

Influência da Fotopolimerização e da Cor da Resina Composta na Microdureza

Influence of Light Curing and Shade on the Microhardness of a Composite Resin

Leily Macedo FIROOZMAND^I, Ivan BALDUCCI^{II}, Maria Amélia Máximo de ARAÚJO^{III}

^IDoutoranda em Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), São José dos Campos/SP, Brasil.

^{II}Professor Assistente do Departamento de Odontologia Social e Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), São José dos Campos/SP, Brasil.

^{III}Profesora Titular do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), São José dos Campos/SP, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Verificar a influência da opacidade de cor e tipos de aparelhos fotopolimerizadores (luz halógena X led azul) na microdureza da resina composta.

Método: A resina composta Esthet-X (Dentsply), nas cores A2 e A2-O, foi inserida em uma matriz de aço-inoxidável com cavidades de 5mm de diâmetro e 2mm de profundidade e fotopolimerizadas por aparelhos; de luz halógena, XL 3000 (3M) ou de LED azul, Optilight LD II (Gnatus), por 40s. Formaram-se 8 grupos com quinze amostras cada, sendo estes divididos conforme; as fontes polimerizadoras utilizadas, a área de exposição (superfície e a base) e a opacidade da resina composta empregada, perfazendo um total de 120 amostras de estudo. Estas foram armazenadas em água destilada, por 24h e embutidas em resina acrílica ativada quimicamente (RAAQ), sendo posteriormente realizados o acabamento e polimento com discos de lixa e de feltro. Realizou-se a leitura da microdureza em Microdurômetro Digital Vickers, utilizando 50g de carga por 30s de permanência. As médias das amostras foram submetidas aos testes estatísticos de análise de variância (ANOVA) e ao teste de comparação múltipla de Tukey (5%).

Resultados: A microdureza da superfície foi sempre maior que a da base independente do aparelho polimerizador utilizado; o aparelho de luz halógena apresentou maiores valores médios de microdureza da resina composta (57,61HV) em relação ao aparelho de LED (42,53HV); foram encontradas diferenças significantes entre os valores médios de microdureza ao se variar a opacidade, sendo que em profundidade obteve-se os menores valores com a resina A2-O.

Conclusão: A opacidade da resina, bem como, o aparelho fotopolimerizador influenciam no grau de microdureza da resina composta.

ABSTRACT

Objective: To study the influence of color opacity and light-curing systems (halogen light vs blue LED) on the microhardness of a composite resin.

Methods: Esthet-X composite resin (Dentsply), shades A2 and A2-O, was inserted in a stainless steel matrix (5 mm diameter and 2 mm deep) and was light cured for 40 seconds with a halogen light source (XL 3000; 3M/ESPE) or a blue LED (Optilight LD II; Gnatus). Eight groups of 15 specimens each were formed, and were further divided according to the light-curing systems, the exposed area (base and surface), and the opacity of the composite resin, producing 120 specimens. The specimens were next stored in distilled water for 24 hours, embedded in a chemically activated acrylic resin, then subjected to finishing and polishing with sandpaper and felt discs. Microhardness was measured with a Vickers Digital Microhardness meter, with a 50 g load for 30 seconds. The obtained microhardness means were analyzed by ANOVA and Tukey's multiple-comparison test at 5% significance level.

Results: The surface microhardness was always greater than the base microhardness, regardless of the light-curing source. The halogen light lamp produced significantly higher composite resin microhardness means than the blue LED (57.61 vs. 42.53 HV) ($p<0.05$). Statistically significant differences ($p<0.05$) were obtained between the microhardness means for the different composite opacities; lowest microhardness in depth was produced by the A2-O shade.

Conclusion: Composite resin opacity as well as the light-curing system influenced the microhardness of the material.

DESCRITORES

Resinas compostas; Dureza; Aparelho fotopolimerizador.

DESCRIPTORS

Composite resins; Hardness; Light curing units.

INTRODUÇÃO

Com o intuito de satisfazer as necessidades estéticas no tratamento restaurador, nos deparamos com a crescente valorização do uso das resinas compostas. Entretanto, para que se obtenha êxito no procedimento restaurador, diversos requisitos devem ser observados a fim de garantir a longevidade da restauração e o sucesso clínico do tratamento restaurador adesivo direto. A qualidade da polimerização das resinas compostas constitui um importante fator, influenciando nas propriedades mecânicas do material. Torna-se necessária, assim, a realização de estudos a fim de avaliar técnica, tempo de fotoativação e intensidade de luz, verificando se estas variações não acarretariam mudanças nas propriedades físico-mecânicas do material¹.

