

AValiação DA MICRODUREZA DE SUPERFÍCIE DE UMA RESINA DO TIPO BULK FILL A PARTIR DE DIFERENTES PARÂMETROS DE FOTOATIVAÇÃO DE UM LED DE TERCEIRA GERAÇÃO

EVALUATION OF THE SURFACE MICROHARDNESS OF A BULK FILL TYPE RESIN FROM DIFFERENT PHOTOACTIVATION PARAMETERS OF A THIRD GENERATION LED

Laura Renilde Lucas da Silva Lemos¹, Anysabelly Sobral da Rocha², Anderson Kaian de Lima Maniçoba³, Ana Luísa de Barros Pascoal⁴, Marília Regalado Galvão Rabelo Caldas⁵, Diana Ferreira Gadelha de Araújo⁶

¹ Aluna do Curso de Odontologia – UFRN

² Cirurgiã-dentista – UFRN

³ Aluno do Curso de Odontologia – UFRN

⁴ Professora Substituta do Curso de Odontologia – UFRN

⁵ Professora Associada II do Curso de Odontologia – UFRN

⁶ Professora Adjunta II do Curso de Odontologia – UFRN

RESUMO

Introdução: A microdureza da resina composta é influenciada pela distância e intensidade da luz do fotoativador. O grau de conversão é indiretamente avaliado pela diferença de microdureza entre topo e base do incremento. As resinas bulk fill são uma opção de material restaurador, com polimerização de 4 a 6mm. **Objetivo:** Avaliar a influência das diferentes configurações de fotoativação de um led terceira geração na variação da microdureza do topo e da base de um espécime de resina Bulk Fill de alta viscosidade em diferentes distâncias de fotoativação. **Métodos:** 72 espécimes (4mm×6mm) de resina Bulk Fill foram divididos em 9 grupos, segundo a configuração e distância do fotoativador (n=8). Os grupos foram submetidos a três parâmetros de fotoativação (1000mW/cm² por 20s, 1400mW/cm² por 8s e 3200mW/cm² por 6s) e três distâncias de fotoativação (0mm, 2mm e 4mm). Após polimerizados, foi realizada a análise de microdureza Vickers na superfície de topo e base dos espécimes, avaliando a diferença de valores encontrada. Após teste de normalidade, os dados foram submetidos ao teste ANOVA três critérios e pós-teste Sidak. **Resultados:** Todos os fatores do estudo foram estatisticamente significantes (p<0,05). Contudo, não foi encontrada significância para interação entre potência e

distância na análise dos valores da base dos espécimes, entre as distâncias 0 e 2mm no modo standart e 0 e 4mm na alta potência e na potência xtra (p>0,05). **Conclusão:** Nenhuma das situações avaliadas foi capaz de atingir os valores de microdureza esperados na base, indicando um grau de conversão insuficiente dos espécimes.

Palavras-Chave: Resina composta; polimerização; teste de dureza.

ABSTRACT

Introduction: The microhardness of the composite resin is influenced by the distance and intensity of the light from the photoactivator. The degree of conversion is indirectly evaluated by the difference in microhardness between the top and base of the increment. Bulk fill resins are a restorative material option, with polymerization of 4 to 6mm. **Objective:** To evaluate the influence of different photoactivation settings of a third generation LED on the variation in the microhardness of the top and base of a high viscosity Bulk Fill resin specimen at different photoactivation distances. **Methods:** 72 specimens (4mm×6mm) of Bulk Fill resin were divided into 9 groups, according to the configuration and distance from the light curer (n=8). The groups were subjected to three photoactivation parameters (1000mW/cm² for

20s, 1400mW/cm² for 8s and 3200mW/cm² for 6s) and three photoactivation distances (0mm, 2mm and 4mm). After polymerization, Vickers microhardness analysis was performed on the top and base surfaces of the specimens, evaluating the difference in values found. After normality testing, the data were subjected to the three-way ANOVA test and Sidak post-test.

Results: All study factors were statistically significant ($p < 0.05$). However, no significance was found for the interaction between power

and distance in the analysis of the base values of the specimens, between distances 0 and 2mm in standard mode and 0 and 4mm in high power and xtra power ($p > 0.05$). Conclusion: None of the situations evaluated were able to reach the expected microhardness values on the base, indicating an insufficient degree of conversion of the specimens.

