

*Artigo Original de Pesquisa*  
*Original Research Article*

# Avaliação da potência de aparelhos fotopolimerizadores em consultórios odontológicos variando a sua distância do radiômetro

## Evaluation of the power of photopolimerizing appliances in dental offices varying their distance from the radiometer

Luis Eduardo Duarte Irala<sup>1</sup>  
Filipe Reis Garcia<sup>2</sup>  
Ricardo Prates Macedo<sup>2</sup>  
Adair Luiz Stefanello Busato<sup>2</sup>  
Cristiane Silva Silveira<sup>2</sup>

**Autor para correspondência:**

Cristiane Silva Silveira  
Av. Farroupilha, 8001, prédio 59  
CEP 92425-900 – Canoas – RS – Brasil

<sup>1</sup> Departamento de Odontologia, Faculdade São Leopoldo Mandic, Campus Porto Alegre – Porto Alegre – RG – Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Odontologia, Universidade Luterana do Brasil, Campus Canoas – Canoas – RG – Brasil.

**Data de recebimento: 2 dez. 2020. Data de aceite: 11 maio 2021.**

**Palavras-chave:**

fotoiniciadores  
dentários; luzes  
de cura dentária;  
restauração dentária  
permanente.

### Resumo

**Introdução:** A luz emitida para a cura das resinas deve ter um espectro de comprimento de onda próximo ao de absorção da canforoquinona, fotoiniciador mais frequentemente encontrado nas resinas compostas fotopolimerizáveis. As principais demonstrações clínicas de problemas causados por compósitos de resina fotopolimerizada estão ligadas à profundidade de cura limitada e à menor taxa de polimerização profunda dentro do compósito de resina. **Objetivo:** Avaliar potência de aparelhos fotopolimerizadores variando a distância da fonte de luz ao captador. **Material e métodos:** Usou-se um radiômetro (Woodpecker LM-1), testando-se 12 aparelhos fotopolimerizadores, em contato direto com o captador do aparelho, a 4 mm e 8,7 mm de distância. Os dados obtidos dos aparelhos de intensidade de luz foram catalogados e analisados de acordo com a intensidade luminosa em limites previamente

determinados. **Resultados:** Nenhum aparelho fotopolimerizador em contato direto com o radiômetro apresentou a potência indicada pelo fabricante. Todos os aparelhos testados perderam potência quando afastados 4 mm e 8,7 mm do radiômetro. **Conclusão:** A distância da ponta ativa do fotopolimerizador interferiu na intensidade de luz emitida proporcionalmente ao aumento da distância, reforçando os cuidados necessários durante a fotopolimerização.

**Keywords:**

dental photoinitiators;  
dental healing lights;  
permanent dental  
restoration.

**Abstract**

**Introduction:** The light emitted for curing resins must have a wavelength spectrum close to that of camphorquinone absorption, the photoinitiator most often found in photopolymerizable composite resins. The main clinical demonstrations of problems caused by photopolymerized resin composites are linked to the limited curing depth and the lower rate of deep polymerization within the resin composite. **Objective:** To evaluate the power of light curing devices by varying the distance from the light source to the pickup. **Material and methods:** A radiometer (Woodpecker LM-1) was used, placing 12 tested devices in direct contact with the device's pickup, at 4 mm and 8.7 mm distance. The data obtained from the light intensity devices were cataloged and analyzed according to the light intensity within previously determined limits. **Results:** No photopolymerizer device in direct contact with the radiometer had the power indicated by the manufacturer. All tested devices lost power when they were 4 mm and 8.7 mm away from the radiometer. **Conclusion:** The distance from the active tip of the photopolymerizer interfered with the intensity of light emitted in proportion to the increase in distance, reinforcing the necessary care during photopolymerization.

