

Grau de Conversão de Resinas Compostas. Influência do Método de Fotopolimerização.

Ana Borges*, Filipa Chasqueira**, Jaime Portugal***

Resumo: Objectivos: Determinar o grau de conversão de quatro resinas compostas avaliando a influência do método de fotopolimerização. Materiais e Métodos: Fabricaram-se 40 discos de compósito com 2mm de espessura, divididos por 8 grupos experimentais ($n=5$) conforme as combinações possíveis entre dois métodos de fotopolimerização [lâmpadas de halogéneo (400mW/cm^2)/40s e LED (800mW/cm^2)/20s] e quatro compósitos [Suprafil (R&S), Natural Elegance (Henry Schein), Proclinic Composite PM (Madespa) e Filtek Z250 (3M ESPE)]. O compósito foi fotopolimerizado aplicando a luz apenas no topo de cada disco, tendo sido utilizado esmalte humano como material reflector. Após 24h de armazenamento, no escuro e em meio seco, foram realizados testes de microdureza Vickers no topo e base dos espécimes e calculado o ratio de microdureza. Um mínimo de 0,80 foi considerado como uma polimerização adequada. Os resultados foram analisados com ANOVA e teste t. Resultados: Os ratios de microdureza variaram entre 0,79 e 0,98. Para a lâmpada de halogéneo, o Z250 obteve um ratio de microdureza estatisticamente superior ($p<0,05$) aos restantes compósitos. Com o LED, não se observaram diferenças estatisticamente significativas ($p\geq0,05$) entre os compósitos, com excepção do Suprafil que apresentou um ratio mais baixo. Conclusões: Embora o Z250 tenha apresentado um ratio de microdureza mais elevado, verificou-se uma correcta polimerização de todos os grupos experimentais, com excepção do grupo Proclinic/halogéneo (0,79). A utilização do LED (800mW/cm^2) permitiu reduzir o tempo de exposição.

Palavras-Chave: Grau de Conversão; Ratio de microdureza; Fotopolimerizador de Halogéneo; Fotopolimerizador LED; Resina Composta

Abstract: Objectives: To evaluate the degree of conversion of four composite resins and to determine the influence of two polymerization methods. Methods: Forty 2mm thick composite disks were assigned to 8 experimental groups ($n=5$) according to several possible combinations between the polymerization methods [QTH curing unit (400mW/cm^2) / 40s and a LED curing unit (800mW/cm^2) / 20s] and the composites [Suprafil (R&S), Natural Elegance (Henry Schein Inc.), Proclinic Composite PM (Madespa SA) and FiltekTM Z250 (3M ESPE)] tested. Specimens were polymerized exposing the light only to the top surface. Human enamel was used below the disks, as a reflection material. After dry storage in the dark for 24h, Vickers microhardness measurements were performed for each specimen on the top and bottom surfaces. Microhardness ratio was calculated for each specimen. A minimum of 0.80 was considered as a correct polymerization. Data were analyzed with ANOVA and t-Test. Results: Microhardness ratio ranged between 0.79 and 0.98. To QTH specimens, Z250 showed statistically ($p<0,05$) higher ratios than the others composites. To LED specimens, there were no statistically ($p\geq0,05$) differences between composites with the exception of Suprafil who has shown a lower ratio. Conclusions: Despite the fact that Z250 showed an higher microhardness ratio, all the experimental groups reached an adequate polymerization, excepted for the group Proclinic/QTH (0.79). Using the LED curing unit may reduce the working time.

Key-words: Degree of conversion; Microhardness; QTH Curing Unit; LED Curing Unit; Composite Resin

(Borges A, Chasqueira F, Portugal J. Grau de Conversão de Resinas Compostas. Influência do Método de Fotopolimerização. Rev Port Estomatol Cir Maxilofac 2009;50:197-203)

*Pós-Graduada em Dentisteria Restauradora e Estética pelo ISCS-Sul.

