

Influência do método de fotoativação na dureza de uma resina composta

• **Monique Mori** Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil
• **Carlos Alberto Kenji Shimokawa** Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil • **Paula Mendes Acatauassú Carneiro** Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil • **Tamile Rocha da Silva Lobo** Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil • **Míriam Lacalle Turbino** Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, University of São Paulo, SP, Brazil

RESUMO | *Objetivo:* avaliar a dureza de uma resina composta fotoativada com dois métodos diferentes, contínuo e soft-start, por meio da variação da distância entre a ponta fotoativadora e a resina composta (7 mm e 0 mm). *Materiais e métodos:* Foram confeccionados 20 corpos-de-prova, nos quais a superfície irradiada e a oposta foram analisadas, totalizando 40 superfícies divididas em quatro grupos (n = 10): Grupo 1, método contínuo + superfície irradiada; Grupo 2, método contínuo + superfície oposta; Grupo 3, método soft-start + superfície irradiada; Grupo 4, método soft-start + superfície oposta. Os corpos-de-prova foram confeccionados com o auxílio de matrizes pretas de polipropileno, com 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, utilizando a resina composta Z350 (3M ESPE) na cor AO3 e o fotoativador Elipar Free-light 2 (3M ESPE). Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de microdureza Vickers, no microdurômetro HMV-2000 (Shimadzu). Foram realizados cinco entalhes por superfície, com carga de 50 gf por 45 segundos. Para a análise estatística, foram realizados os testes de ANOVA e Tukey. *Resultados:* Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os métodos avaliados nas superfícies irradiadas. Entretanto, nas superfícies opostas, houve diferença entre os protocolos, sendo que o soft-start obteve menores valores de dureza. Quando comparadas as diferentes profundidades, houve redução nos valores de dureza para ambos os métodos de fotoativação, de forma que a porcentagem de dureza máxima de 80% não foi atingida na superfície oposta à irradiada. *Relevância:* O cirurgião-dentista, em sua prática clínica, deve atentar para o método de fotoativação de suas restaurações, visto que este pode prejudicar a qualidade da polimerização de resinas compostas, especialmente na profundidade de 2 mm em resinas opacas.

DESCRITORES | Restauração Dentária Permanente; Polimerização; Dureza.

ABSTRACT | **Influence of the photoactivation method on the hardness of a composite resin** • *Objective:* to evaluate the hardness of a composite resin polymerized with two different methods, continuous and soft-start, by varying the distance between the activator tip and the composite resin (7 mm and 0 mm). *Materials and Methods:* Twenty test specimens were fabricated, in which the irradiated and the opposite surfaces were analyzed, totaling 40 surfaces divided into 4 groups (n = 10): Group 1, continuous method + irradiated surface; Group 2, continuous method + opposite surface; Group 3, soft-start method + irradiated surface; Group 4, soft-start method + opposite surface. The test specimens were prepared using black polypropylene matrices, with a diameter of 4 mm and thickness of 2 mm, Z350 composite resin (3M ESPE), shade AO3, and the Elipar FreeLight 2 curing unit (3M ESPE). The test specimens were subjected to the Vickers hardness test in an HMV-2000 microhardness tester (Shimadzu). Five indentations were made per surface with a load of 50 gf for 45 seconds. The ANOVA and Tukey tests were used for the statistical analysis. *Results:* No statistically significant difference between the evaluated methods was found in the irradiated surfaces; however, in the opposite surfaces, there were differences between protocols, in that the soft-start protocol achieved the lowest hardness values. When comparing the different depths, there was a reduction in hardness values for both activation methods, so that the maximum hardness percentage of 80% was not achieved in the opposite surface. *Relevance:* The dentist should be knowledgeable of the photoactivation method applied to his/her restorations, since it may reduce the polymerization quality, especially in depths of 2 mm when using opaque resins.

DESCRIPTORS | Dental Restoration, Permanent; Polymerization; Hardness.

