

Implicações Clínicas Envolvidas no Processo de Fotopolimerização da Resina Composta

Clinical Implications Involved in the Compound Resin Photopolymerization Process

Implicaciones Clínicas Involucradas en el Proceso de Fotopolimerización de Resina Compuesta

Geovanna Caroline Brito da **SILVA**

Cirurgiã-Dentista, Graduada em Odontologia, Departamento de Odontologia, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, 58233-000, Araruna - PB, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-8943-5638>

Brenno Anderson Santiago **DIAS**

Graduação em Odontologia, Departamento de Odontologia, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, 58233-000, Araruna - PB, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-1047-3210>

Francielly de Lemos **MEDEIROS**

Cirurgiã-Dentista, Graduada em Odontologia, Departamento de Odontologia, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, 58233-000, Araruna - PB, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-8672-7731>

Jefferson Lucas **MENDES**

Cirurgião-Dentista, Graduada em Odontologia, Departamento de Odontologia, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, 58233-000, Araruna - PB, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-0379-4101>

Layla Narrely Santos **ALVES**

Graduação em Odontologia, Departamento de Odontologia, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, 58233-000, Araruna - PB, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-7497-3361>

Marcelo Gadelha **VASCONCELOS**

Professor Doutor do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, 58233-000, 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, 58233-000, Araruna - PB, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-7890-8866>

Resumo

Introdução: Devido à grande demanda por tratamentos mais conservadores e estéticos, os compósitos a base de resina composta fotoativados começaram a ser amplamente utilizados nos procedimentos restauradores e os fotopolimerizadores, principalmente do tipo diodo emissor de luz (LED), tornaram-se indispensáveis nos consultórios odontológicos, visto que são essenciais para o processo de fotopolimerização desses compósitos. **Objetivo:** Este trabalho consiste em uma revisão da literatura que objetiva discorrer acerca das implicações clínicas envolvidas no processo de fotopolimerização dos compósitos dentais, descrevendo fatores que podem ter influência na polimerização dos materiais resinosos no tratamento odontológico. **Material e método:** Realizou-se uma busca nas bases de dados eletrônicas: PubMed, SciELO, BVS e Google Acadêmico, através do rastreamento de 40 artigos publicados entre 2005 e 2020, além de um livro considerado proveitoso para o conteúdo deste estudo. **Resultados:** A fotopolimerização dos materiais resinosos está relacionada à vários parâmetros, como a intensidade e comprimento de onda da luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador, tempo de exposição à luz, volume de material restaurador a ser fotopolimerizado, quantidade e tipo de fotoiniciador presente no material, tipo de partícula de carga presente, técnica de fotopolimerização e a cor e grau de translucidez da resina utilizada. Tais fatores são capazes de afetar as propriedades mecânicas e funcionais de restaurações em resina composta. **Conclusão:** É fundamental que os cirurgiões-dentistas conheçam as implicações clínicas envolvidas no processo de fotopolimerização dental e busquem maneiras para corrigir condutas que prejudiquem a etapa de fotoativação do material restaurador, para otimizar essa etapa clínica e desenvolver protocolos confiáveis, bem como tratamentos restauradores bem-sucedidos.

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

Abstract

Introduction: Due to the great demand for more conservative and aesthetic treatments, composites based on photoactivated composite resin started to be widely used in restorative and photopolymerizing procedures, mainly of the light-emitting diode (LED) type, became indispensable for dental offices, since they are essential for the photopolymerization process of these composites. **Objective:** This work consists of a literature review that aims to dissert about the clinical implications involved in the photopolymerization process of dental composites, describing factors that may have influence in the polymerization of resinous materials in the dental treatment. **Material and method:** A search for electronic databases was carried out: PubMed, SciELO, BVS and Google Academic, through a search of 40 articles published between 2005 and 2020, in addition to one book considered useful for the content of this study. **Results:** The photopolymerization of resinous materials is related to various parameters, such as the intensity and length of the wave of light emitted by the light-curing device, time of exposure to light, volume of restorative material to be photo-cured, quantity and type of photoinitiator present in the material, type of filler particle present, photopolymerization technique and the degree of translucency of the resin used. These factors are capable of affecting the mechanical and functional properties of the restoration of composite resin. **Conclusion:** It is essential that dental surgeons understand the clinical implications involved in the dental photopolymerization process and look for ways to correct behaviors that prejudice the photoactivation stage of the restorative material, to optimize this clinical stage and develop reliable protocols, as well as succeeded restorative treatments.

