

Polimerização da Resina Composta *Bulk-Fill* com LEDs *Monowaves* e *Polywaves*: Revisão de Literatura

Polymerization of Bulk-Fill Composite Resin with Monowave and Polywave Leds: a Literature Review
Polimerización de Resina Compuesta a Granel con Leds Monowave y Polywave: Revisión de la Literatura

Francielly de Lemos **MEDEIROS**

Especializanda em Endodontia pelo Instituto de Pós-Graduação em Odontologia (IOA IOP);
Cirurgiã-Dentista pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, 58429-500, Araruna – PB, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-8672-7731>

Marcelo Gadelha **VASCONCELOS**

Professor Doutor do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, 58429-500, Araruna – PB, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-0396-553X>

Rodrigo Gadelha **VASCONCELOS**

Professor Doutor do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, 58429-500, Araruna – PB, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-7890-8866>

Resumo

Introdução: A resina *Bulk-Fill* (RBF) permite a fotoativação de incrementos com até 5 mm de espessura. Possui em sua composição fotoiniciadores alternativos que são mais sensíveis a comprimentos de onda mais curtos, não correspondendo à faixa de emissão das unidades de diodos emissores de luzes (LEDs) *monowaves*, por isso, foram desenvolvidos os *polywaves*. **Objetivo:** realizar uma revisão da literatura sobre a RBF e analisar a eficácia da sua polimerização ao utilizar LEDs *monowaves* e *polywaves*. **Métodos:** uma revisão da literatura foi realizada por meio de artigos científicos publicados entre 2012 a 2021 presentes em bases de dados, como PubMed/ Medline, SciELO, Lilacs e Google Acadêmico. **Resultados:** Nos estudos incluídos, quatro deles obtiveram um maior grau de conversão monomérica com os LEDs *polywaves*, apenas um obteve com o *monowave* e em duas pesquisas não houve diferenças significativas entre os dois tipos. Os LEDs *polywaves* obtiveram uma maior conversão apenas nas camadas mais superficiais, porém além de 2,5 mm não houve diferenças significativas entre os dois tipos. **Conclusão:** São necessárias evidências literárias conclusivas sobre qual tipo de LED é o melhor para a fotoativação das RBF.

Descritores: Luzes de Cura Dentária; Polimerização; Resinas Compostas.

Abstract

Introduction: Bulk-Fill resin (RBF) allows light curing of increments up to 5 mm thick. It has in its composition alternative photoinitiators that are more sensitive to shorter wavelengths, not corresponding to the emission of monowave light emitting diodes (LEDs) curing units, therefore, polywaves were developed. **Objective:** to review the literature on RBF and analyze the effectiveness of its polymerization using monowave and polywave LEDs. **Methods:** a literature review was carried out through scientific articles published between 2012 and 2021 present in databases such as PubMed/Medline, SciELO, Lilacs and Academic Google. **Results:** In the included studies, four of them obtained a greater degree of monomeric conversion with LEDs polywaves, only one obtained with monowave and in two studies there were no significant differences between the two types. The LEDs polywaves obtained a higher conversion only in the most superficial layers, but beyond 2,5 mm there were no significant differences between the two types. **Conclusion:** Conclusive literary evidence is needed on which type of LED is best for photoactivation of RBF.

Descriptors: Curing Lights, Dental; Polymerization; Composite Resins.

Resumen

Introducción: La resina Bulk-Fill (RBF) permite fotopolimerizar incrementos de hasta 5 mm de espesor. Tiene en su composición fotoiniciadores alternativos que son más sensibles a longitudes de onda más cortas, no correspondiendo al rango de emisión de las unidades de diodos emisores de luz (LED) de onda única, por lo que se desarrollaron las ondas polivalentes. **Objetivo:** revisar la literatura sobre RBF y analizar la efectividad de su polimerización utilizando LED monowave y polywave. **Métodos:** se realizó una revisión de la literatura a través de artículos científicos publicados entre 2012 y 2021 presentes en bases de datos como PubMed / Medline, SciELO, Lilacs y Academic Google. **Resultados:** En los estudios incluidos, cuatro de ellos obtuvieron un mayor grado de conversión monomérica con LED de onda múltiple, solo uno se obtuvo con LED de onda única y en dos estudios no hubo diferencias significativas entre los dos tipos. Los LED Polywave obtuvieron una mayor conversión solo en las capas más superficiales, pero más allá de los 2,5 mm no hubo diferencias significativas entre los dos tipos. **Conclusión:** Se necesita evidencia literaria concluyente sobre qué tipo de LED es mejor para la fotoactivación de RBF.

Descriptores: Luces de Curación Dental; Polimerización; Resinas Compuestas.

INTRODUÇÃO

Com os recentes avanços dos materiais dentários e das técnicas clínicas, os compósitos resinosos tornaram-se os materiais restauradores diretos mais utilizados para satisfazer as demandas estéticas dos pacientes nas restaurações de lesões de cárie, fraturas coronárias, defeitos congênitos e desgastes dentários.¹ No entanto, as resinas compostas convencionais têm as desvantagens de apresentar uma limitada profundidade de penetração da luz, que dificulta, bastante, a polimerização nas camadas mais profundas. Além disso, apresenta contração de polimerização, que pode resultar em microinfiltração, cárie secundária, descoloração marginal e sensibilidade pós-operatória^{1,2}.

A técnica restauradora mais utilizada pelos dentistas que busca reduzir ou evitar tais problemas é a técnica convencional incremental³; esta consiste na inserção de incrementos de resinas compostas com espessura máxima de 2mm, que devem ser fotoativados individualmente.⁴ Porém, essa técnica também apresenta uma série de desvantagens, que incluem falhas na ligação entre os incrementos devido à contaminação, a criação de espaços vazios, mais tempo é necessário para inserir e polimerizar cada camada, além da dificuldade de colocação dos incrementos devido ao acesso limitado durante os preparos conservadores^{1,5}.