CORRESPONDING AUTHOR | • **Míriam Lacalle Turbino** Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, University of São Paulo • **Avenida Lineu Prestes, 2227** São Paulo, SP, Brazil • **05508-000** E-mail: miturbin@usp.br

• **Received:** Mar 27, 2014 • **Accepted:** May 09, 2014
• **DOI** <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2357-8041.cldr.2014.77662>

INTRODUÇÃO

Compósitos poliméricos são rotineiramente utilizados como material restaurador na odontologia moderna, sendo que a exigência pela estética fez com que houvesse uma grande evolução desses materiais, tornando possível seu uso como material restaurador, inclusive em dentes posteriores.^{1,2}

Apesar do grande avanço, as resinas compostas ainda apresentam deficiência, principalmente em relação à polimerização do material, sendo que as principais causas de falhas em restaurações de resina composta se devem à fratura do material restaurador ou à cárie secundária.³⁻⁵

Um dos fatores que colaboram para a fratura do material restaurador é a polimerização inadequada. Uma fotoativação insuficiente gera menores graus de conversão, ocasionando uma redução das propriedades mecânicas da restauração.⁶

A outra causa frequente de falhas, a cárie secundária, pode ser favorecida devido à tensão decorrente da contração de polimerização. Devido a essas tensões, podem surgir fendas entre dente e restauração, permitindo a infiltração de microrganismos que podem causar lesões cáries ao redor das restaurações.^{7,8}

Essa contração é um fenômeno inerente à reação de polimerização. Durante essa reação, ocorre uma conversão de monômeros em polímeros, fazendo com que o material ocupe um volume final menor do que o inicial. Isso causa uma tensão na interface entre dente e restauração, denominada de tensão de contração de polimerização. Quando essa tensão ocorre de forma exacerbada, pode-se ter, como consequência, o deslocamento da restauração das paredes da cavidade. Em alguns casos, é possível que essa tensão seja transmitida para o dente, ocasionando a fratura deste ou a deflexão de suas cúspides.^{9,10}

Existem alguns métodos para minimizar as consequências da tensão de contração de polimerização, tais como a técnica de inserção do material

e o controle da cinética de polimerização, por meio da variação do protocolo de fotoativação.^{11,12}

Alguns autores vêm estudando protocolos que visam a uma polimerização mais lenta,¹³⁻¹⁸ sendo que a redução da intensidade de luz causa uma diminuição na velocidade de conversão dos monômeros, aumentando a fase pré-gel da resina. O aumento dessa fase possibilita o escoamento da resina, reduzindo a magnitude das tensões geradas.^{19,20}

Os equipamentos fotoativadores do tipo soft-start podem obter esse efeito, já que emitem uma menor intensidade de luz inicial, objetivando o aumento da fase pré-gel. Para complementar a polimerização, eles emitem uma intensidade de luz final alta, com o intuito de aumentar as propriedades mecânicas da restauração por meio do aumento do seu grau de conversão.^{13,14,21,22}

A fotoativação soft-start também pode ser realizada por meio da variação da distância entre a restauração e a ponta fotoativadora, fazendo com que a intensidade de luz que incide na resina composta seja menor;²³⁻²⁵ entretanto, deve-se atentar à qualidade de polimerização do material.

A avaliação da polimerização do material pode ser realizada por meio da análise do seu grau de conversão ou por meio de ensaios de microdureza. Estes representam uma forma indireta de avaliação daquela propriedade.

O objetivo deste estudo foi avaliar a dureza de uma resina composta fotoativada pelo método de variação de distância e compará-la à dureza obtida com o método contínuo, utilizando-se um equipamento fotoativador LED e analisando-se os resultados obtidos em diferentes profundidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo, foi selecionada a resina composta Filtek Z350 (3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil) na cor AO3. Para a fotoativação dessa resina, foi utilizado o aparelho de luz LED Elipar Freelight 2 (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA).

A confecção dos corpos-de-prova foi realizada com o auxílio de matrizes de polipropileno pretas, com cavidade de 4 mm de diâmetro e espessura de 2 mm. As matrizes foram posicionadas sobre uma lâmina de vidro, possibilitando a obtenção de uma superfície plana e lisa. A inserção da resina foi realizada em porção única, utilizando-se uma espátula de inserção número 1.

Após a inserção da resina, uma película de polietileno foi posicionada sobre a matriz, e outra lâmina de vidro foi sobreposta, mantendo-se o paralelismo e a lisura da superfície. A lâmina de vidro foi retirada para a fotoativação do compósito.

Foram confeccionados 20 corpos-de-prova, divididos de acordo com a superfície analisada e com o tipo de fotoativação.