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

Resumen

Introducción: Debido a la gran demanda de tratamientos más conservadores y estéticos, los composites a base de resinas compuestas fotoactivados comenzaron a ser ampliamente utilizados en procedimientos restauradores y los fotopolimerizadores, principalmente del tipo diodo emisor de luz (LED), se volvieron indispensables en los consultorios dentales, ya que son esenciales para la fotopolimerización proceso de estos compuestos. **Objetivo:** Este trabajo consiste en una revisión de la literatura que tiene como objetivo discutir las implicaciones clínicas involucradas en el proceso de fotopolimerización de composites dentales, describiendo factores que pueden influir en la polimerización de materiales resinosos en el tratamiento dental. **Material y método:** Se realizó una búsqueda en las bases de datos electrónicas: PubMed, SciELO, BVS y Google Scholar, mediante la selección de 40 artículos publicados entre 2005 y 2020, además de un libro considerado útil para el contenido de este estudio. **Resultados:** La fotopolimerización de materiales resinosos está relacionada con varios parámetros, como la intensidad y longitud de onda de la luz emitida por el fotopolimerizador, tiempo de exposición a la luz, volumen de material restaurador a fotopolimerizar, cantidad y tipo de fotoiniciador presente en el material, tipo de partícula de carga presente, técnica de fotopolimerización y color y grado de translucidez de la resina utilizada. Tales factores pueden afectar las propiedades mecánicas y funcionales de las restauraciones de resina compuesta. **Conclusión:** Es fundamental que los odontólogos conozcan las implicaciones clínicas que implica el proceso de fotopolimerización dental y busquen formas de corregir las conductas que dificultan la etapa de fotoactivación del material restaurador, para optimizar esta etapa clínica y desarrollar protocolos confiables, así como tratamientos restauradores bien exitosos.

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

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, ocorreu um grande

avanço na odontologia restauradora que implicou em inúmeras pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de novas técnicas e materiais.

Concomitante a isso, houve um aumento considerável na procura por tratamentos mais estéticos e conservadores^{1,2}. Sendo assim, as restaurações estéticas tornaram-se muito populares e os compósitos à base de resina composta foram amplamente utilizados^{1,3}.

Nesse contexto, a eficácia da fotopolimerização possui um grande impacto na obtenção de alto grau de conversão da resina e, conseqüentemente, em restaurações diretas satisfatórias e com grande longevidade, visto que a polimerização desejável é fundamental para alcançar propriedades mecânicas e função clínica satisfatória do material restaurador^{2,3}. Logo, para atingir uma quantidade adequada de polimerização do material resinoso, os profissionais devem utilizar unidades fotoativadoras que forneçam os comprimentos de ondas corretos para cada resina composta^{4,5}.

Dessa forma, as unidades de fotopolimerização tornaram-se equipamentos indispensáveis em grande parte dos consultórios odontológicos contemporâneos⁵. Atualmente, existe uma grande variedade e disponibilidade de aparelhos de fotopolimerização disponíveis para os profissionais⁶. No entanto, as lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) se tornaram as mais utilizadas entre outras unidades de fotopolimerização, visto que são capazes de produzir mais luz e emitir menos calor³, o que reduz significativamente, a possibilidade de degradação dos componentes internos ao longo do tempo, bem como a necessidade de filtros, já que a luz emitida apresenta um espectro de comprimento de onda próximo ao de absorção da canforoquinona, fotoiniciador mais encontrado nas resinas compostas fotopolimerizáveis^{2,7}.

Com o advento da fotopolimerização em odontologia, notou-se que variados fatores podem influenciar diretamente no processo de polimerização de qualquer material que precisa ser fotopolimerizado: a intensidade e comprimento de onda da luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador, tempo de exposição à luz, volume de material restaurador a ser fotopolimerizado, quantidade e tipo de fotoiniciador presente no material, tipo de partícula de carga presente, distância da ponta do aparelho fotopolimerizador em relação ao incremento a ser fotopolimerizado (técnica de fotopolimerização), a cor e o grau de translucidez da resina utilizada, tendo em vista que a quantidade dos fótons liberados por um fotopolimerizador, responsável pela ativação da canforoquinona, é diretamente proporcional à formação de radicais livres, garantindo, assim, completa polimerização^{8,9}.