Keywords: composite resin; polymerization; durability test.

Contato: diana_gadelha@hotmail.com

ENVIADO: 04/01/2024
ACEITO: 15/03/2024
REVISADO: 27/03/2024

INTRODUÇÃO

As resinas bulk fill se distinguem das resinas convencionais ao permitir a polimerização de incrementos maiores, em porções de 4 mm a 6 mm. Esse diferencial oportuniza a diminuição de insucessos como a incorporação de espaços vazios, contaminação da restauração e consequente falha nas ligações entre as camadas de resina¹, redução do tempo operacional e, ainda, confere menor complexidade técnica em cavidades mais extensas^{1, 2, 3}.

Nesse contexto, os compósitos resinosos sofreram alterações em sua estrutura para possibilitar o preenchimento em massa (promovido pela bulk fill) e manter propriedades mecânicas adequadas para garantir a longevidade das restaurações. Para tanto, diferindo do presente nas resinas convencionais, foram incorporados fotoiniciadores mais reativos e fotossensíveis, tipos de carga com pesos moleculares mais altos, além de moduladores de contração de polimerização especiais. Posto isso, buscam minimizar o estresse de polimerização e atingir uma alta translucidez que favoreça a passagem da luz dos fotoativadores até a camada mais profunda do compósito^{4, 5, 6, 7}.

Fatores como a potência da luz emitida e a distância da fotoativação podem atuar no sucesso da restauração. O material restaurador necessita atingir níveis máximos de grau de conversão e por isso é preciso

evitar a dispersão da luz do fotoativador, já que qualquer perda poderá intervir de forma negativa nas propriedades da restauração final, como estabilidade de cor e microdureza⁸. A distância em que está sendo emitida a luz, a espessura do incremento, a microdureza de superfície e o grau de conversão da resina também são fatores que conduzem a longevidade do procedimento restaurador⁹.

Estudos evidenciam que a depender do processo fotoativador, a polimerização do compósito pode ser incompleta em sua parte mais profunda no corpo de prova e, dessa forma, o topo do incremento obtém uma microdureza de superfície maior do que a base⁴. Portanto, é possível afirmar que a polimerização é menos eficiente quanto maior for a disparidade na microdureza nas duas porções do espécime. Sendo assim, quanto menor a distância do fotoativador, menor será a dispersão da luz para o meio externo à restauração, influenciando diretamente na microdureza de superfície na base do incremento¹⁰. Sob a mesma perspectiva, em estudos recentes, foi possível relacionar a microdureza à espessura do incremento, de forma que incrementos com espessuras menores foram associados a níveis de microdureza superiores em comparação aos incrementos mais espessos⁹.

Por conseguinte, os fatores associados ao sucesso de uma restauração em resina do tipo bulk fill são: a espessura do espécime, composição da resina composta, opacidade,

intensidade da energia luminosa, orientação das ondas de luz e tempo de exposição à luz do fotoativador^{11, 4}. Assim, em virtude das modificações de composição sofridas por esse grupamento de resinas, os resultados das variadas formas de fotoativação ainda são pouco conhecidos, por isso a grande relevância em produzir estudos que avaliem esses preceitos, pois, além de serem resinas que propiciam a economia de tempo clínico para os pacientes e cirurgiões-dentistas^{2, 7}, também propõe a resolução de uma das maiores adversidades das resinas compostas convencionais que é a falha operacional na técnica incremental de 2 mm⁵.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a variação de microdureza de superfície entre topo e base de espécimes de resina bulk fill, operando um LED de terceira geração em três configurações possíveis de utilização (Standart, Alta Potência e Potência Xtra) em três distâncias de fotoativação (0, 2 e 4 mm). A hipótese nula testada é de que não haverá variação entre a microdureza do topo e da base do espécime, independentemente da configuração do fotoativador e da distância

de fotoativação empregada.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho corresponde a um estudo experimental "in vitro" no qual foi analisada a microdureza de superfície de uma resina Bulk Fill de alta viscosidade, avaliando-se dois fatores: configuração do fotoativador, em três níveis (1000 mW/cm², 1400 mW/cm² e 3200 mW/cm²) e distância do fotoativador, em três níveis (0 mm, 2 mm e 4 mm).