**Monitora da disciplina de Biomateriais da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa. Investigadora da Unidade de Investigação de Ciências Orais e Biomédicas da FMDUL.

***Professor Auxiliar e Regente da disciplina de Biomateriais da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa. Investigador da Unidade de Investigação de Ciências Orais e Biomédicas da FMDUL.

INTRODUÇÃO

Actualmente tem-se assistido ao lançamento por parte de grandes distribuidores de material dentário, de alguns compósitos de marcas próprias, mais baratos, mas com poucos estudos independentes. Sendo assim, o clínico é colocado perante o dilema de poder seleccionar materiais mais baratos mas que pouco se sabe acerca das suas propriedades.

A adequada polimerização das resinas compostas é um factor decisivo na maximização das características físicas, mecânicas e biológicas determinantes para o seu sucesso clínico⁽¹³⁾.

O grau de conversão, que traduz a extensão da reacção de polimerização, poderá ser influenciado por características dos compósitos (composição química da matriz, concentração do iniciador, tipo, tamanho e quantidade das partículas de carga⁽⁴⁻⁷⁾, cor^(3,8) e grau de translucidez/opacidade⁽⁹⁾ e por factores relacionados com a luz de activação (energia fornecida pelo fotopolimerizador que depende da intensidade e da duração da irradiação, o comprimento de onda da luz emitida e a distância do compósito à fonte de luz)^(8,10-12).

O grau de conversão pode ser avaliado por métodos directos e indirectos. Os métodos directos, como a espectroscopia por infravermelhos⁽¹⁰⁻¹³⁾ e a espectroscopia de Raman⁽¹⁴⁾, permitem aceder directamente ao grau de conversão das ligações químicas, mas são complexos e dispendiosos. Os métodos indirectos incluem a remoção manual por raspagem do material não polimerizado (*scrapping*)^(3,15,16), a inspecção visual com auxílio de microscópio⁽¹⁵⁾ e a avaliação da microdureza e do ratio de microdureza^(3,6,7,17-19). Apesar de se ter verificado que a técnica de raspagem e a de inspecção visual sobreestimam a profundidade de polimerização⁽¹⁵⁾, é conhecida a correlação positiva existente entre o ratio de microdureza e o grau de conversão de resinas compostas avaliado pelo método directo através de espectroscopia por infravermelhos⁽⁶⁾.

Dada a relativa facilidade na execução de testes de microdureza e cálculo do ratio de microdureza, este é um método frequentemente utilizado na mensuração do grau de conversão. O procedimento consiste em determinar a dureza na superfície mais próxima da luz (topo) e na mais afastada (base). Tem sido estabelecido que a dureza da base deverá representar pelo menos 80% da dureza do topo (ratio=0,80)^(3,6,7,18,19).

Actualmente, estão disponíveis fotopolimerizadores baseados em diversas tecnologias: lâmpadas de quartzo-tungsténio-halogéneo (QTH), aparelhos de laser de argón, lâmpadas de arco de plasma e fotopolimerizadores de diodos emissores de luz (LED)^(7,16,20,21).

As lâmpadas de halogéneo foram as primeiras a ser intro-

duzidas para a fotopolimerização de resinas compostas e até há bem pouco tempo eram ainda as mais utilizadas⁽²²⁾. Produzem radiação com uma grande amplitude de comprimento de onda, que necessita de ser filtrada, para que a radiação emitida se restrinja à luz azul, normalmente entre os 400 e 500nm. Geralmente emitem intensidade entre 400 e 800mW/cm², embora alguns dos aparelhos mais recentes já ultrapassem os 1000mW/cm². Tradicionalmente, era recomendado um tempo de exposição de 40s para a polimerização adequada da maioria dos compósitos em incrementos com 2mm de espessura^(7,20,23). O elevado tempo clínico dispendido na fotopolimerização destes materiais, aliado a algumas limitações apresentadas pelas lâmpadas de halogéneo conduziu à introdução no mercado de outros tipos de aparelhos fotopolimerizadores.