**Introdução**

A fotopolimerização completa e conveniente das resinas compostas é um dos fatores mais importantes para o resultado em restaurações estéticas [2, 3]. Encontram-se no mercado odontológico vários aparelhos fotopolimerizadores, desde o mais convencional, à base de luz halógena, até o sistema de LEDs (diodo emissor de luz). Esses aparelhos diferenciam-se pelo tipo de fonte de luz azul empregada, variação no intervalo de comprimento de onda, tipo de pulso e intensidade de luz. Os aparelhos à base de LED têm em vista a diminuição das limitações da luz halógena, entre elas a deterioração passo a passo do bulbo refletor e filtro, combinada com a negligência dos profissionais em fazer a manutenção e o monitoramento da energia luminosa emitida, que é recomendada que seja acima de 450 mW/cm<sup>2</sup>. Nos aparelhos de LED a luz fria e azul, ideal para a polimerização, é causada por dispositivos semicondutores de In-Ga-N (índio-gálio-

nitrogênio), que submetidos a certa corrente elétrica efetuam um fluxo luminoso dentro do espectro de absorção máxima da molécula fotoiniciadora (canforoquinona), componente da maioria das resinas. As resinas fotopolimerizáveis começam seu processo de polimerização por absorvimento de luz com comprimento de onda a 500 nm [3]. O aumento de luz mostra maior grau de conversão, maior profundidade de polimerização e maior microdureza superficial da resina composta. De outro modo, possui desvantagens, como maior contração de polimerização de resina composta a maior aumento da temperatura pela luz enviada tanto do material restaurador como da polpa dentária. A distância da fonte de luz em combinação à quantidade de resina é uma variável de fácil aviso, contudo muitas vezes esquecida [2].

As principais demonstrações clínicas de problemas causados por compósitos de resina fotopolimerizada estão ligadas à profundidade de cura limitada e à menor taxa de polimerização profunda dentro do compósito de resina. Essa

diminuição na conversão de polimerização ocorre porque a fotoenergia da luz visível percorrendo através do compósito de resina não penetra o suficiente para atingir o fundo da cavidade e ativar o fotoiniciador, como canforquinona (CQ) [4, 14].

O material que será fotoativado tem uma relação direta entre a profundidade de polimerização e a microdureza do compósito, em que tem sido estimada uma espessura de 2 mm como ideal para uma adequada reação de polimerização [13, 17].

Os aparelhos de luz halógena surgiram no mercado para aliviar o problema que a luz ultravioleta refletia para a saúde dos olhos do dentista e do paciente. Há pouco tempo outros aparelhos que desencadeiam a reação de polimerização estão sendo utilizados na prática clínica, entre eles, luz emitida por arco de plasma de xenônio e luz de *laser* de argônio [6]. A aplicação do filtro para demarcar a largura do comprimento de onda não é obrigatória para o LED, mesmo que provocando menor aquecimento ao dente durante a fotopolimerização. Presentes unidades de LED permitem um aquecimento considerável durante as ativações leves dos materiais. O arco de plasma de xenônio é uma fonte de luz de alta intensidade que foi incluído por causa da necessidade de economizar tempo no decorrer da fotopolimerização. Quando as unidades com arco de plasma de cura (PAC) são usadas, o fabricante recomenda 3 segundos de exposição para a polimerização de resinas com fotoiniciadores de CQ. A luz é emitida de uma luz brilhante de plasma, composto por uma mistura gasosa de gás ionizado de moléculas e elétrons. No entanto foi demonstrado que um tempo tão curto pode comprometer as propriedades mecânicas dos compósitos fotopolimerizadores. Para estimular a polimerização de compósitos e ganhar alto grau de conversão, é essencial fornecer materiais com densidade energética adequada à geração da intensidade da luz e tempo de exposição [10, 11].

Os aparelhos padrões precisam ser verificados periodicamente para manutenção e cuidados. A intensidade mínima deve estar em  $500 \text{ mW/cm}^2$ . Os radiômetros devem ser usados regularmente para manter e evidenciar a qualidade de luz projetada pelos aparelhos fotopolimerizadores [18]. Um maior grau de conversão pode ser atingido com uma alta intensidade de luz. Todavia essa maior intensidade pode resultar em maior encolhimento da polimerização e maior vazamento marginal. Do mesmo modo que uma nova fotoativação tem sido proposta, como o uso programado de baixas e altas intensidades que tenham demonstrado ser mais eficazes na diminuição do estresse gerado pelo

encolhimento da polimerização, permanecendo um alto grau de conversão e satisfatórias propriedades mecânicas [12, 17].