Foram confeccionados 72 espécimes de resina bulk fill (Resina Opus Bulk Fill APS, cor A2 – FGM, Joinville, SC, Brasil), com composição descrita na Tabela 1, em dimensões de 4 x 6 mm (4 mm de altura e 6 mm de diâmetro). Os espécimes foram distribuídos em 9 grupos, de acordo com a configuração de fotoativação e distância do fotoativador do espécime (n=8). Para determinar o tempo de fotoativação, baseou-se na metodologia proposta por Ilie et al., 2014, utilizando 20, 8 e 6 segundos, para as potências standart, alta potência e potência xtra, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 1 – Composição da Resina Opus Bulk Fill APS – FGM

RCF	Fabricante, cor e lote	Matriz de Resina	Partículas de Carga (%)	Fotoiniciador
Opus Bulk Fill APS	FGM, A2, 030821	Monômeros de UDMA	Dióxido de silício silanizado (79%)	APS e co-iniciadores

*Descrição da composição das resinas compostas utilizadas para o desenvolvimento do estudo. Abreviaturas: UDMA (uretanodimetacrilato); APS (Sistema Avançado de Polimerização).

Tabela 2 – Grupos do estudo

Distância	Grupo	Potência do fotoativador	Tempo
0 mm	G0S	Standart (1000 mW/cm ²)	20 segundos
	G0AP	Alta Potência (1400 mW/cm ²)	8 segundos
	G0PX	Potência Xtra (3200 mW/cm ²)	6 segundos
2 mm	G2S	Standart (1000 mW/cm ²)	20 segundos
	G2AP	Alta Potência (1400 mW/cm ²)	8 segundos
	G2PX	Potência Xtra (3200 mW/cm ²)	6 segundos
4 mm	G4S	Standart (1000 mW/cm ²)	20 segundos
	G4AP	Alta Potência (1400 mW/cm ²)	8 segundos
	G4PX	Potência Xtra (3200 mW/cm ²)	6 segundos

*Descrição das distâncias de fotoativação, potência do fotoativador e tempo de fotopolimerização utilizado para cada um dos grupos do estudo.

Confeção dos espécimes de resina

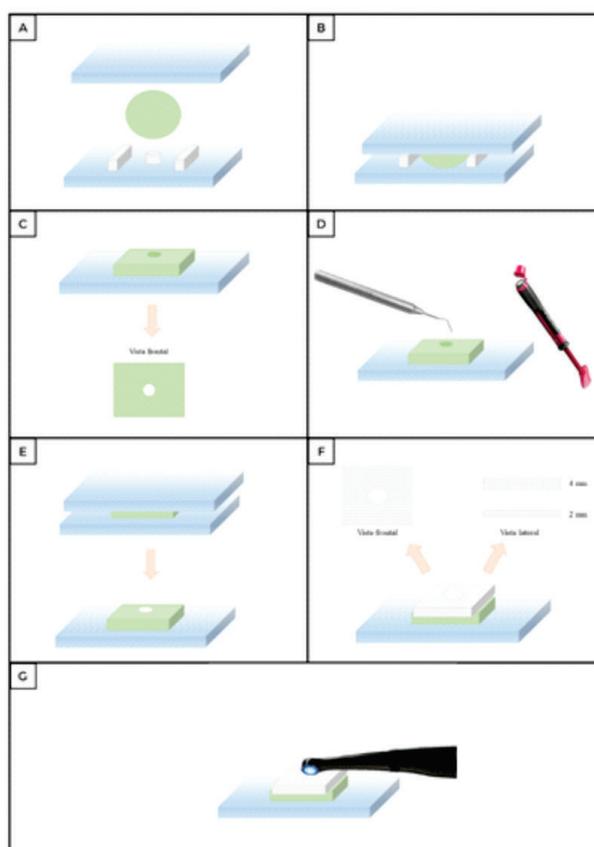
Para a confecção dos espécimes de resina, primeiramente foi feita a matriz de silicona de condensação (Optosil - Kulzer). Com a proporção correta da quantidade de material, a silicona foi manipulada e posteriormente posicionada sobre um disco de acrílico de 4mm x 6mm apoiado sobre uma placa de vidro. Próximo ao disco foram posicionados dois blocos de acrílico com 4 mm de espessura para dar mais estabilidade durante a confecção dos espécimes (Figura 1 A). Com o auxílio de uma outra placa de vidro, a silicona de condensação foi prensada sobre o disco de acrílico, logo seu tempo de presa foi aguardado (Figura 1 B), obteve-se uma matriz mais estável, com máxima lisura e com o mínimo de imperfeições. A moldagem obtida foi utilizada como matriz para que o espaço anteriormente ocupado pelo disco de acrílico fosse preenchido pela resina composta (Figura 1 C).