Desta forma, a polimerização incompleta pode ser atribuída a: penetração insuficiente da luz incidente, distância entre a fonte de luz e a superfície da resina composta, direcionamento da luz, condições do aparelho fotopolimerizador^{2,3}, tempo de exposição à luz halógena, espessura das porções de resina^{4,5}, cor da resina^{6,7}, tempo de polimerização⁴, assim como, o tipo de carga da resina composta^{1,8}.

Com a crescente exigência estética, os materiais restauradores vêm ganhando novas características a fim de reproduzir a estrutura dental com maior riqueza de detalhes. A literatura demonstra que as cores mais escuras possuem uma menor dureza superficial que as mais claras, quando utilizado um mesmo tempo de polimerização⁶. Além do matiz, croma e valor que caracterizam a cor da resina composta, estas podem ser encontradas com tons de opacidade para uma melhor reprodução da estrutura dentinária.

Quanto aos tipos de aparelhos fotopolimerizadores, podem ser encontrados os de luz halógena, que emitem luz branca e podem gerar calor durante os ciclos de polimerização, resultando em redução da efetividade de polimerização em longo prazo⁹ e os LEDs como fonte alternativa para polimerização, lançados a fim de contornar os problemas inerentes às lâmpadas halógenas.

De acordo com o fabricante, o LED, apresenta vantagens em relação aos aparelhos de luz halógena, tais como: luz espectralmente mais seletiva que as lâmpadas convencionais; luz fria, não aquece a resina e o dente; equipamento compacto e simples; baixo consumo de energia; maior tempo de vida útil; não utiliza filtro; mantém constante a potência durante toda vida útil do LED. Porém, diversos trabalhos na literatura apontam divergência nos resultados de polimerização, variando de acordo com o modelo do aparelho utilizado.

Os aparelhos de LED podem ser classificados através de gerações^{10,11} e ainda, recentemente foram

introduzidos os aparelhos fotopolimerizadores híbridos, que combinam as fontes LED e QHT (Quartzo Tungstênio Halogênio).

Desta forma, torna-se difícil ao clínico optar pela escolha de um aparelho de polimerização, visto que, são apresentadas, ao mercado, diversas opções. Além das condições peculiares de cada aparelho, é de grande valia a avaliação de sua eficácia sobre o material restaurador, pois o resultado final da atuação do aparelho de polimerização poderá influenciar na longevidade e sucesso clínico do tratamento. Como os estudos demonstram a influência da cor^{6,7,8,12,13} na profundidade de polimerização da resina composta, um outro aspecto a ser analisado é a influência da opacidade na polimerização da resina composta.

O objetivo deste estudo foi o de avaliar o desempenho do aparelho de QHT convencional e de LED azul, variando a opacidade da resina composta e a profundidade de polimerização usando o teste de microdureza. As hipóteses testadas são as de que não há diferença estatisticamente significativa entre a resina opaca (A2O) e a convencional (A2); não há diferença estatisticamente significativa entre os aparelhos QHT (luz halógena) e de LED azul, e que não há diferença de polimerização das resinas nas distâncias de 0mm e 2 mm de profundidade.

METODOLOGIA

Foram confeccionados 120 corpos-de-prova, com resina composta microhíbrida Esthet-X (Dentsply) com opacidades diferentes, fotopolimerizados por 40s pelos aparelhos: de luz halógena XL 3000 (3M Dental Materials) com 550mW/cm² ou de LED azul Optilight LD II (Gnatus) formado por 1 LED que produz a intensidade de luz de 95,5mW/cm² e potência de 48,0mW.

A resina composta, nas cores A2 e A2-O, foi inserida em uma matriz de aço inoxidável composta por cavidades circulares com 5mm de diâmetro por 2mm de profundidade em uma única porção^{1,7}, com auxílio de uma espátula antiaderente e uma lâmina de vidro que foi posicionada com leve pressão sobre a superfície da resina.