É muito importante lembrar que a manutenção dos aparelhos não é feita pelo cirurgião-dentista, e sim por técnicos especializados, mesmo assim o conhecimento do perfeito funcionamento do fotopolimerizador deve ser diário, pois, com o tempo e principalmente em decorrência da manipulação e exposição do calor, acaba prejudicando o potencial de polimerização [5, 9]. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi verificar se o distanciamento da fonte do aparelho fotopolimerizador ao radiômetro poderia interferir na potência de luz gerada por ele, a fim de se traçar uma relação com o distanciamento da fonte à resina composta a ser polimerizada.

## Material e métodos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa sob o parecer n.º 38010120.6.0000.5349. Foram avaliados 12 fotopolimerizadores de cirurgiões-dentistas, escolhidos aleatoriamente, que trabalhavam em seus consultórios na cidade de Portão, município brasileiro do estado do Rio Grande do Sul, localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre, com 34.353 habitantes e 31 cirurgiões-dentistas, segundo o Conselho Regional de Odontologia. Os fatores de inclusão foram: o cirurgião-dentista possuir um fotopolimerizador à luz LED, utilizá-lo na sua clínica diária e todos os aparelhos no momento da avaliação estarem com suas cargas máximas de energia. Aparelhos com mais de dez anos de uso foram excluídos da pesquisa. Para avaliação da intensidade de luz emitida pelos fotopolimerizadores, utilizou-se o radiômetro Woodpecker, modelo LM-1 (figura 1), que passou previamente por uma análise técnica e recebeu um laudo de aprovação para uso. Para a mensuração da intensidade e a influência da distância de saída da ponta de luz na intensidade da radiação luminosa, confeccionaram-se anéis de vidro (figura 2 e 3) com espessuras de 4 mm e 8,7 mm. A ponta ativa do fotopolimerizador foi posicionada sobre o centro dos anéis de vidro e então efetuaram-se as leituras, inicialmente em contato direto com o radiômetro, ou seja, com a ponta do aparelho fotopolimerizador direto no captador e, em seguida, com as diferentes distâncias de acordo com os anéis de vidro: 4 mm e 8,7 mm (figuras 4, 5 e 6), medidas que foram usadas como referência, por conta da distância das caixas proximais que os dentes posteriores possuem. Os resultados foram anotados e registraram-se as médias qualitativas em  $\text{mW/cm}^2$ .



Figura 1 - Radiômetro Woodpecker, modelo LM-1



Figura 4 - Medição direta no aparelho



Figura 2 - Anéis de vidro de diferentes espessuras

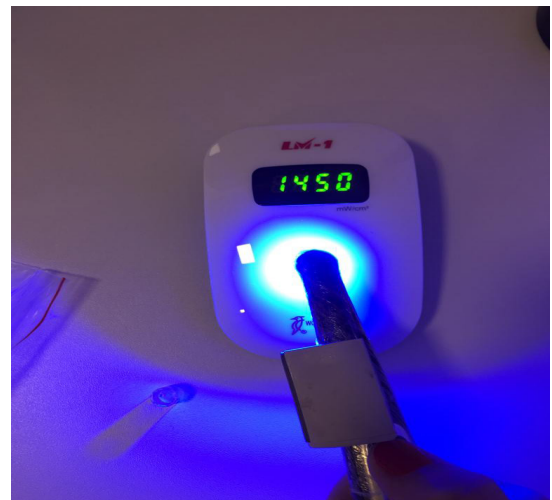


Figura 5 - Medição com anel de 4 mm de espessura



Figura 3 - Anéis de vidro de diferentes espessuras

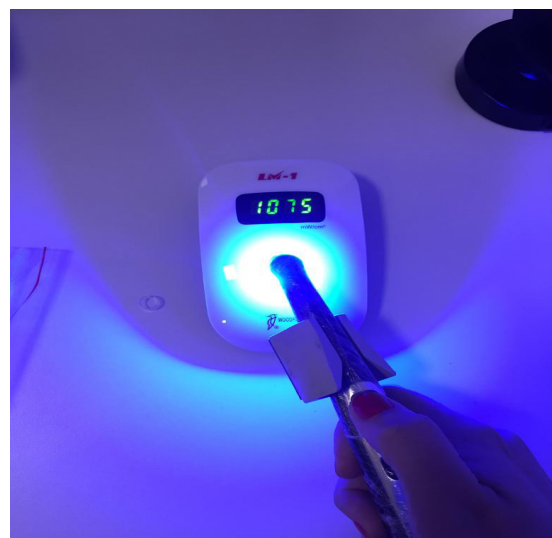


Figura 6 - Medição com anel de 8,7 mm de espessura



## Resultados

Do ponto de vista clínico, os resultados evidenciaram que a intensidade de luz emitida pelos aparelhos, em contato direto com a fonte de luz, variou entre 600 mW/cm<sup>2</sup> e 2100 mW/cm<sup>2</sup> (tabela I), o que, segundo outros estudos, está dentro da margem aceitável.