Após a confecção da matriz, a mesma foi colocada sobre uma placa de vidro limpa e, em seguida, inserida a resina bulk fill (Resina Opus Bulk Fill, cor A2 – FGM, Joinville, SC, Brasil) com o auxílio de uma espátula de resina e um condensador, sendo este último utilizado para evitar a ocorrência de espaços vazios, principalmente na região da base do espécime (Figura 1 D).

Antes da polimerização do espécime, uma tira de poliéster foi posicionada sobre o bloco de resina para evitar que o oxigênio do ambiente obtivesse contato com a resina. Uma leve pressão foi exercida com o auxílio de uma placa de vidro, para que essa região do topo se mantivesse plana e com o mínimo de imperfeições assim como a região da base (Figura 1 E). Logo em seguida foi executado o processo de polimerização da resina com o fotoativador Valo Cordless (Ultradent, Indaiatuba, SP, Brasil) na distância de 0 mm e nas três diferentes potências. Para os grupos com distâncias de 2 mm e 4 mm, foi necessária a utilização de uma estrutura de acrílico perfurada no centro para que o fotopolimerizador permanecesse estável durante todo o tempo de emissão de luz, sem alterações na posição do equipamento (Figura 1 F e G) e, conseqüentemente, no direcionamento da emissão da luz. Os espécimes foram armazenados em

temperatura ambiente e mantidos em ambiente úmido. Após 24h o polimento das superfícies foi realizado com auxílio de disco de feltro e pasta diamantada, aplicados durante 10 segundos.

Figura 1 – Sequência de confecção da matriz de silicona e espécimes de resina



A: Disco e blocos de acrílico de 4mm posicionados. B: Prensagem da silicona de condensação sobre disco de acrílico com uma placa de vidro. C: Molde utilizado como matriz para que espaço anteriormente ocupado pelo disco fosse preenchido por resina composta. D: Sob uma placa de vidro limpa, inserção da resina bulk fill com espátula de resina e condensador. E: posicionamento de tira de poliéster sobre o espécime com leve pressão de uma placa de vidro. F: Estruturas de acrílico para suporte durante a fotoativação. G: Fotoativação do espécime.

Avaliação da microdureza de superfície

Os espécimes obtidos foram removidos de seus moldes, sendo a área do topo do espécime (superfície mais próxima do

fotopolimerizador) identificada com marcação permanente. Após 24h, a análise de microdureza foi realizada no topo e na base do espécime. Para o teste de microdureza, foi utilizado o microdurômetro Pantec MV2000A, com penetrador do tipo Vickers, carga estática de 100g por 20 segundos. Em cada espécime, foram realizadas 3 indentações em diferentes regiões da superfície e em cada lado do espécime (topo e base). A marcação resultante no espécime foi convertida em um valor numérico de dureza (VH) a partir da análise de um software específico do microdurômetro.

Análise Estatística

As médias e desvio-padrão foram calculados para cada parâmetro avaliado. Após teste de normalidade, os dados obtidos foram analisados através do ANOVA de três critérios seguidos do pós-teste de Sidak, utilizando significância de 5% em todas as situações analisadas.

RESULTADOS

A análise estatística realizada mostrou significância para todos os fatores do estudo ($p < 0,05$), bem como significância para a interação entre todos esses fatores ($p < 0,05$),

resultados expressos na Tabela 3 e Tabela 4

Estudando individualmente a variável localização (topo/base), observa-se significância estatística para os valores de microdureza registrados em todos os grupos analisados. Adicionalmente, a interação entre potência e distância foi significativa para a maioria das situações testadas, com exceção da comparação feita na base dos espécimes entre as distâncias 0 e 2 mm no modo Standart, em região de base e 0 e 4 mm na Alta Potência e na potência Xtra, também na base dos espécimes.