Para cada fotopolimerizador empregado, foram confeccionados trinta corpos-de-prova na cor A2 e trinta na cor A2-O obtendo-se quatro grupos que foram posteriormente analisados isoladamente. A fotopolimerização da resina composta foi realizada aplicando-se a ponta ativa do aparelho fotopolimerizador sobre a lâmina de vidro e a seguir, os corpos-de-prova foram mantidos em água destilada à temperatura ambiente, por 24h^{1,5}.

Decorrido este período metade dos corpos-de-prova de cada grupo, ou seja, 15 espécimes, foram

embutidos em Resina Acrílica Ativada Quimicamente (RAAQ) com a superfície, que recebeu incidência direta da luz, exposta na superfície dos blocos de resina acrílica e as demais com a base voltada para o observador. Os corpos-de-prova foram armazenados em um recipiente envolto por papel de alumínio a fim de evitar uma sobre polimerização do material pela iluminação ambiente. O acabamento e polimento foi realizado com lixas d'água seqüenciais de granulação 400, 600, 800, 1200 e 4000 e disco de feltro, por 30s em cada corpo-de-prova, em politriz a 600rpm com refrigeração, a fim de corrigir as imperfeições e promover uma lisura superficial adequada para a leitura da microdureza.

Os blocos de resina acrílica contendo os corpos-de-prova devidamente identificados foram levados ao aparelho Microdurômetro Digital Vickers, FM - Future Tech, equipado com diamante Vickers de forma piramidal. Para cada leitura utilizou-se uma carga de 50g, por 30s de permanência¹⁴. Foi mensurada a microdureza da superfície da resina, onde houve incidência direta da luz e na base da amostra, isto é, a 2mm de profundidade.

Os corpos-de-prova foram divididos em quatro quadrantes, delimitados com o auxílio de uma lâmina de bisturi. Em cada quadrante foram realizadas três endentações e obtida a média referente ao quadrante analisado. Desta forma, a partir de doze endentações realizadas, foi obtida a média da microdureza do corpo-de-prova e os resultados registrados foram analisados estatisticamente.

Foi considerada neste estudo, a influência da profundidade de polimerização (superfície e base) na microdureza da resina composta. Realizou-se o teste estatístico de análise de variância (ANOVA); onde a influência do aparelho polimerizador (Luz Halógena e LED) e opacidade (A2 e A2-O) foram considerados. O estudo do efeito interação foi conduzido por meio do gráfico de médias e pelo teste de comparação múltipla de médias (teste de Tukey). O nível de significância escolhido foi o valor convencional de 5%.

RESULTADOS

Considerando a profundidade de polimerização (superfície/ base) sob a ação dos aparelhos utilizados e sob a condição de ausência e presença da opacidade da resina (A2/ A2-O), observa-se, na Tabela 1, que os valores médios de microdureza para a superfície são superiores aos valores obtidos na base, independentemente do aparelho utilizado. Verifica-se, que as condições experimentais apresentam mesma dispersão; valores próximos de desvio padrão.

O teste estatístico ANOVA permitiu verificar que as variáveis: aparelho polimerizador, opacidade do material e

profundidade de polimerização apresentam o efeito conjunto estatisticamente significativo.

Tabela 1. Distribuição da Média (\pm Desvio-Padrão) dos dados de microdureza segundo o tipo de aparelho.

	Halógena				LED			
	A2		A2-O		A2		A2-O	
Superfície	61,50	2,34*	66,28	3,43	61,56	3,05	61,57	3,82
Base	54,18	3,24	48,51	4,90	33,97	7,54	13,01	6,99
Média (\pm DP)	57,84	4,65	57,39	9,94	47,77	15,12	37,29	25,31

*n=15 por célula.

O relacionamento entre a opacidade e a profundidade de polimerização depende do tipo de aparelho utilizado. Para o aparelho de luz halógena, observa-se na Figura 1, que a profundidade de polimerização indicada pela diferença (valor da superfície - base) para a resina A2 (61,50 - 54,18 = 7,32HV) é menor que para a A2-O (66,28 - 48,51 = 17,77 HV). Para o aparelho de LED, essa discrepância dos valores para as resinas A2 (61,56 - 33,97 = 27,59 HV) e A2-O (61,57 - 13,01 = 48,56 HV) ocorrem de forma mais acentuada.