Como forma de reduzir esses problemas da técnica incremental, melhorias recentes levaram ao desenvolvimento da resina *Bulk-Fill* (RBF)²; que apresentam consistências iguais as resinas convencionais e, embora possam ser utilizadas em qualquer cavidade, são indicadas, principalmente, em restaurações posteriores⁶. Estes compósitos fornecem procedimentos clínicos simples e rápidos, pois permitem que incrementos de até 4 ou 5 mm de espessura sejam fotopolimerizados em uma única etapa^{7,8}. Essa estratégia simplificada é atribuída ao aumento da translucidez do composto, permitindo uma maior profundidade de transmissão de luz, e à adição de fotoiniciadores mais reativos. Além disso, afirma-se que esses materiais têm baixa tensão de contração devido à inclusão de moléculas de alívio de tensão e moduladores de polimerização patenteados⁷.

A polimerização é uma etapa muito importante na odontologia, mas ainda envolve uma preocupação com os compósitos de preenchimento em massa⁹. Atualmente, a amina terciária Canforoquinona (CQ) - sistema fotoiniciador mais comumente utilizado nos materiais à base de resina¹⁰; está sendo parcialmente substituído por fotoiniciadores alternativos, tais como difenil (2,4,6 - trimetilbenzoil) fosfina óxido (TPO), Ivocerin, Irgacure 819 e OPPI (composto ônio p-octiloxi-fenil-fenil-iodônio hexafluoroantimonato).^{9,11} Esses fotoiniciadores alternativos são menos amarelados que a CQ e apresentam comprimentos de onda com pico de absorção que não correspondem ao pico único (*monowave*) das unidades de diodo emissor de luz (LED)^{9,11}.

Portanto, devido às limitações dos aparelhos LEDs da primeira e segunda geração, foi desenvolvida uma “terceira geração”. Também conhecida como “*polywave*” ou múltiplos, esses dispositivos emitem luz com um comprimento de onda que varia entre 380 e 515 nm (de ultravioleta a azul), ao contrário dos LEDs de segunda geração, que emitem luz com um comprimento de onda mais estreito (410-470 nm). Assim, as unidades *polywaves* são capazes de fornecer uma polimerização ideal em materiais fotoativados à base de resina que contêm apenas fotoiniciadores alternativos¹².

Ante o exposto o presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre a resina composta *Bulk-Fill* e analisar a eficácia da sua polimerização ao utilizar LEDs *monowaves* e *polywaves*.

MATERIAL E MÉTODO

Este estudo caracteriza-se como uma revisão literária do tipo narrativa realizada através de um levantamento bibliográfico da literatura, publicada entre 2012 a 2021, presentes nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed/

Medline, SciELO (Scientific Electronic Library), Lilacs e Google Acadêmico. Os artigos foram extraídos obedecendo aos seguintes critérios de inclusão: disponibilidade completa do texto, artigos escritos em inglês, espanhol e português, ter relação com o tema proposto e possuir uma metodologia detalhada. Dessa forma, os artigos que não se enquadraram nesses critérios foram excluídos da amostra.

Para filtragem dos artigos foram utilizados os seguintes descritores em inglês/ português: “Polymerization” (“polimerização”), “filtek bulk fill” (“resina *Bulk-Fill*”), “curing lights, dental” (“luzes de cura dentais”), “LEDs monowaves” (“LEDs monondas”), “LEDs polywaves” (“LEDs poliondas”), “composite resins” (“resinas compostas”). A associação desses descritores foi feita através da utilização dos operadores booleanos “AND” e “OR”. Além disso, realizamos uma busca manual na lista de referências dos artigos selecionados. Logo, após esta filtragem 36 artigos foram incluídos na revisão

REVISÃO DA LITERATURA

○ *Resina Composta Bulk-Fill*

A técnica restauradora convencional apresenta limitações quanto aos processos de fotopolimerização, portanto, recomenda-se a inserção de incrementos resinosos de no máximo dois milímetros de espessura, quando utilizadas resinas compostas convencionais¹³. No entanto, esta técnica incremental possui como desvantagens a formação de espaços vazios entre os incrementos, falha de adesão na interface dente restauração, longo tempo de atendimento e dificuldade de inserção em preparos cavitários conservadores¹⁴.

Como forma de minimizar essas limitações impostas e tornar a técnica restauradora mais rápida e simples, a resina *Bulk-Fill* foi introduzida no mercado aceitando o uso de incrementos de até 5 mm¹³. Tal fato, permite que o processo restaurador seja mais conveniente tanto para o paciente quanto para o cirurgião-dentista, uma vez que ocorre uma otimização do tempo de trabalho.¹⁵ Estudos mostram que a RBF possui propriedades mecânicas aprimoradas, menos estresse de polimerização e microinfiltração reduzida. Outra vantagem seria a possibilidade de preencher a cavidade em incrementos únicos de 4 a 5 mm, com mínima contração de polimerização durante o processo de fotoativação, o que significa diminuir o tempo clínico e o risco de contaminação durante o procedimento restaurador¹⁶.

Misilli e Gönülol¹ inferem que esses compósitos, podem ser de baixa viscosidade (fluidos, base) ou de consistência regular (alta viscosidade, esculpível, corpo inteiro)^{1,17}. As RBF de baixa viscosidade possuem propriedades

mecânicas mais baixas (dureza e módulo de elasticidade estão intimamente relacionados à quantidade de partículas de carga), logo não são recomendados em situações de alto estresse mecânico, como em contato direto com cargas oclusais¹⁸.

Por esse motivo, essas RBF de baixa viscosidade são projetadas como um material de base e requerem a colocação de uma camada de cobertura final, utilizando uma resina de consistência regular (podendo ser *bulk-fill* ou não), devido à sua baixa dureza superficial e módulo de elasticidade. Já os compósitos de consistência regular não necessitam de uma camada de cobertura adicional e podem ser usados como um material de enchimento de etapa única¹.

Os fabricantes destas resinas com a finalidade de promover o alívio das tensões geradas e o aumento da profundidade da polimerização realizaram algumas modificações na sua composição química, como aumento da translucidez, para maior transmissão da fotopolimerização, bem como a incorporação de monômeros moduladores da polimerização e modificação das partículas de carga⁴.