Diante do contexto, torna-se evidente que o aparelho fotopolimerizador é uma parte essencial no processo de polimerização da resina composta.

Contudo, a relevância dessas unidades fotoativadoras e o seu correto uso para alcançar um resultado clínico favorável é frequentemente minimizada e/ou negligenciada pelos profissionais da área¹⁰.

Ante o exposto, o objetivo do presente estudo é discorrer, através de uma revisão da literatura, sobre as implicações clínicas envolvidas no processo de fotopolimerização das resinas compostas, abordando fatores que podem ter influência direta na polimerização dos materiais restauradores de tal forma que a compilação de informações obtidas permitam uma discussão, expondo os estudos encontrados na literatura atual para proporcionar uma maior elucidação sobre o tema proposto e contribuir com mais estudos nesta área. Além disso, o trabalho buscou promover uma melhor compreensão aos cirurgiões-dentistas acerca das implicações clínicas as quais devem estar atentos durante qualquer procedimento que necessite de fotopolimerização a fim de buscar a otimização desse processo e desenvolver protocolos clínicos mais confiáveis e eficazes no decurso de tratamentos odontológicos.

MATERIAL E MÉTODO

O presente estudo configura-se como uma revisão da literatura realizada através de um levantamento bibliográfico feito no mês de dezembro de 2020 por meio de uma pesquisa eletrônica de estudos publicados nas bases de dados: National Library of Medicine (PubMed), Scientific Electronic Library (SciELO), Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Google Acadêmico, limitando-se o período de busca de 2005 a 2020. Para o rastreamento dessas publicações, foram empregados os seguintes descritores/termos de busca: revisão sobre fotopolimerização (*photopolymerization review*), fotopolimerizadores (*curing lights*) e unidades de fotoativação (*light-curing units*). Além disso, para a filtragem das publicações relacionadas ao tema proposto foi aplicado o sistema de formulário avançado "AND", bem como foi incluído nesse estudo, um livro que apresentava informações de ênfase ao tema dessa revisão. A pesquisa ocorreu em três fases: 1) Busca nas bases de dados com os descritores selecionados; 2) Leitura dos resumos e definição dos artigos a serem incluídos; 3) Leitura dos artigos na íntegra e construção dos resultados.

Como critérios de inclusão que serviram como filtro para selecionar as publicações foram considerados: artigos científicos originais escritos em inglês, português e espanhol, indexados nas bases de dados citadas no período entre 2005 e 2020, cujo conteúdo se enquadrava no enfoque e objetivo do trabalho e os mais relevantes em termos de delineamento das informações desejadas. Ainda mais, foram analisados aspectos

como a disponibilidade do texto de forma integral, confiabilidade e clareza no detalhamento metodológico das informações apresentadas. Em contrapartida, foram excluídos da amostra trabalhos que não exibiram relevância clínica sobre o tema abordado e aqueles estudos que não se enquadraram nos critérios de inclusão. A seleção dos artigos, com base nos critérios de exclusão, está esquematizada na Figura 1.

Os artigos obtidos através das estratégias de busca foram avaliados e classificados em elegíveis (estudos que apresentaram relevância clínica e tinham possibilidade de serem incluídos na revisão) e não elegíveis (estudos sem relevância, sem possibilidade de inclusão na revisão). Ao todo, foram consultados 8864 trabalhos e após criteriosa filtragem 42 deles foram selecionados e incluídos nesse estudo.

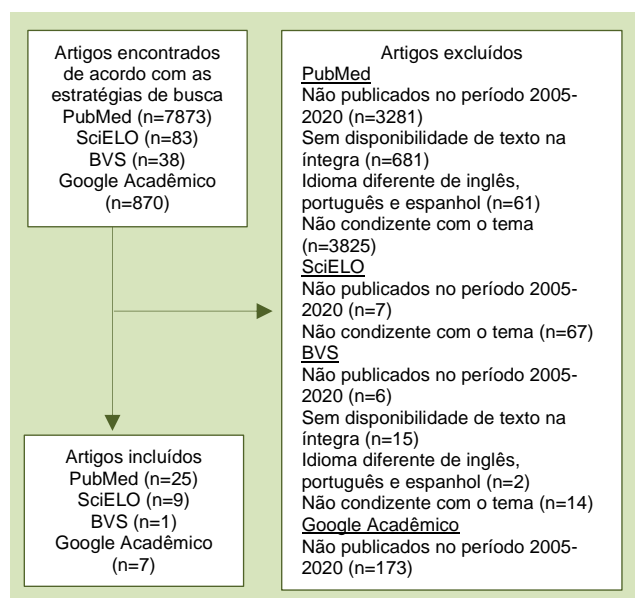


Figura 1: Fluxo de pesquisa e seleção dos artigos para inclusão na revisão (Fonte: Dados da Pesquisa).