Os aparelhos de laser de argón emitem luz azul com uma intensidade de aproximadamente 250mW/cm² e uma amplitude de comprimento de onda muito estreita, entre os 460nm e os 500nm. Devido às características da radiação emitida, estes aparelhos apresentam uma capacidade de polimerização bastante elevada, apesar da sua baixa intensidade. No entanto, devido ao seu elevado custo, grandes dimensões e incapacidade de activar outros fotoiniciadores para além da canforoquinona estes aparelhos não tiveram grande aceitação por parte dos clínicos^(14,20).

As lâmpadas de arco de plasma emitem luz entre os 400 e 500nm, depois da radiação passar por um filtro, tal como acontece nas lâmpadas de halogéneo. Tipicamente, emitem luz com elevada intensidade, entre 1800 e 2000mW/cm², permitindo reduzir significativamente o tempo dispendido na fotopolimerização das resinas compostas^(20,21,23). Normalmente, incrementos de compósito com 2mm de espessura requerem um tempo de exposição à luz inferior a 10 segundos⁽²⁰⁾. No entanto, tal como os aparelhos de laser, a sua utilização tem sido escassa devido ao seu elevado custo.

Os fotopolimerizadores LED foram os últimos a serem introduzidos no mercado. Apesar dos primeiros emitirem radiação luminosa de reduzida intensidade, actualmente, encontram-se disponíveis aparelhos capazes de gerar radiação luminosa que atinge os 2000mW/cm². Emitem radiação monocromática, situada no espectro do azul, não necessitando de filtros^(14,19,21). A luz emitida apresenta, normalmente, um comprimento de onda entre os 440nm e os 500nm, com um pico de rendimento próximo dos 470nm, o que se pode traduzir na incapacidade de fotopolimerizar algumas resinas compostas, nomeadamente as que contêm outros iniciadores que não a canforoquinona⁽²⁴⁻²⁶⁾. No entanto, este problema tem vindo a ser colmatado com o lançamento de novos aparelhos com a capacidade de emitirem radiação com uma amplitude de comprimento de onda mais alargada. Relativamente às

	Suprafil	Natural Elegance	Proclinic Composite PM	Filtek™ Z250
Matriz	Bis GMA, TEGDMA, Bis EMA	Bis GMA	Bis GMA	Bis GMA, UDMA, Bis EMA
Partículas de carga	Vidros de bário, sílica	Vidros de bário, sílica	Vidros, sílica	Zircónio/sílica
Tamanho das partículas (μm)	0,04 - 2,8	0,01 - 0,7	0,05 - 1,5	0,01 - 3,5
% carga (vol.)	59	54	65	60
N.º lote	0172999	A8520-8	1747/10177-1	20090211
Validade	2012-01	2010-07	2011-10	2011-10

Tabela 1 - Características das resinas compostas utilizadas no estudo



lâmpadas de halogéneo, os fotopolimerizadores LED apresentam inúmeras vantagens, o que tem levado um grande número de profissionais a optarem por esta tecnologia.

O objectivo deste estudo laboratorial foi determinar o grau de conversão, através do ratio de microdureza, de quatro resinas compostas, bem como, avaliar a influência do método de fotopolimerização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, foram testadas quatro resinas compostas microhíbridas fotopolimerizáveis de cor A3. Os compósitos comercializados exclusivamente por três grandes distribuidores presentes no mercado português [Suprafil (R&S/CFPM, Tremblay-en-France, França), Natural Elegance (Henry Schein Inc., Melville, NY, EUA) e Proclinic Composite PM (Madespa SA, Toledo, Espanha)] foram comparados com o Filtek™ Z250 (3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, EUA). As características dos compósitos utilizados encontram-se referidas na Tabela 1.

A eficácia de dois métodos de fotopolimerização foi também avaliada neste estudo. Foi utilizado um fotopolimerizador de halogéneo (Ortholux XT Visible Light Curing Unit, 3M Unitek, St. Paul, MN 55144, EUA) com um tempo de exposição de 40 segundos, e um aparelho LED (Ortholux LED Curing Light, 3M Unitek, 82171 Puchheim, Alemanha) durante 20 segundos.