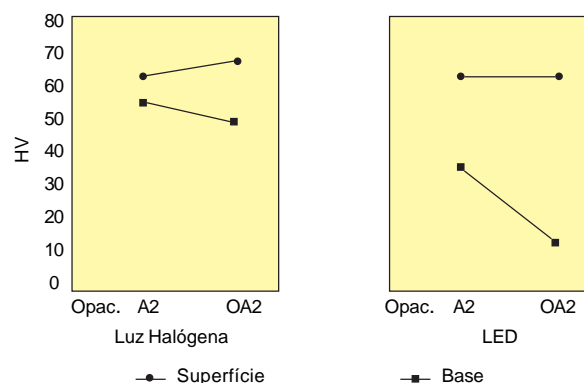


Figura 1. Gráfico das médias de microdureza para as oito condições experimentais.

Para o aparelho de luz halógena e de LED, a partir do teste de Tukey, foi possível determinar os grupos homogêneos e heterogêneos do estudo, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Teste de Tukey (5%) para as condições experimentais; opacidade e profundidade de polimerização sob ação do aparelho de luz halógena e LED.

Resina	Profundidade Polimerização	Halógena		LED	
		Média	Grupos Homogêneos	Média	Grupos Homogêneos
A2-O	Base	48,51	A	13,01	A
A2	Base	54,18	B	33,97	B
A2	Superfície	61,50	C	61,56	C
A2-O	Superfície	66,28	D	61,57	C

O desempenho de cada aparelho, independentemente da influência da profundidade de polimerização, foi considerado na Figura 2. Verifica-se que onde houve a influência da luz halógena o comportamento foi semelhante entre os grupos porém, o mesmo comportamento não foi verificado quando utilizado o aparelho de LED (Tabela 3).

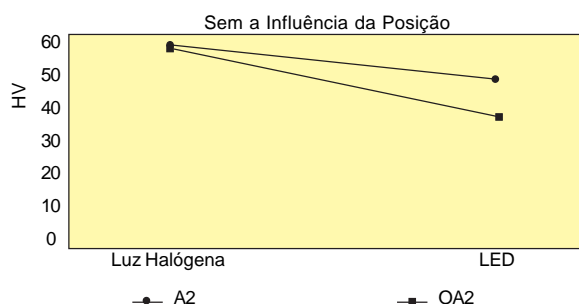


Figura 2. Médias de microdureza para as quatro condições experimentais estabelecidas pelas variáveis aparelho e opacidade.

Tabela 3. Teste de Tukey para as condições experimentais: opacidade e aparelho polimerizador.

Aparelho	Resina	Média	Grupos	
			Homogêneos	
LED	A2-O	37,29	A	
LED	A2	47,77	B	
Halógena	A2-O	57,39	C	
Halógena	A2	57,84	C	

DISCUSSÃO

A resina composta é um material amplamente utilizado em tratamentos restauradores, desta forma, alguns fatores devem ser observados a fim de garantirmos a longevidade das restaurações. Neste estudo, verificamos a influência dos aparelhos de luz halógena e de LED e a opacidade da resina composta empregando o teste de microdureza.

A microdureza foi o teste de ensaio escolhido por representar indiretamente a capacidade de polimerização das resinas fotopolimerizáveis¹², e avaliar pequenas alterações de superfície. Quando a dureza do material é afetada, a dissolução da matriz orgânica pode expor as partículas de carga inorgânicas do material resinoso, provocando a deterioração do material, aumento da rugosidade superficial e conseqüentemente o acúmulo de placa bacteriana contribuindo para a alteração de cor da resina composta¹⁵.

Assim sendo, além da avaliação da microdureza, outros métodos são, também, descritos na literatura a fim de avaliar o grau de polimerização da resina composta, tais como, o uso de penetrômetro^{16,17}, teste de raspagem e medição com paquímetro/sonda⁸. Porém, o teste de

microdureza tem sido o mais popular método para a investigação de fatores que podem influenciar a profundidade de polimerização¹⁶.

As exigências estéticas levaram os fabricantes e pesquisadores a desenvolverem materiais restauradores diretos com grande variedade de cores. Porém, é verificado que utilizando um mesmo tempo de polimerização, as resinas com cores mais escuras possuem menores valores de dureza superficial que as mais claras^{6,7,8,12,13}.

Nesta pesquisa foi empregada a resina composta com uma coloração mediana, porém variou-se a opacidade. O uso crescente de resinas opacas a fim de promover uma melhor reprodução estética justifica a necessidade da realização de estudos desta natureza.