Para os grupos 1 e 2, foram confeccionados 10 corpos-de-prova a partir da técnica contínua de fotoativação, com a ponta do fotoativador em contato com a película de polietileno, por um tempo de 40 segundos. O grupo 1 representa a análise realizada na superfície irradiada desses corpos-de-prova, ao passo que, no grupo 2, a análise foi realizada na superfície oposta dos mesmos corpos-de-prova.

Para os grupos 3 e 4, foram confeccionados outros 10 corpos-de-prova utilizando-se o método de variação da distância da ponta do fotoativador, sendo a fotoativação inicial realizada com uma distância de 7 mm, padronizada por meio de uma matriz de polipropileno preta, por 20 segundos, seguida de uma fotoativação final, realizada com a ponta do fotoativador em contato com a película de polietileno, por mais 20 segundos (técnica soft-start). O grupo 3 representa a análise realizada na superfície irradiada e o 4, na superfície oposta.

A irradiância foi mensurada pelo radiômetro LED Radiometer (SDI; Bayswater, Victoria, Austrália), sendo registrados 995 mW/cm² quando a ponta do fotoativador estava em contato com o sensor do equipamento. Na distância de 7 mm, a irradiância era de 355 mW/cm².

Os corpos-de-prova foram armazenados por 24 h em estufa a 37°C previamente à realização dos ensaios de microdureza.

As medidas de microdureza Vickers foram obtidas com carga de 50 gf por 45 segundos no microdurômetro HMV-2000 (Shimadzu Co; Tokyo, Japão), com auxílio do software CAMS-WIN (Newage Testing Instruments; Feasterville, PA, EUA). Foram realizadas cinco entalhes em cada superfície (irradiada e oposta) dos corpos-de-prova, sendo uma realizada na porção mais central da superfície e as outras quatro a uma distância de 100 µm da primeira, nas quatro direções.

Foram obtidos 200 valores de dureza correspondentes às duas técnicas (contínua e soft-start), às duas superfícies (irradiada e oposta), a 10 repetições e a cinco medidas em cada superfície. Para a análise estatística, foram calculadas as médias dos cinco entalhes, resultando em 40 valores. Os resultados foram organizados em tabelas e estatisticamente analisados por meio dos testes de análise de variância e Tukey.

RESULTADOS

A análise de variância (Tabela 1) demonstrou haver diferenças estatisticamente significantes para os fatores técnica ($p < 0,05$) e superfície ($p < 0,001$), assim como para a interação dos mesmos ($p < 0,001$).

Para a comparação entre as médias dos quatro grupos, foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% ($T = 9,52$). Pela comparação entre as médias, pôde-se notar que, na superfície irradiada, não houve diferença entre as técnicas de fotoativação, contínua ou soft-start. Porém, nas superfícies opostas, houve redução da dureza em relação às superfícies irradiadas. Além disso, nas superfícies opostas, a resina fotoativada pela técnica soft-start apresentou menor dureza do que a resina fotoativada pela técnica contínua, conforme demonstrado na Tabela 2. Foi calculada a porcentagem de dureza máxima

Tabela 1 | Resultados da análise de variância: valores originais.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	p
Entre técnicas	1150,4797	1	1150,4797	5,22	0,046%
Resíduo I	1982,2156	9	220,2462		
Entre superfícies	7944,4922	1	7944,4922	131,65	0,0000%
Interação	500,1578	1	500,1578	8,29	0,007640%
Resíduo II	1629,3267	27	60,3454		

SQ: soma dos quadrados; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio.

em relação à dureza na superfície irradiada com o método contínuo.

DISCUSSÃO

O aumento da distância entre a ponta fotoativadora e a resina composta causa uma diminuição da intensidade de luz que incide na restauração,^{23,25} sendo que Price *et al.*²⁶ observaram uma redução de 66% quando essa distância é de 7 mm. Uma redução semelhante foi observada no presente estudo.

No entanto, no presente estudo não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os métodos de fotoativação estudados, quando avaliada a superfície irradiada. Isso pode ser explicado pelo fato de a resina dessas superfícies ter atingido uma dureza próxima à máxima possível, sendo que maiores densidades de energia não causariam alterações.