Dessa forma, Motta et al.¹³ explicam que na formulação dessas resinas pode conter um monômero de fragmentação adicional (AFM – Addition Fragmentation Monomers), que durante a polimerização, o seu grupo central pode se fragmentar e aliviar as tensões sem prejudicar a resistência ao desgaste. Os fragmentos podem então reagir com a cadeia polimérica em formação, gerando menor tensão em comparação com o estado pré-fragmentado. Outro monômero que também pode ser empregado é o Uretando Dimetacrilato Aromático (AUDMA – Aromatic Urethane Dimethacrylate). Por possuir um maior peso molecular que os dimetacrilatos tradicionais, ajuda a reduzir a quantidade de contração e estresse que ocorre durante a polimerização. Tais componentes permitem ao produto apresentar grande profundidade de cura e baixa tensão de contração.

Outra abordagem utilizada pelos fabricantes envolve a utilização de fotoiniciadores alternativos, estes são mais reativos que a canforoquinona¹⁹; apresentam uma maior absorção e um filtro de poluição luminosa que impede a polimerização através de outros espectros de feixes luminosos, garantindo, assim, um maior tempo clínico durante o processo de fotopolimerização¹³.

o Fotoiniciadores

Os fotoiniciadores convertem a energia da luz em energia química, por meio da formação de radicais livres que rompem as ligações duplas carbono-carbono (C=C) dos monômeros, permitindo que a reação forme polímeros unidos

covalentemente²⁰. O tipo de fotoiniciador mais amplamente utilizado é o sistema iniciador canforoquinona, tipo 2, que foi aperfeiçoado para a cura dentária por luz visível por um projeto realizado pela Imperial Chemical Industries²¹. Santini, Gallegos e Felix (2013) explicam que quando a CQ absorve a luz (comprimento de onda de absorvância máxima: 468 nm), ela excita e interage com as amins terciárias (AT) formando um complexo fotoexcitado. Nesse estado, a CQ abstrai um átomo de hidrogênio da AT produzindo radicais livres tanto na CQ quanto em AT. Os radicais livres atacam as ligações C=C dos monômeros resultando na formação de novos radicais com uma cadeia muito mais longa do que antes (radicais de propagação). O mesmo processo continua durante a reação em cadeia até que o processo da reação termine²².

No entanto, a CQ tem uma cor amarelada que pode influenciar na coloração final da restauração. Isso pode gerar um inconveniente caso o paciente apresente dentes clareados ou necessitar de uma restauração com maior valor. Consequentemente, alguns fabricantes de resina começaram a usar fotoiniciadores “alternativos”²³. Devemos ter em mente que, apesar do seu potencial de amarelamento, a CQ ainda está presente em materiais restauradores que também contêm fotoiniciadores alternativos, só que em uma concentração reduzida²⁴.

O óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina (Lucirin TPO) e 1-fenil-1,2-propanodiona (PPD) são exemplos de fotoiniciadores alternativos introduzidos em algumas RBF, estes são mais sensíveis a comprimentos de onda mais curtos (<420 nm)²⁵. Conte et al. (2017) ainda afirmam que o uso da mistura de diversos fotoiniciadores promove uma melhoria no grau de conversão dos monômeros em polímeros, melhora as qualidades estéticas e reduz o índice de estresse. Os fabricantes não declaram todos os fotoiniciadores usados em seus produtos; além disso, vários tipos podem ser usados em diferentes tons dentro da mesma marca²⁵.

Makhdoom et al.¹¹ explicam que os fotoiniciadores alternativos, como Ivocerin, Irgacure 819 e OPP apresentam comprimentos de onda com pico de absorção variando de 290 a 330 nm, que não corresponde aos LEDs *monowaves* (variando de 350 a 460 nm). Essa incompatibilidade identifica uma preocupação paralela relacionada ao fato das unidades de fotopolimerização com LEDs de pico único (*monowaves*) podem polimerizar ou não com eficiência compósitos *bulk-fill* contendo fotoiniciadores alternativos¹¹.

Devido à essas limitações dos LEDs de primeira e segunda geração foi desenvolvida uma terceira geração. Também conhecida como “*polywave*”, ou multipicos, esses dispositivos

emitem luz com um comprimento de onda que varia entre 380 a 515 nm¹².

o *Diodos Emissores de Luzes (LEDs)*

O desempenho ideal das restaurações diretas e indiretas depende da polimerização adequada do componente da resina, que se caracteriza pela transformação de monômeros em polímeros e é acompanhada pela redução volumétrica do material.²⁶ A etapa de polimerização é essencial para garantir força, dureza e resistência ao desgaste.²⁷ Além disso, é considerada um dos motivos de falha clínica precoce das restaurações na prática clínica, na maioria das vezes por falta de conhecimento e/ou negligência por parte do profissional nessa etapa tão importante do procedimento restaurador²⁸.

As RBF vêm conquistando cada vez mais espaço no mercado, entretanto, para obter a longevidade clínica das restaurações em dentes posteriores é necessária uma unidade fotopolimerizadora eficiente²⁸. Dessa forma, as propriedades mecânicas desses compósitos podem ser potencializadas ou diminuídas dependendo do tipo de aparelho fotopolimerizador, do comprimento de onda emitido, do tempo e/ou intensidade da fotopolimerização e da temperatura liberada²⁹.

Isto se deve ao fato destas resinas possuírem uma variedade de iniciadores que podem ser ativados com a luz visível, desde que ocorra a irradiação por uma unidade de fotopolimerização dentária apropriada, em comprimentos de onda que se sobreponha à absorção do fotoiniciador.²⁷ Logo, quanto mais eficiente for a polimerização, melhor será o desempenho clínico e a longevidade do tratamento restaurador²⁹.