Quanto aos aparelhos fotopolimerizadores, verifica-se uma grande variedade no mercado. Os aparelhos de luz halógena (QTH) possuem um pico de comprimento de onda que varia entre 450 a 490 nm e a intensidade de luz que varia de 400 a 800mW/cm², sendo que é possível encontrar também unidades com alta intensidade de luz. Pesquisa prévia constatou diversas falhas nos aparelhos fotopolimerizadores que podem interferir na qualidade da polimerização³. Alguns aparelhos novos de luz halógena não se apresentam adequados para o uso e dos antigos poucos apresentam uma relação favorável entre irradiação de calor e intensidade de luz^{2,9}.

Os aparelhos de LED foram introduzidos com o intuito de suprir as debilidades dos aparelhos de luz halógena e podem ter um grande potencial para o uso odontológico, pois a sua performance não reduz significativamente com o tempo como ocorre com os aparelhos de luz halógena¹⁷.

O espectro de luz dos aparelhos de luz halógena e LED diferem fortemente, sendo que o aparelho de luz halógena mostrou uma larga distribuição do comprimento de onda com pico de energia de 497nm e o aparelho de LED emitiu a maior quantidade de luz produzida a 465nm¹⁸. O pico de absorção da canforquinona na resina é de 467nm que aproximadamente coincide com o pico de emissão do aparelho de LED com 465nm. Este fator pode explicar a boa relação entre o espectro de absorção da canforquinona e o espectro de emissão do aparelho de LED¹⁹.

Na avaliação referente à opacidade, foi possível verificar que as resinas A2 e A2-O, apresentam valores médios de microdureza significativamente diferentes entre si quando utilizado o aparelho de luz halógena. Sugerindo que a microdureza da resina Esthet-X parece ser dependente do aparelho fotopolimerizador utilizado, já que ao utilizar um aparelho de LED não ocorreu diferença significativa nos valores de microdureza da superfície, porém na base das amostras de resina A2 e A2-O observaram-se diferenças significativas de valores (Tabela 2).

Os LEDs são mais eficientes em superfícies,

sendo que em profundidades os aparelhos são deficientes e, os valores de microdureza são ainda piores para as resinas opacas⁷. Estes resultados vão ao encontro ao descrito na literatura a qual relata que a profundidade de polimerização das resinas compostas para reprodução do esmalte foi sempre maior do que as mesmas cores com maior opacidade destinadas à reprodução da dentina¹⁶. Entretanto, a profundidade de polimerização das resinas pode ser menos dependente da cor do que da translucidez¹³.

No presente estudo, avaliando a profundidade de polimerização da resina composta verificou-se que a resina opaca A2-O apresentou um menor valor médio de microdureza na base da amostra (48,51 HV), em relação à resina A2 (54,18 HV), quando polimerizada pelo aparelho de luz halógena. Já, com o uso do aparelho de LED os valores de microdureza reduziram ainda mais em profundidade de polimerização para as resinas A2-O (13,01 HV) e A2 (33,97 HV). Estes resultados estão de acordo com aqueles previamente descritos que demonstram uma menor redução na microdureza das cores translúcidas em relação às cores opacas⁷.

Uma das hipóteses que podem elucidar a redução da polimerização em profundidade das resinas mais escuras, pode ser devido à presença dos pigmentos utilizados para propiciar tonalidades escuras que possivelmente absorvem a luz que passa através da resina e prejudicam sua polimerização, atuando como filtros seletivos para certos comprimentos de onda de luz¹². Nas resinas com mesma tonalidade, porém opacas, os componentes que aumentam a opacidade e radiopacidade da resina compostas estão diretamente relacionados ao aumento do número atômico dos elementos da composição da resina²⁰. Desta forma, a formação de um maior número de barreiras para a difusão da luz no interior da resina podem justificar uma menor microdureza na base dos incrementos das resinas opacas em relação às resinas convencionais.

Ao estudar a superfície e a base das amostras, são encontrados maiores valores de microdureza para a superfície da resina que recebeu exposição direta da luz em relação à base, independente do aparelho fotopolimerizador utilizado^{4,7}. Estes dados são também demonstrados, neste estudo, na Tabela 1 e Figura 1.