As características dos fotopolimerizadores utilizados estão referidas na Tabela 2.

	Ortholux XT	Ortholux LED
Tipo	QTH	LED
Nº de série	202187	93983000776
Intensidade (mW/cm²)	400	800
λ da luz emitida (nm)	400-500	430-480

Tabela 2 - Características dos fotopolimerizadores utilizados no estudo.

Foram fabricados 40 discos de compósito com 5 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, utilizando um anel de silicone como matriz. O anel foi aplicado sobre a superfície vestibular de um dente incisivo central superior, que serviu como material reflector da luz. Após a aplicação do compósito, a sua superfície foi coberta com uma matriz de acetato e tornada plana, exercendo pressão com uma placa de vidro (Figura 1).

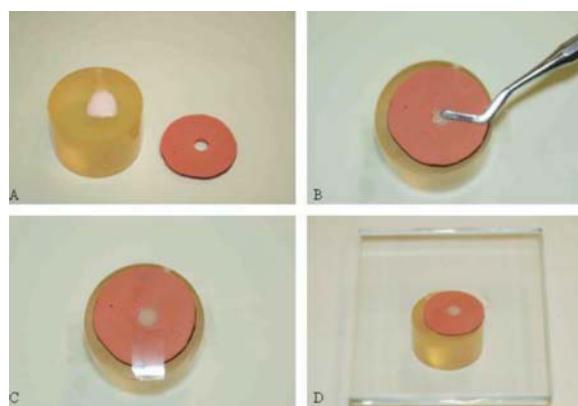


Figura 1 - Sequência da fabricação dos espécimes. A - dente incisivo central superior incluído num bloco de acrílico e anel de silicone; B - condensação do compósito; C - matriz de acetato aplicada sobre o compósito; D - placa de vidro para tornar superfície plana



De seguida, cada espécime foi polimerizado com uma das fontes de luz seleccionadas, pelo tempo correspondente. A ponta do fotopolimerizador foi colocada directamente sobre a matriz de acetato formando com ela um ângulo de 90°. A intensidade da luz emitida foi comprovada imediatamente antes da fotopolimerização de cada grupo experimental com um radiômetro (Demetron LED Radiometer, Kerr, Danbury, CT06810, EUA).

Em cada espécime foram consideradas duas superfícies distintas: base (a mais afastada da fonte da luz) e topo (a mais próxima da fonte da luz).

Foram constituídos 8 grupos experimentais de acordo com as diversas combinações possíveis entre o método de fotopolimerização e o tipo de compósito (n=5) (Tabela 3).

imediatamente após a fotopolimerização os espécimes foram armazenados em meio seco, no escuro e à temperatura ambiente, durante 24 horas.

Os testes de microdureza Vickers foram realizados com um microdúrometro (Duramin, Struers, DK-2750, Dallerup, Dinamarca). Foram realizadas três indentações em cada superfície respeitando a mesma ordem e a distância entre elas. Utilizou-se um tempo de penetração de 15 segundos e uma carga de 980,7mN.

Para cada superfície, foi calculada a média das três medições de forma a obter um valor único de microdureza Vickers (HV).

O *ratio* de microdureza para cada espécime foi calculado de acordo com a fórmula: Ratio de microdureza = VH da base / VH do topo. Considerou-se que os valores superiores a 0,8 correspondiam à correcta polimerização do compósito na base.

Os dados foram submetidos a uma ANOVA de duas vias de forma a determinar a influência do compósito e do método de fotopolimerização. Em seguida, foram realizadas duas ANOVA de uma via, uma para cada método de fotopolimerização, seguidas de testes post-hoc segundo o método de Tukey. A comparação entre o *ratio* de microdureza obtido com os diferentes métodos de fotopolimerização foi realizada com o teste *t* para amostras independentes. O nível de significância estatística foi fixado em 0,05.