Os dados obtidos dos aparelhos de intensidade de luz foram catalogados e analisados de acordo com a intensidade luminosa em limites previamente determinados. Verificaram-se 12 marcas diferentes de aparelhos fotopolimerizadores; os valores de intensidade luminosa variaram (tabela I).

**Tabela I** - Valores de radiação emitida por aparelhos fotopolimerizadores

<b>Marca e potência do aparelho</b>	<b>Direto radiômetro mW/cm<sup>2</sup></b>	<b>Com anel 4 mm mW/cm<sup>2</sup></b>	<b>dif %</b>	<b>Com anel 8,7 mm mW/cm<sup>2</sup></b>	<b>dif %</b>
Microdont Blue Star – Diodo (1500 mW/cm <sup>2</sup> )	850	625	27%	425	50%
RADII-CAL –SDI (1200 mW/cm <sup>2</sup> )	725	350	52%	150	80%
Schuster LED diodo (1250 mW/cm <sup>2</sup> )	600	450	25%	225	63%
VALO ULTRADENT CORDLESS-3200 MODO STANDART (1000 mW/cm <sup>2</sup> )	1050	600	43%	450	58%
VALO ULTRADENT CORDLESS-3200 MODO HIGH (1400 mW/cm <sup>2</sup> )	1125	800	29%	500	66%
VALO ULTRADENT CORDLESS-3200 MODO XTRA (3200 mW/cm <sup>2</sup> )	2100	1450	31%	1075	49%
Schuster Emitter B (1250 mW/cm <sup>2</sup> )	775	475	39%	250	68%
Schuster Emitter B SUPRA (1300mW/cm <sup>2</sup> )	850	625	27%	300	65%
KAVO Poly Wireless (1100 mW/cm <sup>2</sup> )	1050	675	36%	425	60%
Schuster Emitter C (1250 mW/cm <sup>2</sup> )	975	625	36%	300	70%
GNATUS (1200 mW/cm <sup>2</sup> )	900	675	25%	300	66%
Schuster Emitter G (1250 mW/cm <sup>2</sup> )	950	650	32%	250	74%
Kondenteck LED-6 (1500 mW/cm <sup>2</sup> )	600	350	42%	150	75%
Schuster Emitter D (1250 mW/cm <sup>2</sup> )	925	540	42%	260	72%

Com base nos valores obtidos nas mensurações de cada aparelho, foram calculadas médias e classificadas de acordo com os achados de Lee *et al.* [16]. Variando as distâncias entre 4 mm e 8,7 mm do radiômetro, medida calculada pela altura da caixa proximal de uma restauração em dente posterior, notou-se que a intensidade de luz diminuiu em todos os aparelhos. Notadamente, o aparelho RADII-CAL-SDI foi o que mais perdeu potência luminosa com a distância, ficando em 52% em 4 mm e 80% em 8,7 mm, passando de 725 mW/cm<sup>2</sup> até 150 mW/cm<sup>2</sup> (tabela I).

Na distância de 4 mm, quatro aparelhos mostram-se inaptos para uso; na distância de 8,7 mm, 12 aparelhos falharam em sua potência.

## Discussão

A profundidade de polimerização de uma resina composta é apontada como um parâmetro essencial para o sucesso clínico de uma restauração, porém, para que isso aconteça, a resina precisa receber uma adequada potência de luz visível para um apropriado comprimento de onda e intensidade suficiente [3, 7, 17]. Portanto, o uso de um aparelho fotopolimerizador tem por função a conversão de monômeros de uma resina composta pela fotoenergia da luz visível que percorre o compósito, penetrando o suficiente para ativar o fotoiniciador, como CQ. Este estudo teve o intuito de averiguar se os aparelhos testados têm capacidade de fotoenergia

tanto em sua fonte como em diferentes distâncias, uma vez que uma polimerização indevida terá efeito deletério em propriedades químicas, mecânicas e físicas, além de uma alta solubilidade da resina, conduzindo ao fracasso das restaurações [3, 7, 17].