Em profundidades maiores que 2mm são encontrados baixos valores de polimerização, sendo esta muito susceptível às mudanças na intensidade de luz e tempo de exposição, visto que camadas incrementais de resina não devem exceder a 2mm⁵. Não apenas a composição da resina composta, bem como, o tipo de fonte de luz empregado afetam no grau de absorção da luz pela resina composta²¹.

Os resultados do presente trabalho estão em concordância com os estudos encontrados na literatura^{10,22,23} que observam valores significativamente

inferiores de profundidade de polimerização da resina composta quando utilizado o aparelho de LED em relação aos aparelhos convencionais de luz halógena. Porém, este resultado, em nosso estudo já era esperado, visto que a intensidade de luz observada com o aparelho de LED (95.5mW/cm²) era bastante inferior ao da luz halógena (550mW/cm²). Apesar da luz emitida pelo LED ser eficiente para a excitação da canforquinona, a potência pelo aparelho de LED não foi suficiente para completar o processo de polimerização regiões mais profundas da resina composta.

A literatura revela que dentre os aparelhos a base de LED, o aparelho de seis LEDs apresentou maiores valores de microdureza que os aparelhos com 2, 3, 4 e 5 LEDs²². Aquele aparelho apresentava uma intensidade de luz de 79 mW/cm², quantidade inferior a encontrada no aparelho de LED utilizado neste estudo, com um LED emite 95,5 mW/cm² de intensidade de luz. Entretanto, resultados satisfatórios, utilizando aparelhos de LED, foram observados por outros autores ao se utilizar um aparelho com 25 LEDs¹⁷ e intensidade de luz de 290 mW/cm² e com intensidade de 350 mW/cm² com um aparelho de 27 LEDs¹⁸. Valores de microdureza significativamente maiores foram verificados quando utilizado o aparelho de LED de alta potência em comparação à fonte de luz halógena^{10,11}.

A princípio, não são encontradas diferenças significantes entre os aparelhos de LED e os aparelhos convencionais de luz halógena, entretanto com o aumento da profundidade a microdureza reduz mais rapidamente para os aparelhos de LED^{7,24}. Estes resultados vão ao encontro dos valores obtidos neste estudo, pois com o aumento da profundidade observou-se uma acentuada redução nos valores de microdureza com a utilização do aparelho de LED, sendo este fato agravado com a utilização da resina A2-O, conforme visto na Figura 2.

Alguns autores^{10,19,23} calcularam a média entre base/superfície sendo o valor de 80% indicado como satisfatório para a polimerização da resina composta. Todavia, a literatura afirma que aos 3mm todos os aparelhos de luz halógena produziram uma dureza maior que 80%, porém isto não ocorreu com o uso de alguns aparelhos de LED²³.

Foi observado neste estudo que utilizando o aparelho de luz halógena com 40s de exposição, a relação base/superfície, foi de 88.09% para a cor A2 e 33.18% para a cor A2-O. O aparelho de LED, com o mesmo tempo de exposição, atingiu valores de 55.18% para a resina A2 e 21.13% para a resina A2-O. Apenas a resina de cor A2 fotopolimerizada com fonte de luz halógena atingiu valores superiores a 80% de profundidade de polimerização. Desta forma, mesmo ao se utilizar aparelhos de luz halógena, o fator opacidade é um requisito importante a ser analisado, pois foi verificada uma grande redução na proporção base/superfície (33.18%). A profundidade de polimerização está fortemente relacionada ao grau de opacidade do material.

Assim sendo, mais trabalhos são necessários para se delimitar o tamanho de incrementos de resina composta opaca para uma adequada polimerização²⁵.

Frente aos estudos realizados foi possível observar que a variação de fatores, tais como, opacidade do material restaurador e fonte polimerizadora influenciam na microdureza da resina composta.

CONCLUSÕES

- 1) Há diferença estatisticamente significativa entre os valores de microdureza da resina composta conforme a variação da opacidade, sendo que com o aumento da profundidade a resina opaca apresenta valores ainda mais reduzidos de microdureza;
- 2) Utilizando-se o aparelho de luz halógena obtém-se maiores valores de microdureza em relação ao aparelho de LED para ambos os tipos de resina;
- 3) A microdureza da superfície (0mm) foi sempre maior que a da base (2mm), independentemente do aparelho utilizado.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento deste estudo (Processo nº 03/10549-8).