REVISÃO DA LITERATURA

○ Importância da adequada fotopolimerização para a longevidade clínica das restaurações de resina composta

Os processos de polimerização das resinas compostas foram modificados ao longo do tempo. Inicialmente, ocorria através de um método ativado por uma reação química desencadeada pela mistura de uma pasta base e catalisadora. Posteriormente, em virtude dos aspectos negativos da ativação química, como o tempo de trabalho limitado e a menor estabilidade de cor do material em longo prazo, esse processo foi sendo substituído pela fotoativação com a luz visível¹.

Por conseguinte, o processo de polimerização da resina composta por fotoativação inicia-se quando ocorre a sensibilização de uma molécula fotoativadora presente na massa resinosa, através de uma fonte de energia externa, no caso a luz. Essa molécula, em grande parte das

resinas compostas, é uma alfa-diquetona (canforoquinona) que, quando exposta à luz num comprimento de onda entre 450 e 500 nanômetros (nm) (luz azul), absorve esses fótons. Na presença dos fótons, são gerados radicais livres, os quais, ao colidirem com a amina, promovem a transferência de elétrons. Os radicais livres são moléculas reativas que, ao encontrarem os monômeros, promovem a quebra de ligações duplas do carbono, passando a formar um complexo radical monômero, capaz de reagir com outros monômeros e dar continuidade ao processo de polimerização das resinas^{2,11}. Muitas vezes, como consequência de todo esse fenômeno de atração molecular é evidenciado o *stress* de contração, que dependendo de fatores como: forma de ativação (química ou fotoativada) e das condições de aplicação das duas técnicas, pode variar, acarretando má qualidade a nível clínico e microscópico dos procedimentos realizados com compósitos, somado a um déficit na perspectiva e longevidade das restaurações².

Sendo assim, o sucesso a longo prazo das restaurações de resina composta está diretamente relacionado à polimerização precisa, que é crucial para obter propriedades físico-químicas ideais¹². Nesse âmbito, o grau de conversão do monômero em polímero é o fator que determina a qualidade da polimerização. Portanto, existe um grau de dependência entre o sucesso da restauração e a capacidade de polimerização da resina. A inadequada polimerização pode induzir algumas problemáticas, tais como: insuficiente retenção da resina composta ao substrato dentário; riscos de agressão ao tecido pulpar, devido às características tóxicas do monômero não polimerizado; mudanças de coloração do material e diminuição das propriedades mecânicas do material, com um pronunciado desgaste^{2,13}.

Portanto, faz-se necessário que os profissionais tenham um conhecimento adequado sobre os aparelhos fotopolimerizadores, sua correta utilização, bem como as consequências que uma polimerização inapropriada pode acarretar em um tratamento restaurador, tendo em vista que, as resinas compostas são materiais extremamente sensíveis à técnica de polimerização e que apresentam contrações durante esse processo, que quando não evitadas ou amenizadas, têm potencial de gerar efeitos secundários prejudiciais¹⁴.

○ Evolução dos aparelhos fotopolimerizadores em Odontologia

Em resinas compostas, a canforoquinona é o componente sensível à luz, que responde à irradiação originando os radicais livres, estes dão início ao processo de polimerização^{2,15}. Portanto, uma intensidade de luz adequada com a máxima faixa de comprimento de onda de absorção da

canforoquinona é o principal fator na polimerização dessas resinas¹⁵.

Dessa forma, o espectro de luz emitido pelos aparelhos fotopolimerizadores deve ser correspondente ao do estímulo do fotoiniciador presente no material restaurador¹⁶, para que, a partir da luz proveniente desses equipamentos desencadeie-se uma reação química de polimerização das resinas compostas, transformando a massa de monômeros em polímeros, promovendo o endurecimento do material¹⁷.

Para a ativação das substâncias iniciadoras, diferentes aparelhos fotoativadores podem ser utilizados, dentre eles a luz halógena de quartzotungstênio (QHT), arco de plasma, laser de argônio e o diodo emissor de luz (sigla LED do termo em inglês *light-emitting diode*)^{16,15}. Esses aparelhos fornecem diferentes espectros de emissão e comprimentos de onda da luz.⁵ Na tabela 1 estão listadas as principais vantagens e desvantagens de cada tipo de aparelho fotopolimerizador em Odontologia.