Dois tipos comuns de unidades fotopolimerizadoras são as lâmpadas halógenas de quartzo-tungstênio e o diodo emissor de luz de alta intensidade²⁷. Ribeiro et al.³⁰ explicam que devido às deficiências, como ciclo de vida curto e produção de calor, as lâmpadas halógenas estão sendo substituídas por outras fontes de luz, especialmente pelos LEDs. Os avanços técnicos nessas fontes ocorreram rapidamente desde a sua introdução na Odontologia, e os sistemas de LEDs azuis de segunda geração são capazes de ter um desempenho igual às lâmpadas halógenas.

Os LEDs requerem baixa potência, nenhum filamento, nenhum filtro óptico e fornece uma eficiência de geração de fótons muito maior do que qualquer outra fonte de luz. Além disso, essas unidades podem ser alimentadas por bateria e as suas fontes duram milhares de horas, não precisando de substituição²¹.

Os LEDs são divididos em três gerações. Rueggeberg et al.²¹ relatam que na primeira geração, os LEDs eram constituídos por elementos

individuais que possuíam uma potência de saída de luz muito baixa. Devido a isso, como forma de competir com a fotopolimerização das lâmpadas halógenas foi necessário que esses elementos individuais fossem dispostos em uma matriz física e a utilização de uma ponta turbo. Essas unidades possuíam algum tipo de tecnologia de dissipação de calor, para remover o calor dos chips de modo que não fossem danificados²¹. Resumindo, as unidades de primeira geração consistiam em uma série de chips de potência relativamente baixa, oferecendo uma saída de luz inferior e com baixo desempenho de polimerização em comparação com as lâmpadas halógenas³⁰.

Já os modelos da segunda geração demonstram melhor desempenho. Estes utilizam um único chip com uma área de superfície maior, emitem apenas uma faixa de cores com potência de saída bastante elevada³⁰. Rueggeberg et al.²¹ explicam que nestas unidades foram incorporados LEDs que consomem 10 a 15 Watts para permitir a fotopolimerização ideal dos materiais contendo a CQ, isso promoveu aumento dos valores de irradiância e diminuição dos valores de exposição. Nessas unidades também é necessário dissipar a energia térmica dos chips, por esse motivo, possuem ventiladores internos e grandes dissipadores de calor de metal.

Esses LEDs de primeira e segunda geração usados em Odontologia emitem luz azul em um comprimento de onda estreito entre 410 e 470 nm¹²; possuindo, assim, apenas um pico de emissão, conhecidos como aparelhos de pico único ou *monowaves*²⁸. Dessa forma, são incapazes de polimerizar adequadamente os materiais de resina em que a CQ foi parcialmente ou totalmente substituído por fotoiniciadores alternativos¹²; pois, estes possuem espectros de absorção na faixa da luz ultravioleta e violeta, ou seja, cerca de 400 nm³¹. Devido a essas limitações, foi desenvolvida a terceira geração, também conhecida como *polywave* ou *multipicos*, emitindo luz com um comprimento de onda que varia entre 380 a 515 nm¹². Para isso, os fabricantes incorporaram mais de uma cor ao chipset do aparelho LED, utilizando diferentes esquemas para fornecer uma combinação simultânea de comprimentos de onda violeta e azul. Uma solução foi utilizar um LED azul forte, centralmente posicionado e de alta potência, cercado por quatro LEDs violetas convergentes de baixa potência²¹; o violeta tem a finalidade de ativar os fotoiniciadores alternativos e o azul de ativar a CQ³².

Do ponto de vista clínico, com um aparelho *polywave* o profissional estaria mais seguro de que os compósitos de diferentes marcas comerciais e composições estariam sendo fotoativados com eficácia, garantindo a qualidade da restauração. No mercado brasileiro, as duas marcas comerciais

desses aparelhos mais encontradas são a Bluephase N (Ivoclar Vivadent) e o Valo (Ultradent)^{25,28}.

No entanto, há uma preocupação com o fato de que a localização física dos chips de LED, na matriz de diodos que emitem diferentes comprimentos de onda, parece estar associada à uma natureza não uniforme de saída do feixe de luz.²⁴ Com isso, os diodos que emitem luz ultravioleta não são uniformemente distribuídos na ponta da unidade fotopolimerizadora, resultando em áreas localizadas com uma polimerização intensificada ou reduzida, o que pode estar associada a longevidade clínica da restauração^{12,33}.

○ Fotopolimerização da Resina Bulk Fill com LEDS Monowaves e Polywaves

O tipo de unidade de fotoativação utilizada pode influenciar na profundidade de polimerização das resinas compostas, pois a conversão de monômeros em polímeros está diretamente relacionada a sua intensidade, comprimento de onda e tempo de irradiação.¹⁶ Dessa forma, o grau de conversão monomérica é uma indicação importante do desempenho mecânico das resinas, uma vez que a polimerização adequada resulta em propriedades mecânicas e físicas apropriadas, isso conseqüentemente, influencia na durabilidade da restauração^{16,34}.

Um grau de conversão inadequado pode resultar em redução da dureza, do módulo de elasticidade dinâmico, da resistência à flexão e a fratura, além disso, diminuição da biocompatibilidade devido à lixiviação dos monômeros não reagidos, e, aumento do desgaste e fraturas nas margens da restauração²⁵. Logo, a fotoativação adequada é necessária para que as resinas compostas fotopolimerizáveis atinjam as propriedades desejadas pelos fabricantes, um requisito básico para o sucesso clínico previsível a longo prazo.

Conte et al.²⁵ explicam que a conversão monomérica pode ser medida usando diferentes técnicas de teste. Métodos diretos, como espectroscopia de infravermelho e espectroscopia LASER Raman, não têm sido aceitos para uso rotineiro por serem complexos, caros e demorados. Por outro lado, métodos indiretos, como raspagem, exame visual, captação de corante, testes de dureza superficial de Knoop e Vickers são os mais utilizados na literatura.

No estudo realizado por Miletic e Santinim³⁵ foi observada uma maior conversão de monômeros em polímeros pelos LEDs *polywaves* em comparação com o grupo controle fotoativado por LEDs *monowaves*. A unidade multipicos Bluephase® mostrou ser eficiente na cura de materiais contendo TPO, bem como aqueles que contêm apenas o sistema CQ-amina. Houve uma

melhor conversão quando o TPO foi o único iniciador presente na mistura, em comparação com resinas contendo apenas CQ-amina ou a combinação de TPO e CQ-amina.

