoria, Australia, AU)



Figura 2. Unidade de ativação por luz halógena com lâmpada de quartzo de tungstênio-QTH Optilux™ 501 - Demetron® (Kerr, United States of America, USA)

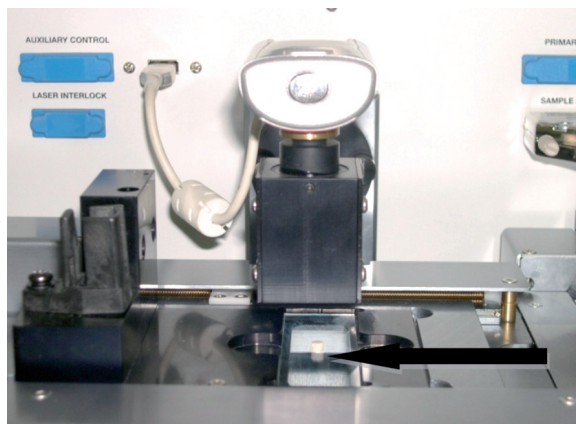


Figura 3. Aparelho Raman aberto

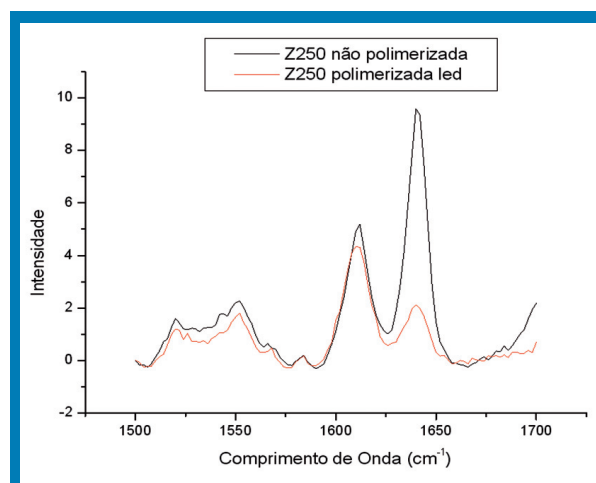


Figura 4. Gráfico do grau de conversão. Espectros de frequência de uma amostra da resina Z250 não polimerizada

Conclusão

Após realização, discussão e resultados do presente estudo, pôde-se concluir:

- **H₀₁**: houve uma diferença estatística significativa comparando-se os grupos de diferentes resinas obtendo-se os melhores resultados de grau de conversão nos grupos com resinas Z 350®, com exceção de um grupo (grupo 2), que utilizou a resina Z 350® com a fonte de ativação LED. Este grupo não apresentou diferença estatística significativa, porém mostrou uma diferença numérica alta, em que o valor de p encontrou-se muito próximo de sinalizar uma diferença estatística (p = 0,051). Assim, a hipótese nula foi rejeitada.
- **H₀₂**: não houve diferença estatística do grau de conversão para as diferentes fontes luminosas testadas. Assim, a hipótese nula foi aceita.
- **H₀₃**: não houve diferença estatística do grau de conversão para os diferentes modos de fotoativação testados. Assim, a hipótese nula foi aceita.

Referências Bibliográficas

1. ASMUSSEN, E. Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resins polymers. *Scand. J. Dent. Res.*, v. 90, p. 490-6, 1982.
2. ASMUSSEN, E., PEUTZFELDT, A. Light-emitting diode curing: Influence on selected properties of resin composites. *Quintessence Int.*, v. 34, n. 1, 2003.
3. CALHEIROS, F. C. *et al.* Influence of radiance exposure on contraction stress, degree of conversion and mechanical properties of resin composites. *Dent. Mater.*, v. 22, p. 799-803, 2006.
4. CHUNG, K. H., GREENER, E. H. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resin. *J. Oral Rehabil.*, v. 17, p. 487-94, 1990.
5. DUKE, E. S. Light emitting diodes in composite resin photopolymerization. *Compend. Contin. Educ. Dent.*, v. 22, n. 9, p. 722-5, Sept. 2001.
6. DUNN, W. J., BUSH, A. C. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. *JADA*, v. 133, p. 355-41, 2002.
7. FERRACANE, J. L. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent. Mater.*, v. 1, p. 11-4, 1985.
8. FERRACANE, J. L. *et al.* Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *J. Dent. Res.*, v. 76, n. 8, p. 1508-16, Aug., 1997.
9. OZIESIL, A. G., USUMEZ, A., GUNDUZ, B. The efficiency of different light sources to polymerize composite beneath a simulated ceramic restoration. *J. Prosthet. Dent.*, v. 91, p. 151-7, 2004.
10. RASETTO, F., DRISCOLL, C. F., VON FRAUNHOFEN, J. A. Effect of light source and time on the polymerization of resin cement through ceramic veneers. *J. Prosthodont.*, v. 10, n. 3, p. 133-9, Sept., 2001.
11. ROSENSTIEL, S. F., LAND, M. F., CRISPIN, B. J. Dental luting agents: a review of the current literature. *J. Prosthet. Dent.*, v. 80, n. 3, p. 280-301, 1998.
12. RUYTER, I. E., OYSAED, H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odontol. Scand.*, v. 40, n. 3, p. 179-92, 1982.
13. SHOLZ JR., N. *et al.* Estudo do conteúdo de carga e dureza das resinas compostas fotoativadas. *RGO*, v. 44, n. 3, p. 176-8, Maio/Jun., 1996.
14. SIDERIDOU, I., TSERKI, V., PAPANASTASIOU, G. Effect of chemical structure on

degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, v. 23, p. 1819-29, 2002.

15. SOARES, L. E., LIPORINI, P. C., MARTIN, A. A. The effect of soft-start polymerization by second generation LEDs on the degree of conversion of resin composite. *Oper. Dent.*, v. 32, n. 2, p. 160-5, Mar./Apr., 2007.

16. SILVA, E. M., POSKUS, L. T., GUIMARÃES, J. G. A. Influence of light-polymerization modes on the degree of conversion and mechanical properties of resin compo-

sites. A Comparative Analysis between a hybrid and a nanofilled composite. *Operative Dentistry*, v. 33, n. 3, 287-93, 2008.

17. SILVA, E. *et al.* Influence of light polymerization modes on degree of conversion and crosslink density of dental composites. *J. Mater Sci. Mater Med.*, v. 19, p. 1027-32, 2008.

18. TEDESCO, A. D. *Avaliação do grau de conversão monomérica de compósitos de alta densidade em diferentes profundidades por espectroscopia no infravermelho.* RJ, 2002, 119 p. Dissertação (mestrado em

área de Dentística) – FO/Uerj.

19. TEDESCO, A. D. *Influência na fotoativação com lâmpadas halógena e LED e dos modos soft-start e pulsátil na microdureza, grau de conversão monomérica e grau de reticulação de um compósito com nanopartículas.* RJ, 2008, 168 p. Tese (doutorado em área de Dentística) – FO/Uerj.

20. VANKERCKHOVEN, H. *et al.* Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resin. *J. Dent. Res.*, v. 61, n. 6, p. 791-5, June, 1982.

Recebido em: 26/10/2009

Aprovado em: 15/09/2010

Fernanda Pitta Ritto

Estrada da Barra da Tijuca, 1006, 504, bloco 4 - Itanhangá

Rio de Janeiro/RJ, Brasil - CEP: 22641-003

E-mail: fpitta@globo.com