A análise realizada para cada distância avaliada revelou que para a distância de 0 mm não houve diferença significativa no topo independentemente da potência utilizada, enquanto para a base não foi encontrada significância estatística entre os valores obtidos na alta potência e potência xtra ($p > 0,05$). Na distância de 2 mm, também houveram diferenças significativas ($p < 0,05$), entre o grupo que utilizou a potência standart e alta, na região de topo e de base. Para a distância de 4 mm, não foram encontradas diferenças significantes para os valores registrados na base, sendo encontrada significância apenas para a diferença entre os valores do topo na potência standart ($p > 0,05$).

Tabela 3 – Análise ANOVA a 3 critérios com valores de P para variáveis e interações.

Variável	P-valor
Distância	,000
Potência	,000
Localização	,000
Distância * Potência	,000
Distância * Localização	,000
Potência * Localização	,002
Distância * Potência * Localização	,000

*Todas as interações investigadas têm significância.

Tabela 4 – Interação entre as variáveis do estudo

Localização	Distância	Potência		
		Standart	Alta Potência	Potência Xtra
TOPO	0 mm	50,44 ($\pm 8,43$) ^{Aa*}	48,50 ($\pm 5,99$) ^{Fa*}	46,79 ($\pm 5,42$) ^{Ka*}
	2 mm	39,74 ($\pm 4,40$) ^{Bb*}	38,22 ($\pm 2,81$) ^{Gb*}	57,23 ($\pm 14,57$) ^{Lc*}
	4 mm	41,20 ($\pm 4,37$) ^{Cd*}	20,27 ($\pm 12,5$) ^{He*}	22,21 ($\pm 5,81$) ^{Me*}
BASE	0 mm	13,89 ($\pm 3,72$) ^{Df*}	5,35 ($\pm 0,84$) ^{Ig*}	6,74 ($\pm 3,11$) ^{Ng*}
	2 mm	12,70 ($\pm 3,41$) ^{Dh*}	11,04 ($\pm 1,69$) ^{Jh*}	17,10 ($\pm 2,34$) ^{Oi*}
	4 mm	4,40 ($\pm 0,86$) ^{Ej*}	3,75 ($\pm 0,27$) ^{lj*}	3,84 ($\pm 0,38$) ^{Nj*}

*Valores cujas letras sobreescritas maiúsculas são semelhantes entre si em uma mesma coluna representam a ausência de diferenças significativas entre si ($p > 0,05$). Valores cujas letras sobreescritas minúsculas são semelhantes entre si em uma mesma linha representam a ausência de diferenças estatisticamente significativas entre si ($p > 0,05$). Valores com * sobreescrito representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre topo e base para uma mesma distância e uma mesma potência. Testes estatísticos usados: normalidade, ANOVA de três critérios, pós- teste de Sidak.

DISCUSSÃO

O estudo exibido simulou nove diferentes condições clinicamente relevantes de polimerização da resina Bulk Fill, levando em consideração que o operador pode realizar a fotoativação em diferentes distâncias da fonte de luz ao compósito, assim como diferentes potências de um fotoativador de terceira geração, no modo standart a 1000 mW/cm², alta potência 1400 mW/cm² e potência xtra 3200 mW/cm².

A significância estatística encontrada na comparação entre topo e base para os diferentes grupos avaliados revela que, independente da distância de fotoativação e da potência do fotoativador, a resina não foi capaz de obter um grau de conversão adequado, principalmente quando se trata da base dos espécimes, mesmo na melhor condição clínica de fotoativação, que seria a distância de 0 mm.

Alguns estudos avaliam a qualidade da polimerização levando em consideração que o valor da média de microdureza entre topo e base deve ser de no máximo 80%¹¹.¹² Seguindo esse raciocínio, todos os grupos testados obtiveram microdureza abaixo desse valor, sendo a maior porcentagem de 31,95% no G2S e a menor de 10,67% no G4S. Na distância de 2 mm, as três potências apresentaram as maiores porcentagens, maior até do que na distância de 0 mm, o que não era

um resultado esperado, tendo em vista que a distribuição da luz emitida pelo fotoativador não é uniforme à medida que se aumenta a distância de fotoativação, resultando em sua maior dissipação e conseqüentemente menor o grau de conversão da resina e microdureza na base.