RESULTADOS

O valor médio de *ratio* de microdureza variou entre 0,79 e 0,98. O Proclinic Composite PM fotopolimerizado com lâmpada de halogéneo (400mW/cm²) durante 40s, corresponde ao grupo experimental com menor *ratio* de microdureza. A resina composta com um *ratio* mais elevado foi a Filtek Z250 associada ao LED (800 mW/cm²) durante 20s (Tabela 4).

Resina Composta	Método de Fotopolimerização	
	Aparelho Fotopolimerizador	Tempo exposição (s)
Suprafil	Halogéneo	40
Suprafil	LED	20
Natural Elegance	Halogéneo	40
Natural Elegance	LED	20
Proclinic Composite PM	Halogéneo	40
Proclinic Composite PM	LED	20
Filtek™ Z250	Halogéneo	40
Filtek™ Z250	LED	20

Tabela 3 - Grupos experimentais efectuados de acordo com as várias combinações possíveis entre os compósitos e os métodos de fotopolimerização (n=5)

Resina Composta	Método de Fotopolimerização	N	Média	Desvio Padrão	Min.	Máx.
Suprafil	Halogéneo 40s	5	0,82	0,04	0,78	0,87
Suprafil	LED 20s	5	0,81	0,03	0,76	0,85
Natural Elegance	Halogéneo 40s	5	0,84	0,02	0,82	0,86
Natural Elegance	LED 20s	5	0,91	0,07	0,82	1,00
Proclinic Composite PM	Halogéneo 40s	5	0,79	0,05	0,75	0,88
Proclinic Composite PM	LED 20s	5	0,92	0,08	0,79	0,99
Filtek™ Z250	Halogéneo 40s	5	0,97	0,02	0,95	1,00
Filtek™ Z250	LED 20s	5	0,98	0,02	0,96	1,01

Tabela 4 - Estatística descritiva do *ratio* de microdureza

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor F	Valor P
Método de Fotopolimerização	1	0,022	0,022	11,093	0,002
Resina Composta	3	0,144	0,048	24,320	< 0,001
Método / Resina Composta	3	0,030	0,010	5,054	0,006
Residual	32	0,063	0,002		

GL- Graus de liberdade; SQ- Soma dos quadrados tipo III; QM- Quadrado médio.

Tabela 5 - Análise de variância (ANOVA) com duas vias do ratio de microdureza (variáveis independentes: método de fotopolimerização e resina composta; variável dependente: *ratio* de microdureza).

A análise de variância (ANOVA) com duas vias revelou que tanto o método de fotopolimerização como o tipo de compósito apresentou uma influência estatisticamente significativa ($p<0,05$) sobre o *ratio* de microdureza (Tabela 5). A interacção entre as duas variáveis independentes também se mostrou estatisticamente significativa ($p<0,05$).

Uma vez que com na análise anterior se obteve uma interacção entre as duas variáveis independentes, foram realizadas duas análises de variância (ANOVA) de uma via seguidas de testes *post-hoc* segundo o método de Tukey, com o objectivo de determinar a influência das resinas compostas para cada método de fotopolimerização.

Nos espécimes fotopolimerizados com a lâmpada de halogéneo durante 40 segundos, o Filtek 250 apresentou um *ratio* de microdureza estatisticamente mais elevado ($p<0,05$) que os restantes compósitos. Entre os compósitos Proclinic Composite PM, Natural Elegance e Suprafil não se verificou qualquer diferença estatisticamente significativa ($p\geq 0,05$) (Figura 2).

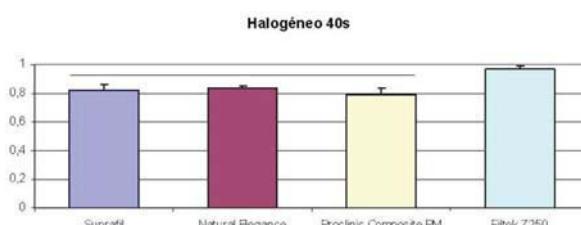


Figura 2 - *Ratio* de microdureza para cada resina composta; fotopolimerização com lâmpada de halogéneo. [A linha horizontal sobre as barras refere-se à inexistência de diferenças estatisticamente significativas ($p\geq 0,05$)].