REFERÊNCIAS

1. Cunha LG, Sinforetti MAC, Correr Sobrinho L, Consani S, Goes MF. Efeito dos métodos de fotoativação sobre a dureza Knoop de compósitos odontológicos. *PGR - Pós-Grad Rev Fac Odontol São José dos Campos* 2001; 4(3):36-41.
2. Araújo RM, Araújo MAM, Fernandes RVB. Efeito da intensidade de luz e irradiação de calor de fotopolimerizadores em função do tempo de uso. *J Bras Odontol Clin* 1997; 1(6):50-5.
3. Moseley H, Strang R, Stephen KW. An assessment of visible-light polymerizing sources. *J Oral Rehabil* 1986; 13(3):215-24.
4. Pires JA, Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ Jr. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int* 1993; 24(7):517-21.
5. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr, Davis HC. Factors affecting cure at depths within light-activated resin composites. *Am J Dent* 1993; 6(2):91-5.
6. Friedman J, Hassan R. Comparison study of visible curing lights and hardness of light-cured restorative materials. *J Prosthet Dent* 1984; 52(4):504-6.
7. Francci C, Costa JA, Ribeiro, DC. Avaliação da microdureza de compósitos utilizando diferentes cores e fontes de luz LED e halógena. *Scientific-A* 2007; 1(1) 38-44.
8. Koupis NS, Vercruysse CW, Marks LA, Martens LC, Verbeeck RM. Curing depth of (polyacid-modified) composite resins determined by scraping and a penetrometer. *Dent Mater* 2004; 20(10):908-14.
9. Barghi N, Berry T, Hatton C. Evaluating intensity output of curing lights in private dental offices. *J Am Dent Assoc* 1994; 125(7):992-6.

10. Ernst CP, Meyer GR, Müller J, Stender E, Ahlers MO, Willershausen B. Depth of cure of LED vs QTH light-curing devices at a distance of 7 mm. *J Adhes Dent* 2004; 6(2):141-50.
11. Wiggins KM, Hartung M, Althoff O, Wastian C, Mitra SB. Curing performance of a new-generation light-emitting diode dental curing unit. *J Am Dent Assoc* 2004; 135(10):1471-9.
12. Mandarino F, Porto Angelis CL, Fontana UF, Cândido MSM, Oliveira Júnior OB. Efeito da tonalidade de cor sobre a profundidade de polimerização das resinas compostas fotopolimerizáveis. *Rev Bras Odontol* 1992; 49(5):38-41.
13. Ferracane JL, Aday P, Matsumoto H, Marker VA. Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composite resins. *Dent Mater* 1986; 2(2):80-4.
14. Mandarino F, Porto CLA. Microdureza das resinas compostas fotoativadas em diferentes profundidades de polimerização: efeito de fontes de luz e materiais. *Rev Gaúcha Odontol* 1989; 37(4):314-8.
15. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent Mater* 2003; 19(7):612-9.
16. Shortall AC, Wilson HJ, Harrington E. Depth of cure of radiation-activated composite restoratives-influence of shade and opacity. *J Oral Rehabil* 1995; 22(5):337-42.
17. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J* 1999; 186(8):388-91.
18. 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.
19. Leonard DL, Charlton DG, Roberts HW, Cohen ME. Polymerization efficiency of LED curing lights. *J Esthet Restor Dent* 2002; 14(5):286-95.
20. Aoyagi Y, Takahashi H, Iwasaki N, Honda E, Kurabayashi T. Radiopacity of experimental composite resins containing radiopaque materials. *Dent Mater J*. 2005; 24(3):315-20.
21. Emami N, Sjö Dahl M, Söderholm KJ. How filler properties, filler fraction, sample thickness and light source affect light attenuation in particulate filled resin composites. *Dent Mater* 2005; 21(8):721-30.
22. Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater* 2001; 17(4):309-15.
23. Soh MS, Yap AU, Siow KS. The effectiveness of cure of LED and halogen curing lights at varying cavity depths. *Oper Dent* 2003; 28(6):707-15.
24. 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.
25. Shortall AC. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *J Oral Rehabil* 2005; 32(12):906-11.

Recebido/Received: 03/06/08

Revisado/Reviewed: 04/11/08

Aprovado/Approved: 24/11/08

Correspondência:

Leily Macedo Firoozmand

Rua Emílio de Menezes, 304 - Monte Castelo

São José dos Campos/SP CEP: 12215-020

E-mail: leilyfiroozmand@hotmail.com