Os valores médios de microdureza no topo dos espécimes, em sua maioria, foram semelhantes entre os grupos de mesma distância. Porém, em comparação à base, esses valores foram reduzidos entre três e nove vezes, como é o caso dos G0AP e G4S. Dessa forma, os dados estão em consonância com um estudo já registrado na literatura, o qual demonstrou que, em incrementos a partir de 4 mm de espessura, pode haver diminuição significativa nas propriedades mecânicas e menores valores de microdureza na superfície das restaurações¹³. A explicação para esses resultados é multifatorial, uma vez que os valores de microdureza e grau de conversão associam-se a potência do fotoativador, a distância do foco de luz, assim como também a razões intrínsecas à resina, como o seu grau de translucidez, a composição da sua matriz orgânica e fotoiniciadores^{6, 4, 5}. É importante destacar que não necessariamente todos esses fatores devem estar atrelados para que se obtenha resultados semelhantes ao deste estudo.

O compósito com uma polimerização inadequada possui monômeros residuais na

restauração, tornando-a menos longeva e mais propensa ao insucesso devido à sua citotoxicidade e suscetibilidade à falha no selamento marginal^{9, 14}. A literatura estabelece que, à medida que a distância de fotoativação é aumentada, mais baixa é a densidade de luz que chega até o topo do espécime de resina⁵. Levando em consideração que o incremento de uma bulk fill pode chegar de 4 a 6 mm de espessura, a quantidade de luz capaz de chegar ao fundo da restauração é ainda menor.

Um dos mecanismos efetivos para o aumento da profundidade de polimerização e consequentemente do grau de conversão nas regiões mais profundas das restaurações, é o aumento da translucidez do material restaurador de preenchimento em massa. Entretanto, a polimerização de camadas mais profundas também está diretamente associada ao processo de polimerização já iniciado nas camadas mais superiores da restauração, não estando associado apenas a quantidade de luz que atinge a região mais profunda^{13, 5}. Dessa forma, quanto mais translúcida for a resina, maior a capacidade de transmissão de luz através dela⁷, apesar de nem todas as resinas serem capazes de polimerizar de maneira satisfatória na base da restauração, como é o caso do compósito utilizado no presente estudo.

As partículas de sílica presentes na carga inorgânica contribuem para uma adequada polimerização em maiores profundidades do incremento, uma vez que possui índices de refração adequados para se obter uma boa translucidez e permitir a passagem de luz através do compósito¹⁵. Apesar da resina Opus Bulk Fill possuir em sua composição dióxido de silício silanizado, os resultados revelaram baixa transmissão da luz para as regiões mais baixas dos espécimes, sendo justificado pelos valores da média de microdureza menores do que 80% do valor do topo dos espécimes, em todos os grupos do estudo^{11, 12}.

Ainda com relação à composição, as resinas que possuem uma matriz orgânica composta por bis-gma, alteram a mobilidade durante o processo de polimerização dos demais monômeros existentes em sua composição. Sendo assim, observa-se como consequência a diminuição do grau

de conversão durante a formação da rede polimérica¹⁶. Por sua vez, a resina Opus Bulk Fill – FGM, utilizada neste estudo, possui apenas monômeros de UDMA em sua matriz orgânica, segundo informações fornecidas pelo fabricante. Portanto, não é prudente justificar os baixos valores de microdureza na base dos espécimes a partir da composição da matriz orgânica da resina utilizada.

O tempo de exposição do compósito à luz pode ser um fator importante para que a resina adquira bons resultados mecânicos e valores de microdureza e grau de conversão aumentados. Conforme descrito na literatura, à medida que o tempo de exposição à luz aumenta, ela atingirá as camadas mais profundas da restauração, portanto, períodos de exposição mais curtos possivelmente resultarão em um desempenho mecânico inferior⁵. Esse pode ter sido um dos fatores que levou aos resultados negativos dessa pesquisa. Por outro lado, as recomendações do fabricante do fotoativador “Valo” estabelecem que não se deve expor o tecido à luz por mais de 20 segundos, nem permitir um intervalo menor que 2 minutos entre duas fotoativações de 20 segundos. Ainda, no modo potência xtra, não é recomendado expor o tecido à luz por mais do que 9 segundos.