Os resultados referentes aos grupos experimentais polimerizados com LED mostraram diferenças estatisticamente significativas ($p<0,05$) entre o compósito Suprafil (menor *ratio* de microdureza) e os restantes. Entre os compósitos Proclinic Composite PM, Natural Elegance e Filtek Z250 não se verificou qualquer diferença estatisticamente significativa ($p\geq 0,05$) (Figura 3).

O teste *t* para amostras independentes, utilizado para determinar a influência do método de fotopolimerização sobre o *ratio* de microdureza, revelou que apenas para o compósito Proclinic

Composite PM se observou uma diferença estatisticamente significativa entre os métodos de fotopolimerização ($p<0,05$).

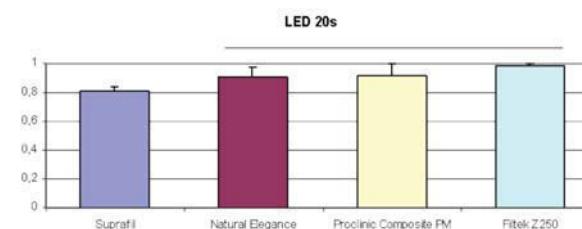


Figura 3 - *Ratio* de microdureza para cada resina composta; fotopolimerização com LED [A linha horizontal sobre as barras refere-se à inexistência de diferenças estatisticamente significativas ($p\geq 0,05$)].

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo permitiram verificar que, de uma maneira geral, se obteve um grau de conversão adequado das camadas mais profundas dos compósitos testados. Os resultados mais elevados, obtidos com o compósito Filtek Z250 (*ratio* 0,97 com halogéneo e 0,98 com LED), foram um pouco superiores aos encontrados noutros estudos recentes^(7,19). Este facto poderá ter sido devido às diferenças verificadas nos tempos de exposição à luz e na intensidade dos fotopolimerizadores utilizados.

De uma maneira geral, não se observaram diferenças na capacidade de polimerização dos dois métodos de fotopolimerização nas camadas mais profundas dos compósitos testados. Para o Filtek Z250 e o Suprafil, o *ratio* de microdureza apresentou valores praticamente sobreponíveis, para os dois métodos, o que se encontra de acordo com estudos realizados anteriormente^(12,19,21). No entanto, para o Proclinic verificou-se que a utilização do LED permitiu obter um *ratio* de microdureza mais elevado que o obtido com a lâmpada de halogéneo.

Estes resultados demonstram que a utilização de aparelhos LED, emissores de radiação luminosa de maior intensidade, permite reduzir o tempo de exposição à luz mantendo, ou aumentando até, a capacidade de fotopolimerização de incrementos com 2mm de espessura dos compósitos estudados. Desta forma torna-

se possível reduzir o tempo despendido na clínica.

As diferenças verificadas entre os compósitos poderão ser atribuídas à sua diferente composição⁽⁷⁾. Um dos factores que poderá influenciar o grau de conversão é tipo e a percentagem de partículas de carga por volume^(6,21). Seria de esperar que quanto maior fosse o volume de carga, menor seria o *ratio* de microdureza, uma vez que a luz é dispersa e refletida pelas partículas de carga, tornando mais difícil a sua penetração no compósito. No entanto, a percentagem de carga por volume é semelhante nos compósitos avaliados no presente trabalho. Outros factores como a composição química da matriz e o tamanho das partículas de carga poderão ser considerados^(5,7). Como os compósitos testados apresentavam partículas com tamanho similar, este factor não deverá ser o responsável pelas diferenças entre os compósitos e provavelmente

será a composição da matriz a ter, neste caso, uma maior influência sobre o grau de conversão.