Tabela 1: Exposição comparativa das vantagens e desvantagens dos tipos de fontes de luz utilizadas em diferentes aparelhos fotopolimerizadores no âmbito odontológico.

Arco de plasma de xenônio	
Vantagens	- Demanda curto tempo de ativação e menor tempo clínico profissional-paciente; - Amplo espectro de fotoativação, sendo capazes de ativar diferentes fotoiniciadores; - Úteis onde a ponteira não pode ser colocada próxima da resina composta a ser ativada; - Úteis em procedimentos que exijam alta intensidade de luz.
Desvantagens	- Alto custo; - Geração de elevadas tensões de contração devido à alta intensidade de luz; - Aparelhos grandes e pesados, e, portanto, pouco práticos; - Produzem muito calor; Manutenção difícil e dispendiosa; - Alto consumo de energia elétrica.
Luz laser de argônio	
Vantagens	- Demanda curto tempo de exposição e menor tempo clínico profissional-paciente; - Produzem pouco calor devido à mínima radiação infravermelha; - Não há redução da intensidade de luz quando a ponteira é distanciada; - Úteis onde a ponteira não pode ser colocada próxima da resina composta a ser ativada; - Úteis em procedimentos que exijam alta intensidade de luz.
Desvantagens	- Alto custo; - Geração de elevadas tensões de contração devido à alta intensidade de luz; - Aparelhos grandes e pesados, e, portanto, pouco práticos; - Manutenção difícil e dispendiosa; Alto consumo de energia elétrica; - Espectro de fotoativação limitado, não promovendo a ativação de iniciadores diferentes da canforoquinona; - A ponteira possui pequeno diâmetro de luz, o que necessita de múltiplas exposições de fotoativação em alguns casos; - Apresenta risco aos olhos dos operadores e pacientes.
Luz halógena de quartzo tungstênio	
Vantagens	- Efetividade comprovada devido ao tempo em que os aparelhos estão no mercado; - Tecnologia simples; Custo relativamente baixo; - Amplo espectro de irradiação que promove ativação de muitos fotoiniciadores; - Fácil manutenção.
Desvantagens	- Emitem comprimentos de onda desnecessários para a ativação, gerando calor; - Sofre um significativo aquecimento interno; - Requer filtros térmicos/ ventiladores de resfriamento interno de alto custo; - Necessita de manutenção regular; não são silenciosos; - Difícil manuseio devido ao tamanho do aparelho; - Reduz a intensidade com o distanciamento da ponteira.
Diodo emissor de luz (LED)	
Vantagens	- Tecnologia simples; Custo relativamente baixo; - Não emitem comprimentos de onda desnecessários, não necessitando de filtros, filamento ou ventilador; - Aparelhos compactos e leves, podendo ser sem fio e com possibilidade de recarregamento (bateria), economizando energia; - O aquecimento é bastante reduzido; - Fácil manutenção; São silenciosos; Longa vida útil.

Fonte: Reis e Loguercio¹⁸; Caldarelli et al.¹⁹.

Em virtude das suas vantagens em comparação com os outros aparelhos fotopolimerizadores (Tabela 1), os dispositivos diodo emissor de luz (LED) azul são os mais utilizados atualmente. Neste contexto, nos últimos anos, as unidades de luz QHT e plasma deixaram de ser produzidas e as tecnologias LED mostraram contínua evolução até que novas gerações surgissem no mercado com maior energia e tempo de cura reduzido. Logo, os aparelhos de LED seguiram e substituíram facilmente as unidades QHT devido ao seu espectro de comprimento de onda estreito e ideal para fotoativação da canforoquinona e sua expectativa de vida excedendo milhares de horas com menos geração de calor³.

o *Implicações clínicas associadas ao processo de fotopolimerização*

Vários parâmetros que influenciam a polimerização das resinas compostas devem ser considerados para melhorar o seu comportamento clínico. A polimerização de materiais fotopolimerizáveis não depende apenas de sua composição química e da quantidade de partículas de preenchimento, mas também da saída espectral e da irradiância da luz azul emitida pelos aparelhos de fotopolimerização²⁰.