Menees et al.²⁷ mediram e compararam a profundidade de polimerização de duas resinas compostas *Bulk-Fill* usando uma unidade de fotopolimerização *monowave* e *polywave*. Foi observado que não há diferenças significativas entre os dois tipos de LEDs e, portanto, a unidade polionda não é obrigatória para atingir a profundidade de polimerização ideal de um composto de preenchimento em massa com um fotoiniciador alternativo. A incapacidade da unidade *polywave* em atingir a profundidade ideal pode ser devido à absorvância da faixa violeta da luz (~410 nm) nas camadas superiores do composto. Além disso, o Ivocerin tem uma absorvância maior do que a CQ e, portanto, pode absorver a luz violeta nas camadas superiores do compósito, impedindo-o de penetrar mais profundamente no material. Outra explicação, é que de acordo com o efeito de Rayleigh, as partículas de enchimento terão maior probabilidade de espalhar comprimentos de onda de luz mais curtos, com isso o espectro violeta foi atenuado significativamente dentro do composto, de modo que a maior parte da exposição, na profundidade da amostra, foi fornecida pelo espectro da luz azul.

Já no estudo de Rocha et al. foi observada a conversão monomérica em compósitos de preenchimento em massa contendo CQ associada a fotoiniciadores alternativos, como TEB (uma associação de CQ-amina, TPO e Ivocerin). O grau de conversão foi menor usando o LED *monowave*, pois a sua saída espectral não correspondeu à absorção espectral de todos os sistemas fotoiniciadores presentes na composição. Com isso, quando a emissão de espectro estreito do LED *monowave* é usada em vez do amplo espectro do LED *polywave*, pode haver uma redução na conversão de compósitos contendo fotoiniciadores alternativos. No entanto, essa diferença não foi significativa em todas as profundidades avaliadas da restauração. Até 2 mm de profundidade, o TEB teve uma maior conversão quando curado com o LED *polywave*, mas além de 2,5 mm nenhuma diferença estatística foi encontrada entre os dois LEDs, pois apenas a luz azul foi capaz de penetrar através do composto com 4 mm de espessura⁹.

Derchi et al.³⁶ investigaram três compósitos de preenchimento em massa (Mat1, Mat2, Mat3) fotopolimerizados por dois LEDs *polywaves* (Poly1, Poly2) e uma *monowave* (Mono1). Constatou-se que o uso da unidade multipicos aumentou significativamente o grau de conversão dos materiais testados para todos os casos, exceto para Mat2 polimerizada com Poly2. Com isso, afirmaram que a escolha da combinação material-

lâmpada deve ser feita de acordo com a experiência clínica e para cada caso em específico.

Tsuzuki et al.¹⁶ relataram em sua pesquisa que para resinas *Bulk-Fill* contendo apenas CQ como fotoiniciador os LEDs de onda única e múltipla mostraram a mesma eficiência. Para compósitos contendo CQ associada a fotoiniciadores alternativos, o LED *polywave* promove uma conversão monomérica mais alta, porque esses fotoiniciadores alternativos requerem comprimentos de onda mais curtos. Além disso, observaram que o pico ultravioleta não apresentou forte influência na polimerização da resina utilizada. No entanto, afirmam que é importante o clínico ter um dispositivo com dois ou mais picos de emissão para uso com outros materiais resinosos que possuem fotoiniciadores modernos.

Gutierrez-Leiva e Pomacóndor-Hernández (2020) obtiveram como resultado dos seus estudos que a unidade *monowave* produziu maiores valores de profundidade de polimerização do que a *polywave*, independente da resina composta de enchimento a granel utilizada ($p < 0,05$). Era esperado que em resina *Bulk-Fill* com canforoquinona e fotoiniciadores alternativos, como Lucirin TPO e Ivocerin, possuísse um melhor desempenho com o LED *polywave*. Entretanto, isso não foi obtido, provavelmente, porque essas unidades possuem uma baixa densidade de energia no espectro violeta. Além disso, a alta absorção dos fotoiniciadores alternativos pode ter consumido na superfície a maioria dos fótons na faixa violeta, impedindo-o de atingir as partes mais profundas. Também foi observado um maior grau de conversão monomérica na superfície da restauração, mas além de 2,5 mm de profundidade não há diferença significativa em comparação com uma *monowave*⁴.

Contreras et al.³² observaram que não houve nenhuma diferença na conversão de monômeros, independente da diferença nos fotoiniciadores presentes dentro das resinas testadas. Com isso, o LED *monowave* e *polywave* não tiveram influência significativa no grau de polimerização e nenhuma relevância na adaptação marginal foi observada.

Ainda existe uma falta de dados na literatura sobre a conversão de monômeros em polímeros nas resinas compostas *Bulk-Fill* curadas com LEDs multipicos e os dentistas ainda encontram dificuldades em decidir se estas unidades fotopolimerizadoras devem ou não ser usadas em materiais que contém, exclusivamente, fotoiniciadores alternativos¹⁰. Além disso, com a introdução de diferentes unidades fotoativadoras com potência crescente, existe o perigo real de que os dentistas não sejam adequadamente informados sobre o uso das diferentes unidades fotoativadoras, aumentando o número de falhas

restaurativas¹⁶. Portanto, é importante conhecer as características das fontes de luz e as propriedades que podem ser alcançadas ao utilizá-las nos diferentes tipos de resinas, sempre empregando critérios baseados em evidências científicas²⁰.

O quadro 1 resume as informações quanto à especificação do tipo de LED que obteve o maior grau de conversão monomérica, ao utilizar fotoiniciadores alternativos, em cada um dos artigos analisados nesta revisão da literatura, além do nome e marca dos aparelhos utilizados e a metodologia adotada por cada autor.