CONCLUSÕES

Embora o Z250 apresente um *ratio* de microdureza mais elevado, verificou-se uma correcta polimerização de todos os grupos experimentais, com exceção do grupo Proclinic/halogéneo (0,79). A utilização do LED (800mW/cm²) permitiu reduzir o tempo de exposição sem que se tivesse verificado uma redução do grau de conversão para incrementos de compósito com 2mm de profundidade.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Eliades GC, Vougiouklakis GJ, Caputo AA. Degree of double-bond conversion in light-cured composites. Dent Mater 1987;3:19-25.
- 2 - Rueggeberg FA, Craig RG. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. J Dent Res 1988;67:932-937.
- 3 - Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu T-MG, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. Oper Dent 2008; 33:408-412.
- 4 - Asmussen E. Restorative resins: hardness and strength vs. Quantity of remaining double bonds. Scand J Dent Res 1982;90:484-489.
- 5 - Asmussen E. Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. Scand J Dent Res 1982; 90:490-496.
- 6 - Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. Oper Dent 2004;29:698-704.
- 7 - Hubbezoglu I, Bolayir G, Doğan O, Dogan A, Özer A, Bek B. Microhardness evaluation of resin composites polymerized by three different light sources. Dent Mater J 2007;26:845-53.
- 8 - Davidson CL, de Gee AJ. Light-curing units, polymerization, and clinical implications. J Adhesive Dent 2000;2:167-173.
- 9 - Poskus L, Placido E, Cardoso P. Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations. Dent Mater 2004;20:726-732.
- 10 - Halvorson R, Erickson R, Davidson C. Energy dependent polymerization of resin-based composite. Dent Mater 2002;18:463-469.
- 11 - Nomoto R, Asada M, McCabe JF, Hirano S. Light exposure required for optimum conversion of light activated resin systems. Dent Mater 2006;22:1135-1142.
- 12 - Schneider LF, Consani S, Correr AB, Sobrinho LC, Sinhoreti MA. Effect of time and polymerization cycle on the degree of conversion of a resin composite. Oper Dent 2006;31:489-495.
- 13 - Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Influence of irradiant energy on degree of conversion, polymerization rate and shrinkage stress in a experimental resin composite system. Dent Mater 2008;24:1164-1168.
- 14 - Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. Oper Dent 2007;32:571-578.

15. DeWald JP, Ferracane JL. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res* 1987;66:727-730.
16. Ceballos L, Fuentes M, Tafalla H, Martinez A, Flores A, Rodriguez J. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2009;14:E51-56.
- 17 - Portugal J, Bernardo MF, Pereira C, Ortet J, Leitão J. Effect of Light Curing Time on the Effectiveness of Composite Polymerization. *Dent Mater* 2002;18:A17, Abstract 44.
- 18 - Neo BJ, Soh MS, Teo JW, Yap AUJ. Effectiveness of composite cure associated with different light-curing regimes. *Oper Dent* 2005;30:671-675.
- 19 - Mobarak E, Elsayad I, Ibrahim M, El-Badrawy. Effect of light-curing on the relative hardness of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 2009;34:65-71.
- 20 - The Dental Advisor. Light-curing Units. *The Dental Advisor* 2002;19:1-5.
- 21 - Yoon T, Lee Y, Lim B, Kim C. Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil* 2002;29:1165-1173.
- 22 - CRA. LED Resin Curing Lights – update 2004. *Clinical Research Associates Newsletter* 2004;28:1-4.
- 23 - Rueggeberg FA, Ergle JW, Mettenburg DJ. Polymerization depths of contemporary light-curing units using microhardness. *J Esthet Dent* 2000 ;12:340-349.
- 24 - 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;16:41-47.
- 25 - The Dental Advisor. LED Light-curing Units. *The Dental Advisor* 2004;21:1-3.
- 26 - The Dental Advisor. LED Light-curing Units. *The Dental Advisor* 2006;23:1-12.