A potência mínima que deve ter um aparelho fotopolimerizador é de 500 mW/cm<sup>2</sup> [16]. Importante também mencionar que os aparelhos, quando mensurados, estavam com sua carga de energia a pleno, porém nenhum deles exibiu valor de radiação apregoado pelo fabricante.

Por tal motivo, é importante manter a ponta do aparelho fotopolimerizador o mais próximo possível da restauração. Parece cabível, segundo os resultados supramencionados e relatos de Donato *et al.* [13] e Briso *et al.* [4], que a polimerização tem uma relação direta entre a profundidade de polimerização e a microdureza do compósito [4, 13]. Neste estudo, verificou-se que, distanciando-se da fonte luminosa 4 mm, houve uma média de 40% de perda de energia; quando se aumentou para 8,7 mm, a perda foi de 73,3%. Dessa forma, quando houver uma distância maior que 4 mm do material a ser polimerizado, é de bom alvitre que se use algum artifício para se aproximar dele, ou seja, no caso de uma caixa proximal, chegar por vestibular, lingual e palatino. Aromaa *et al.* [1] concluem que, em situações em que a cura da transmissão de luz deve passar através de um material compósito de resina polimerizada (por exemplo, restaurações de resina composta indireta), a distância ideal da ponta de luz é obviamente a 0 mm de distância do material de resina composta. No entanto a diminuição da irradiância não é tão alta quanto o esperado e pode diferir ao aumentar a distância da ponta de fotopolimerização da superfície superior da resina composta (até 4-6 mm, dependendo do tipo de aparelho). Também não se pode esquecer que a espessura máxima estimada de colocação da resina composta seria de 2 mm para uma adequada reação de polimerização, portanto, além de chegar na superfície, a energia deve penetrar o suficiente [6, 11, 16].

Sendo assim, a qualidade de luz fornecida pelos aparelhos deve ser averiguada, e com a disponibilidade de radiômetros mais compactos, o seu uso ficou mais fácil pelos profissionais da área [5, 18]. Outro dado importante abstraído foi a importância do modelo do aparelho fotopolimerizador e sua energia apregoada, bem como seu estado de conservação, pois, com a perda da carga total do aparelho, a intensidade de luz também diminui, já que a emissão da intensidade de luz em níveis satisfatórios está diretamente relacionada à

qualidade e ao desempenho do fotopolimerizador [6, 9]. Somente o aparelho Valo Cordlles-3200, na função *high power* ou *extra high power*, foi capaz de manter uma potência para sensibilizar a CQ tanto a 4 mm como a 8,7 mm de distância do radiômetro (tabela I). O profissional que executar uma restauração precisa ter em mente que, ao final da sessão, a resina deve ser provida do mínimo de intensidade de radiação, isso quer dizer fazer o aparelho chegar o mais próximo da resina e aguardar o tempo necessário de polimerização [10, 12].

Apesar de não ser o objetivo do trabalho, é importante ressaltar que nenhum dentista tinha o conhecimento que os aparelhos fotopolimerizadores precisam de manutenção regularmente. Os resultados encontrados nesta pesquisa são de extrema relevância clínica e reforçam a importância do correto uso dos aparelhos fotopolimerizadores, ou seja, deixá-los o mais próximo da restauração possível, bem como a sua manutenção, uma vez que a energia que chega à restauração é crucial para uma completa polimerização. Mais estudos precisam ser realizados para avaliar a relação distância, capacidade de polimerização e vida útil dos aparelhos.

## Conclusão

Com base na metodologia empregada neste trabalho, pode-se concluir que:

- Todos os aparelhos testados perderam potência quando afastados 4 mm e 8,7 mm do radiômetro;
- Nenhum aparelho fotopolimeizador apresentou a potência indicada pelo fabricante;
- A distância da ponta ativa do fotopolimerizador interferiu na intensidade de luz emitida proporcionalmente ao aumento da distância, reforçando os cuidados necessários durante a fotopolimerização.