Quadro 1. Distribuição dos artigos incluídos neste estudo de acordo com autores/ano, tipo que LED que obteve maior grau de conversão monomérica ao utilizar fotoiniciadores alternativos, nome e marca dos aparelhos utilizados e a metodologia adotada por cada autor.

Miletic e Santinim, 2012³⁵	
LED com maior grau de conversão	<i>Polywave</i>
Aparelhos empregados	<i>Monowave:</i> Bluephase®, Ivoclar Vivadent; <i>Polywave:</i> Bluephase®, Ivoclar Vivadent.
Metodologia	Em misturas de resina os seguintes iniciadores foram adicionados: 0,2% em peso de CQ + 0,8 % de etil-4-dimetilaminobenzoato (EDMAB) (Grupo 1); 1 % de TPO (Grupo 2) e 0,1 % de CQ + 0,4 % de EDMAB + 0,5 % de TPO (Grupo 3). Metade das amostras em cada grupo (n = 5) foram curadas usando um LED <i>polywave</i> (bluephase® G2, Ivoclar Vivadent) ou um <i>monowave</i> (bluephase®, Ivoclar Vivadent). O grau de conversão foi medido usando espectroscopia micro-Raman dentro de 5 min e, em seguida, 1, 3, 6, 24 e 48 horas pós-irradiação. Os dados foram analisados usando modelo linear geral e ANOVA de duas vias para os fatores 'tempo', 'material', 'superfície' e 'unidade de fotopolimerização' em $\alpha = 0,05$.
Menees et al. 2015²⁷	
LED com maior grau de conversão	Sem diferenças significativas
Aparelhos empregados	<i>Monowave:</i> Elipar S10, 3M ESPE; <i>Polywave:</i> Bluephase G2, Ivoclar Vivadent.
Metodologia	A profundidade de cura (PC) de Tetric Evoceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) e Filtek Bulk Fill Posterior (3M ESPE) foram medidos usando um LED <i>monowave</i> (Elipar S10 / 3M ESPE) e um <i>polywave</i> (Bluephase G2 / Ivoclar Vivadent). Moldes de metal foram usados para fabricar amostras com PC de 10 mm de comprimento (n = 10) de acordo com a ISO 4049. O material compósito não curado foi raspado com um instrumento de plástico e metade do comprimento do compósito restante foi medido como PC. Os moldes de dente personalizados foram fabricados preparando orifícios em forma de quadrado de >10 mm de comprimento (4x4mm) nas superfícies mesial / distal de molares humanos extraídos. A resina composta foi colocada em uma das extremidades do dente preparado e polimerizada à luz. A resina composta não curada foi removida do lado oposto ao qual o dente foi irradiado e o dente foi seccionado mesiodistalmente. Metade do comprimento do compósito curado restante foi medido como PC. Os dados foram analisados por ANOVA de três fatores ($\alpha = 0,05$) para os fatores material, unidade de fotopolimerização e molde.

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 1 (continuação). Distribuição dos artigos incluídos neste estudo de acordo com autores/ano, tipo que LED que obteve maior grau de conversão monomérica ao utilizar fotoiniciadores alternativos, nome e marca dos aparelhos utilizados e a metodologia adotada por cada autor.

Rocha et al. 2017 ⁹	
LED com maior grau de conversão	<i>Polywave</i>
Aparelhos empregados	<i>Monowave:</i> Smartlite Focus, Dentsply; <i>Polywave:</i> Valo Cordless, Ultradent
Metodologia	Um LED monowave (Smartlite Focus, Dentsply) e um polywave (Valo Cordless, Ultradent) foram caracterizados usando um calibrador de resina e um analisador de perfil de feixe de laser. Dois compósitos de preenchimento a granel, Sonic Fill 2 (SF) contendo canforquinona (CQ) e Tetric EvoCeram Bulk Fill (TEB) contendo CQ associado a fotoiniciadores alternativos, foram colocados em moldes de design personalizado (n = 3) e fotoativados por LEDs <i>monowave</i> ou <i>polywave</i> com 20 J / cm ² . Para mapear o grau de conversão, seções transversais longitudinais (0,5 mm de espessura) do centro da restauração foram avaliadas usando microscopia FT-NIR. As transmittâncias de luz SF e TEB (n = 3) através de amostras de 4 mm de espessura foram avaliadas durante a cura. Os dados foram analisados por meio de análise de variância split-plot e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$; $\beta = 0,2$)
Derchi et al. 2018 ³⁶	
LED com maior grau de conversão	<i>Polywave</i>
Aparelhos empregados	<i>Monowave:</i> Elipar S10, 3M ESPE; <i>Polywave:</i> Bluephase G2, Ivoclar Vivadent.
Metodologia	Foram utilizados três compósitos de preenchimento em massa (Mat1, Mat2, Mat3) curados por dois LEDs polywaves (Poly1, Poly2) e um monowave (Mono). Para avaliar o grau de conversão, rigidez e rugosidade após o polimento foram utilizados espectroscopia de infravermelho, nanoidentação e microscopia de força atômica
Tsuzuki et al. 2020 ¹⁶	
LED com maior grau de conversão	<i>Polywave</i>
Aparelhos empregados	<i>Polywave:</i> Valo® Cordless, Ultradent; <i>Monowaves:</i> Ratii Plus, SDI; Emitter.D, Schuster; Biolux Plus, Bioart; Woodpecker®, GuilinWoodpecker Medical Instrument.
Metodologia	Os cilindros do compósito foram confeccionados em matriz de aço inoxidável (n = 10). Os espécimes foram expostos usando 5 unidades de fotopolimerização: Valo® Cordless; Ratii Plus; Emitter.D, Biolux Plus, Woodpecker®. O comprimento de onda de emissão e a densidade de potência foram determinados. Após a fotoativação, os modos vibracionais Raman foram calculados tomando como referência os picos em 1.601 (ligações aromáticas C = C) e 1.640 cm ⁻¹ (ligações alifáticas C = C).

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 1 (continuação). Distribuição dos artigos incluídos neste estudo de acordo com autores/ano, tipo que LED que obteve maior grau de conversão monomérica ao utilizar fotoiniciadores alternativos, nome e marca dos aparelhos utilizados e a metodologia adotada por cada autor.