Na superfície oposta, houve uma acentuada redução dos valores de dureza, tanto no método contínuo, quanto no soft-start. Considerando-se que a resina composta na base do incremento deve alcançar, no mínimo, 80% da dureza encontrada na superfície irradiada para que uma polimerização seja considerada aceitável,²⁷ pode-se afirmar que a polimerização da resina composta na superfície oposta foi inadequada.

As resinas de coloração mais escuras e opacas, como a escolhida para este trabalho, possuem em sua composição maior concentração de óxidos pigmentantes, sendo que esses óxidos interferem na

Tabela 2 | Médias e desvios-padrão de dureza. Os valores entre parênteses indicam a porcentagem da dureza máxima, representada pela condição fotoativação contínua / topo (letras iguais indicam médias estatisticamente semelhantes, p > 0,05).

		Técnica de fotoativação	
		Contínua	Soft-start
Superfície	Irradiada	68,4 ± 7,4 ^a	64,6 ± 6,3 ^a (95%)
	Oposta	47,3 ± 11,4 ^b (69%)	29,5 ± 7,3 ^c (43%)

polimerização, tanto em sua velocidade, quanto em sua profundidade, devido ao fato de absorverem maior quantidade de luz. Autores afirmam que as resinas compostas de cor escura atingem menores graus de conversão do que as resinas mais claras.²⁸⁻³⁰

No presente estudo, a dureza observada na superfície oposta, quando utilizado o método soft-start, foi estatisticamente menor do que a dureza obtida no grupo em que se utilizou o método contínuo. Como a dureza na superfície oposta ficou aquém da observada na irradiada (dureza máxima), a menor dose de energia recebida pelo grupo em que se utilizou o método soft-start foi capaz de influenciar a dureza. Os grupos de superfície oposta não atingiram o valor de 80% necessário para se obter a mínima polimerização aceitável.

Dessa forma, o cirurgião-dentista, em sua prática clínica, deve atentar para os fatores que podem influenciar a qualidade de polimerização de suas restaurações, tais como a fonte de luz, o método de fotoativação utilizado, a espessura do incremento e a cor da resina.

CONCLUSÃO

Com base no presente estudo, quando se utilizaram resinas opacas, o uso de incrementos de 2 mm produziu uma polimerização inadequada,

tanto para o método contínuo, quanto para o método soft-start, dentro dos parâmetros aplicados. O método soft-start promoveu uma menor dureza apenas nas superfícies opostas.