## Referências

1. Aromaa MK, Lassila LVJ, Vallittu PK. Effect of distance on light transmission through polymerized resin composite. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2017 Sep;25(3):131-5.
2. Barbon F, Perin L, Domênico B, Pancotte L, Ghiggi P, Calza J. Interferência da distância de fotopolimerização na intensidade da luz emitida pelos fotopolimerizadores, à luz LED. *J Oral Invest.* 2015;4(1):4-8.

3. Betancourt D, Baldion P, Castellanos J. Resin-Dentin bonding interface: mechanisms of degradation and strategies for stabilization of the hybrid layer. *Hindawi Int J Biomater.* 2019;ID 5268342.
4. Briso A, Fedel T, Pereira S, Mauro S, Sundefeld R, Sundefeld M. Influence of light curing source on microhardness of composite resins of different shades. *J Appl Oral Sci.* 2006;14(1):10-5.
5. Boaro L, Gonçalves F, Guimarães T, Ferbacane J, Pfeifer C, Braga R. Sorption solubility, shrinkage and mechanical properties of “low- shrinkage” commercial resin composites. *The Academy Dent Mater.* 2013;29:398-404.
6. Busato A, Valin R, Arossi G, Reichert L, Sonza Q, Melo G. Métodos de fotopolimerização. *Stomatos.* 2007;13(24):1.
7. Cadenaro M, Maravic T, Comba A, Mazzoni A, Fanfoni L, Hilton T et al. The role of polymerization in adhesive dentistry. *The Academy Dent Mater.* 2019;35:e1-e22.
8. Caetano G, Nascimento L, Azenha N, Machado N, Pereira L. Intensidade de luz e manutenção dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados em consultórios odontológicos. *Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica;* 2010 [acesso em 2019 out. 18]. Disponível em: [http://ppstma.unievangelica.edu.br/sncma/anais/anais/2011/2011\\_pibic\\_007.pdf](http://ppstma.unievangelica.edu.br/sncma/anais/anais/2011/2011_pibic_007.pdf).
9. Caldarelli P, Beltrani F, Pereira S, Cardoso S, Hoeppner M. Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica – uma revisão da literatura. *Odontol Clin Cient.* 2011;10(4):317-21.
10. Chen C, Chen Y, Huang J, Huang G, Chuang S. Effects of restorative materials on dental pulp stem cell properties. *J Endod.* 2019 April;45(4):420-6.
11. Correr A, Sinhoreti M, Sobrinho L, Tango R, Schneider L, Consani S. Effect of the increase of energy density on knoop hardness of dental composites light- cured by conventional QTH, LED and xenon plasma arc. *Braz Dent J.* 2005;16(3): 218-24.
12. Daugherty M, Lien W, Mansell M, Risk D, Savett D, Vandewalle K. Effect of high – intensity curing lights on the polymerization of bulk – fill composites. *The Academy Dent Mater.* 2018;34:1531-41.
13. Donato L, Borges B, Vasconcelos A, Cruz G, Santos A, Seabra F et. al. Avaliação da profundidade de cura de dois compósitos com diferentes tamanhos de partículas. *Odontol Clin Cient.* 2011;10(3): 277-80.
14. Fujita K, Ikemi T, Nishiyama N. Effects of particle size of silica filler on polymerization conversion in a light – curing resin composite. *The Academy Dent Mater.* 2011;27:1079-85.
15. Fujita K, Nishiyama N, Nemoto K, Okada T, Ikemi T. Effect of base monomer’s refractive index on curing depth and polymerization conversion of photo – cured resin composites. *Dent Mater J.* 2005;24(3):403-8.
16. Lee SY, Chiu CH, Boghosian A, Greener EH. Radiometric and spectroradiometric comparison of power outputs of five visible light-curing units. *J Dent.* 1993;21:373-7.
17. Nomoto R, Asada M, McCabe J, Hirano S. Light exposure required for optimum conversion of light activated resin systems. *The Academy Dent Mater.* 2006;22:1135-42.
18. Obici A, Sinhoreti M, Sobrinho L, Goes M, Consani S. Evaluation of depth of cure and knoop hardness in a dental composite photo – activated using different methods. *Braz Dent J.* 2004;15(3):199-203.