Gutierrez-Leiva e Pomacóndor-Hernández, 2020 ⁴	
LED com maior grau de conversão	<i>Polywave</i>
Aparelhos empregados	<i>Polywave:</i> Bluephase N, Ivoclar Vivadent <i>Monowave:</i> LED D, Woodpecker
Metodologia	Com as resinas compostas bulk fill: Filtek One Bulk Fill Restorative (FO) (3M ESPE), Tetric N-Ceram Bulk Fill (TNC) (Ivoclar Vivadent) e Opus Bulk Fill APS (OP) (FGM), corpos de teste foram feitos (n = 5) de formato cilíndrico (4 mm de diâmetro e 10 mm de altura) para avaliação da profundidade de polimerização segundo a norma ISO 4049. Foram utilizadas duas unidades de fotoativação de LED de diferentes tecnologias: Bluephase N, Ivoclar Vivadent (Polywave) e LED D, Woodpecker (Monowave) com densidade de energia de 24 J / cm ² . Os dados foram analisados por meio de análise de variância de dois fatores e teste post hoc de Tukey ($\alpha = 5%$).
Contreras et al. 2021 ³²	
LED com maior grau de conversão	Sem diferenças significativas
Aparelhos empregados	<i>Monowave:</i> 3M ESPE; <i>Polywave:</i> Bluephase N, Ivoclar Vivadent.
Metodologia	O grau de conversão foi avaliado em cinco amostras de cada RC usando espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier. Para determinação da adaptação marginal, preparações padrão foram feitas em 60 incisivos bovinos, divididos em três grupos, de acordo com a resina usada. O RBF foi inserida em um único incremento de 4 mm. Em contraste, o RC convencional foi inserido em três incrementos. A fenda marginal foi avaliada após o envelhecimento termomecânico. Os dados foram analisados por meio de uma análise de variância (ANOVA) de dois fatores e testes de Tukey para comparações múltiplas ($\alpha = 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As resinas *Bulk-Fill* podem ser fabricadas com uma variedade de fotoiniciadores, estes devem ser ativados com uma unidade de fotopolimerização que emita comprimentos de onda que sobreponha à sua faixa absorção, para que dessa forma obtenha uma adequada conversão dos monômeros em polímeros. Nos estudos incluídos nesta revisão, quatro deles obtiveram um maior grau de conversão monomérica com os LEDs *polywaves*, apenas um estudo obteve com o LED *monowave* e em duas pesquisas não houve diferenças significativas entre os dois tipos de LEDs.

No entanto, é importante salientar que na maioria dos estudos as unidades fotoativadoras do tipo *polywaves* obtiveram um maior grau de conversão monomérica apenas nas camadas mais superficiais, porém além de 2,5 mm não houve

diferenças significativas entre os tipos de LEDs. Isso ocorre devido a uma maior absorvância da luz violeta nas camadas superiores, impedindo-a de penetrar nas camadas mais profundas.

Portanto, é possível notar a necessidade de evidências literárias conclusivas sobre qual unidade fotopolimerizadora de LED é a melhor para a fotoativação das resinas *Bulk-Fill*, que contém apenas fotoiniciadores alternativos ou estes associados a canforoquinona. Além disso, é de fundamental importância que os clínicos obtenham um embasamento científico a respeito da fonte de luz a base de LED que está sendo utilizada e se esta é capaz de ativar corretamente o material restaurador que será utilizado.