As limitações de um estudo *in vitro* devem ser consideradas na avaliação dos resultados obtidos no presente trabalho. Mas a partir das situações analisadas, observa-se que a associação entre tempo e potência utilizados como parâmetros de fotoativação não resultaram em propriedades mecânicas satisfatórias para o material. Além disso, observa-se que a distância entre o fotoativador e a superfície do material também pode ser um fator contundente nas características da restauração final obtida.

CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos e analisados no presente estudo, foi possível concluir que:

- A resina bulk fill avaliada não apresentou a relação esperada nos valores de microdureza entre topo e base para todos os grupos avaliados, o que indiretamente indica um grau de conversão inadequado para a espessura de 4mm utilizada;
- O aumento da distância do fotoativador

determinou menores valores de microdureza para todas as situações testadas, com exceção dos valores encontrados na base dos espécimes do Grupo Standart quando avaliados a distâncias de 0 e 2mm;

- A análise isolada da potência mantendo-se as mesmas condições (distância e região do espécime) mostrou que este fator não configurou uma influência potencialmente determinante nos valores de microdureza obtidos.

AGRADECIMENTOS:

Agradecimento a empresa FGM Dental Group pela doação do material necessário para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

1. Karacolak G, Turkun S, Boyacioglu H, Ferracane JL Influence of increment thickness on radiante energy and microhardness of bulkfill resin composites. *Dental Materials Journal*. 2018; 37(2):206-2013.
2. Alshaafia MM, Haenel T, Sullivan B, Labrie D, Alqahtani MQ, Price RB. Effect of a broad-spectrum LED curing light on the Knoop microhardness of four posterior resin based composites at 2, 4 and 6-mm depths. *Journal of Dentistry*. 2016; 45:14-18.
3. Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, et al. Bulk-fill resin composites: Polymerization properties and extended light curing. *Dental Materials*. 2015; 31(3):293–301.
4. Gan JK, Yap AU, Cheong JW, Arista N, Tan CBK. Bulk-Fill composites: effectiveness of cure with poly – and monowave curing lights and modes. *Operative Dentistry*. 2018; 43(2):136-143.
5. Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*. 2014; 42(8):977–985.
6. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LES, Martin AA, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dental Materials*. 2015; 31(12):1542–1551.
7. Osiewicz MA, Werner A, Roeters FJ, Kleverlaan CJ. Wear of bulk-fill resin composites. *Dental Materials*. 2022; 38(3):549-553.
8. Beolchi RS, Moura-Netto C, Palo RM, Torres CRG, Pelissier B. Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances. *Brazilian Oral Research*. 2015; 29(1):1-7.
9. De Mendonça, BC, Soto-Montero JR, de Castro EF, Pecorari VGA, Rueggeberg FA, Giannini M. Flexural strength and microhardness of bulk-fill restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021; 33(4):628-635.
10. Jain L, Mehta D, Meena N, Gupta R. Influence of light energy density, composite type, composite thickness, and postcuring phase on degree of conversion of bulk-fill composites. *Contemporary Clinical Dentistry*. 2018; 9:147-152.
11. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dental Materials*. 2014; 30(10):1104-1112.
12. Nagi SM, Moharam LM, Zaazou MH. Effect of resin thickness, and curing time on the micro-hardness of bulk-fill resin composites. *J Clin Exp Dent*. 2015; 7(5):600-4.
13. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clinical Oral Investigations*. 2014; 18(8):1991-2000.
14. Simi B, Suprabha BS. Evaluation of microleakage in posterior nanocomposite restorations with adhesive liners. *Journal Conservative Dentistry*. 2011; 14(2):178-81.
15. Azzopardi N, Moharamzadeh K, Wood DJ, Martin N, van Noort R. Effect of

resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. Dental Materials. 2009; 25(12):1564-8.

16. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin- composites at two time intervals. Dental Materials. 2013; 29(9):213-7.