REFERÊNCIAS

1. Van Nieuwenhuysen JP, D'Hoore W, Carvalho J, Qvist V. Long-term evaluation of extensive restorations in permanent teeth. *J Dent*. 2003 Aug;31(6):395-405. doi: 10.1016/S0300-5712(03)00084-8.
2. Cetin A, Unlu N, Cobanoglu N. A five-year clinical evaluation of direct nanofilled and indirect composite resin restorations in posterior teeth. *Oper Dent*. 2013 Mar-Apr;38(2):E1-E11. doi: 10.2341/12-160-C.
3. Mjor IA, Shen C, Eliasson ST, Richter S. Placement and replacement of restorations in general dental practice in Iceland. *Oper Dent*. 2002 Mar-Apr;27(2):117-23.
4. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JM, Loomans BA. A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dent Mater*. 2007 Jan;23(1):2-8. doi: 10.1016/j.dental.2005.11.036.
5. Da Rosa Rodolpho PA, Donassollo TA, Cenci MS, Loguercio AD, Moraes RR, Bronkhorst EM, et al. 22-Year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dent Mater*. 2011 Oct;27(10):955-63. doi: 10.1016/j.dental.2011.06.001.
6. Ferracane JL. Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? *Dent Mater*. 2013 Jan;29(1):51-8. doi: 10.1016/j.dental.2012.06.013.
7. Totiam P, González-Cabezas C, Fontana MR, Zero DT. A new in vitro model to study the relationship of gap size and secondary caries. *Caries Res*. 2007;41(6):467-73. doi: 10.1159/000107934.
8. Nassar HM, González-Cabezas C. Effect of gap geometry on secondary caries wall lesion development. *Caries Res*. 2011 Sep;45(4):346-52. doi: 10.1159/000329384.
9. Anusavice KJ. *Philips materiais dentários*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2005.
10. Reis A, Loguercio AD. *Materiais Dentários Restauradores Diretos: dos fundamentos à aplicação clínica*. São Paulo: Editora Santos; 2007.
11. Ferracane JL. Buonocore Lecture. Placing dental composites--a stressful experience. *Oper Dent*. 2008 May-Jun;33(3):247-57. doi: 10.2341/07-BL2.
12. Malhotra N, Kundabala M, Shashirashmi A. Strategies to overcome polymerization shrinkage--materials and techniques. A review. *Dent Update*. 2010 Mar;37(2):115-8, 120-2, 124-5.
13. Cunha LG, Alonso RC, Pfeifer CS, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Modulated photoactivation methods: Influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite restoratives. *J Dent*. 2007 Apr;35(4):318-24. doi: 10.1016/j.jdent.2006.10.003.
14. El-Korashy DI. Post-gel shrinkage strain and degree of conversion of preheated resin composite cured using different regimens. *Oper Dent*. 2010 Mar-Apr;35(2):172-9. doi: 10.2341/09-072-L.
15. Knezevic A, Sariri K, Sovic I, Demoli N, Tarle Z. Shrinkage evaluation of composite polymerized with LED units using laser interferometry. *Quintessence Int*. 2010 May;41(5):417-25.
16. Leprince JG, Lamblin G, Devaux J, Dewaele M, Mestdagh M, Palin WM, et al. Irradiation modes' impact on radical entrapment in photoactive resins. *J Dent Res*. 2010 Dec;89(12):1494-8. doi: 10.1177/0022034510384624.
17. Sudheer V, Manjunath M. Contemporary curing profiles: Study of effectiveness of cure and polymerization shrinkage of composite resins: an in vitro study. *J Conserv Dent*. 2011 Oct;14(4):383-6. doi: 10.4103/0972-0707.87205.
18. Oliveira KM, Lancellotti AC, Ccahuana-Vásquez RA, Consani S. Shrinkage stress and degree of conversion of a dental composite submitted to different photoactivation protocols. *Acta Odontol Latinoam*. 2012;25(1):115-22.
19. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA. Effect of ramped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. *J Esthet Dent*. 2000;12(6):328-39. doi: 10.1111/j.1708-8240.2000.tb00242.x.

20. Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. *Dent Mater.* 2002 Sep;18(6):436-44. doi: 10.1016/S0109-5641(01)00066-5.
21. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without softstart-polymerization. *J Dent.* 1997 May-Jul;25(3-4):321-30. doi: 10.1016/S0300-5712(96)00044-9.
22. Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dent Mater.* 2005 Oct;21(10):962-70. doi: 10.1016/j.dental.2005.04.018.
23. Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Oper Dent.* 2007 Nov-Dec;32(6):571-8. doi: 10.2341/06-163.
24. Thomé T, Steagall W Jr, Tachibana A, Braga SR, Turbino ML. Influence of the distance of the curing light source and composite shade on hardness of two composites. *J Appl Oral Sci.* 2007 Dec;15(6):486-91. doi: 10.1590/S1678-77572007000600006.
25. Fróes-Salgado NR, Francci C, Kawano Y. Influência do modo de fotoativação e da distância de irradiação no grau de conversão de um compósito. *Perspect Oral Sci.* 2009 maio-ago.;1(1):11-7.
26. Price R, Dérand T, Sedarous M, Andreou P, Loney RW. Effect of distance on the power density from two light guides. *J Esthet Dent.* 2000;12(6):320-7. doi: 10.1111/j.1708-8240.2000.tb00241.x.
27. Watts DC, Amer O, Combe EC. Characteristics of visible-light-activated composite systems. *Br Dent J.* 1984 Mar;156(6):209-15. doi: 10.1038/sj.bdj.4805312.
28. Swartz MI, Phillips RW, Rhodes B. Visible light-activated resins: depth of cure. *J Am Dent Assoc.* 1983 May;106(5):634-7.
29. Aguiar FHB, Lazzari CR, Lima DANL, Ambrosano GMB, Lovadino JR. Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. *Braz Oral Res.* 2005 Oct-Dez;19(4):302-6. doi: 10.1590/S1806-83242005000400012.
30. Leloup G, Holvoet PE, Bebelman S, Devaux J. Raman scattering determination of the depth of cure of light-activated composites: influence of different clinically relevant parameters. *J Oral Rehabil.* 2002 Jun;29(6):510-5. doi: 10.1046/j.1365-2842.2002.00889.x.