REFERÊNCIAS

- Misilli T, Gönülol N. Water sorption and solubility of bulk-fill composites polymerized with a third generation LED LCU. *Braz Oral Res.* 2017;31:e80.
- Akarsu S, Aktuğ Karademir S. Influence of Bulk-Fill Composites, Polymerization Modes, and Remaining Dentin Thickness on Intrapulpal Temperature Rise. *Biomed Res Int.* 2019;2019:4250284.
- Tardem C, Albuquerque EG, Lopes LS, et al. Clinical time and postoperative sensitivity after use of bulk-fill (syringe and capsule) vs. incremental filling composites: a randomized clinical trial. *Braz Oral Res.* 2019;33(0):e089.
- Gutierrez-Leiva A, Pomacóndor-Hernández C. Comparación de la profundidad de polimerización de resinas compuestas bulk fill obtenida con dos unidades de fotoactivación LED: polywave versus monowave. *Odontología Sanmarquina.*2020;23(2):131-38.
- Besegato JF, Jussiani EI, Andrello AC, et al. Effect of light-curing protocols on the mechanical behavior of bulk-fill resin composites. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2019;90:381-87.
- Grazioli G, Cuevas-Suárez CE, Nakanishi L, Francia A, de Moraes RR. Physicochemical characterization of two bulk fill composites at different depths. *Restor Dent Endod.* 2021;46(3):e39.
- Fronza BM, Makishi P, Sadr A, et al. Evaluation of bulk-fill systems: microtensile bond strength and non-destructive imaging of marginal adaptation. *Braz Oral Res.* 2018;32:e80.
- Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent.*2013;38(6):618-25.
- Rocha MG, de Oliveira D, Correa IC, et al. Light-emitting Diode Beam Profile and Spectral Output Influence on the Degree of Conversion of Bulk Fill Composites. *Oper Dent.* 2017;42(4):418-27.
- Lucey SM, Santini A, Roebuck EM. Degree of conversion of resin-based materials cured with dual-peak or single-peak LED light-curing units. *Int J Paediatr Dent.* 2015;25(2):93-102.
- Makhdoom SN, Campbell KM, Carvalho RM, Manso AP. Effects of curing modes on depth of cure and microtensile bond strength of bulk fill composites to dentin. *J Appl Oral Sci.* 2020;28:e20190753.
- Cardoso KA, Zarpellon DC, Madruga CF, Rodrigues JA, Arrais CA. Effects of radiant exposure values using second and third generation light curing units on the degree of conversion of a lucirin-based resin composite. *J Appl Oral Sci.* 2017;25(2):140-46.
- Motta MS, Medeiros NI, Vasconcelos MG, Vasconcelos RG. Odontologia atual: fundamentação teórica e aspectos clínicos das resinas bulk fill. *Odontol. Clín.-Cient.;* 2019;18(2):97-102.
- Suneelkumar C, Harshala P, Madhusudhana K, Lavanya A, Subha A, Swapna S. Clinical performance of class I cavities restored with bulk fill composite at a 1-year follow-up using the FDI criteria: a randomized clinical trial. *Restor Dent Endod.* 2021;46(2):e24.
- Sandes DCFDS, de Mendonça, ICG. A importância da resina composta Bulk Fill na odontologia moderna. *Acervo Saúde.* 2021;13(3):e6901
- Tsuzuki FM, de Castro-Hoshino LV, Lopes LC, Sato F, Baesso ML, Terada RS. Evaluation of the influence of light-curing units on the degree of conversion in depth of a bulk-fill resin. *J Clin Exp Dent.* 2020;12(12):e1117-23.
- Haugen HJ, Marovic D, Par M, Thieu MKL, Reseland JE, Johnsen GF. Bulk Fill Composites Have Similar Performance to Conventional Dental Composites. *Int J Mol Sci.* 2020;21(14):5136.
- Comba A, Scotti N, Maravić T, et al. Vickers Hardness and Shrinkage Stress Evaluation of Low and High Viscosity Bulk-Fill Resin Composite. *Polymers (Basel).* 2020;12(7):1477.
- Lima RBW, Troconis CCM, Moreno MBP, Murillo-Gómez F, De Goes MF. Depth of cure of bulk fill resin composites: A systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2018;30(6):492-501.
- Mauricio F, Medina J, Vilchez L, Sotomayor O, Muricio-Vilchez C, Mayta-Tovalino F. Effects of Different Light-curing Modes on the Compressive Strengths of Nanohybrid Resin-based Composites: A Comparative *In Vitro* Study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2021;11(2):184-89.
- Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais C, Price R. Fotopolimerização em odontologia e implicações clínicas: uma revisão da literatura. *Pesq oral bras.* 2017;31(supl 1):e61.
- Santini A, Gallegos IT, Felix CM. Photoinitiators in dentistry: a review. *Prim Dent J.* 2013;2(4):30-3.
- Shimokawa C, Sullivan B, Turbino ML, Soares CJ, Price RB. Influence of Emission Spectrum and Irradiance on Light Curing of Resin-Based Composites. *Oper Dent.*2017;42(5):537-47.
- de Oliveira D, Rocha MG, Correr AB, Ferracane JL, Sinhoreti M. Effect of Beam Profiles From Different Light Emission Tip Types of Multiwave Light-emitting Diodes on the Curing Profile of Resin-based Composites. *Oper Dent.* 2019;44(4):365-78.
- Conte G, Panetta M, Mancini M, Fabianelli A, Brotzu A, Sorge R, Cianconi L. Eficácia de cura de

- unidades de cura por luz LED de pico único e multipico em resinas compostas contendo tpo com diferentes características cromáticas. Oral Implantol. 2017;10(2):140-150.
26. Soares CJ, Faria-E-Silva AL, Rodrigues MP, et al. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements - What do we need to know?. Braz Oral Res. 2017;31(suppl 1):e62.
 27. Menees TS, Lin CP, Kojic DD, Burgess JO, Lawson NC. Depth of cure of bulk fill composites with monowave and polywave curing lights. Am J Dent. 2015;28(6):357-361.
 28. Ilkiu RE, Sinhoreti MA, Amaral RCD. Eficácia da polimerização das resinas compostas Bulk-fill com as atuais fontes à base de LEDs. Dicas de Dentística. 2015;4(4):61-8.
 29. Silva JMC, Silva ABDNR, de Sá Brandim A, Viana MOS. Influência do uso de diferentes fotopolimerizadores na microdureza de uma resina Bulk-Fill. J Health Sci. 2021;22(3):234-37.
 30. Ribeiro BC, Boaventura JM, Brito-Gonçalves JD, Rastelli AN, Bagnato VS, Saad JR. Degree of conversion of nanofilled and microhybrid composite resins photo-activated by different generations of LEDs. J Appl Oral Sci. 2012;20(2):212-17.
 31. Bortolotto T, Betancourt F, Krejci I. Marginal integrity of resin composite restorations restored with PPD initiator-containing resin composite cured by QTH, monowave and polywave LED units. Dent Mater J. 2016;35(6):869-75.
 32. Contreras SCM, Jurema ALB, Claudino ES, Bresciani E, Caneppele TMF. Monowave and polywave light-curing of bulk-fill resin composites: degree of conversion and marginal adaptation following thermomechanical aging. Biomater Investig Dent. 2021;8(1):72-8.
 33. Soto-Montero J, Nima G, Rueggeberg FA, Dias C, Giannini M. Influence of Multiple Peak Light-emitting-diode Curing Unit Beam Homogenization Tips on Microhardness of Resin Composites. Oper Dent. 2020;45(3):327-38.
 34. Bin Nooh AN, Nahedh HA, AlRefeai M, Alkudhairy F. The Effect of Irradiance on the Degree of Conversion and Volumetric Polymerization Shrinkage of Different Bulk-Fill Resin-Based Composites: An In Vitro Study. Eur J Dent. 2021;15(2):312-19.
 35. Miletic V, Santini A. Micro-Raman spectroscopic analysis of the degree of conversion of composite resins containing different initiators cured by polywave or monowave LED units. J Dent. 2012;40(2):106-13.
 36. Derchi G, Vano M, Ceseracciu L, Diaspro A, Salerno M. Stiffness effect of using polywave or monowave LED units for photo-curing different bulk fill composites. Dent Mater J. 2018;37(5):709-16.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Rodrigo Gadelha Vasconcelos

Av. Coronel Pedro Targino,

58233-000 Araruna-PB, Brasil.

e-mail: rodrigogadelhavasconcelos@yahoo.com.br

Submetido em 30/11/2021

Aceito em 30/01/2024