Além disso, vários outros fatores podem ter influência direta no processo de polimerização de qualquer material que necessita de fotoativação, tais como: tempo de exposição à luz, volume de material restaurador a ser fotopolimerizado, quantidade e tipo de fotoiniciador presente no material, tipo de partícula de carga presente, distância da ponta do aparelho fotopolimerizador em relação ao incremento a ser fotopolimerizado (técnica de fotopolimerização), a cor e o grau de translucidez da resina utilizada^{8,9}.

Esses fatores determinam o grau de conversão e a extensão da reação de polimerização que condicionam as propriedades físicas e mecânicas da restauração. Dessa forma, caso ocorra uma baixa taxa de conversão de monômeros, conseqüentemente, tem-se como resultado a diminuição da sua resistência ao desgaste, menor estabilidade de cor, aumento da absorção de água, bem como o aumento do risco de recidivas de cárie²¹.

o *Comprimento de onda emitido pelo fotopolimerizador*

O tipo de aparelho utilizado para a fotoativação deve ser levado em consideração, visto que os comprimentos de ondas fornecidos pelos fotopolimerizadores devem ser adequados para cada resina composta a fim de atingir uma quantidade adequada de polimerização do material resinoso^{2,4,5}. Nesse sentido, os aparelhos de diodo emissor de luz (LED) emitem luz azul com espectro de comprimento de onda próximo ao de absorção

da canforoquinona,⁷ fotoiniciador mais encontrado nas resinas compostas fotopolimerizáveis com pico de absorção em um comprimento de onda de aproximadamente 468 nanômetros (nm)^{2,22}.

A maioria dos compósitos possui apenas canforoquinona como fotoiniciador. Todavia, a cor amarela intensa do produto tem limitado seu uso, principalmente em resinas compostas de cor mais clara, usadas para restaurar dentes clareados^{5,23}. Em virtude disso, diferentes sistemas fotoiniciadores têm sido utilizados a fim de melhorar a coloração final da restauração, como os sistemas PPD (1,2-fenilpropanodiona), Lucirina-TPO e Ivocerin, que são mais reativos a comprimentos de onda mais baixos, perto de 410nm^{16,23} e que, portanto, absorvem energia fora do espectro da luz emitida pelos aparelhos de tecnologia LED. Na busca de solucionar tal problema, foram idealizados os aparelhos à base de LEDs de terceira geração, que emitem luz em alta intensidade, bem como em diferentes comprimentos de onda (abaixo de 420nm), contemplando sistemas fotoiniciadores diferentes da canforoquinona^{5,19}.

○ Intensidade de luz emitida pelo fotopolimerizador

Além do comprimento de onda, a intensidade da luz também é importante para o processo de polimerização, além de influenciar nas propriedades mecânicas da resina composta, visto que está diretamente relacionada à taxa de conversão de monômero em polímero, que é determinada pelo número de ligações duplas de carbono convertidas em ligações simples.^{2,12}

Grohmann et al.²⁴ notaram que uma grande intensidade de luz no início do processo de fotopolimerização, afetaria as etapas da fase pré-gel da fotopolimerização do material, levando a uma maior contração de polimerização e por outro lado, uma quantidade baixa desta luz durante todo o processo, estaria relacionado com o baixo grau de polimerização do material. Esses fatos são corroborados por Silva et al.² que também evidenciam que nos sistemas fotopolimerizáveis, principalmente com aparelhos de alta incidência de luz por curtos tempos de exposição, o ponto gel é rapidamente alcançado, isto é, a resina se torna mais viscosa e sofre a perda de fluidez da fase pré-gel precipitadamente, oferecendo ao operador um tempo limitado para a acomodação da resina à cavidade, como também pouca compensação de tensões geradas pelo material restaurador. Contudo, os autores apontaram que além do modo de fotoativação, outros fatores são responsáveis por interferir na contração de polimerização da resina composta, podendo acentuar ou diminuir seus efeitos, sendo eles: tipo de cavidade, composição da resina e qualidade do material restaurador, técnica restauradora utilizada, tipo de

inserção do compósito no preparo cavitário e habilidade do profissional.

A intensidade da luz é reduzida à medida que atravessa a resina, devido à absorção e à dispersão da luz pelas partículas de carga e pela matriz resinosa. A penetração e a propagação da luz pelo compósito se tornam mais difíceis quando há uma maior proporção de carga. Como consequência da redução da propagação da luz, ocorre uma diminuição da polimerização da resina em sua profundidade, sendo verificada uma diferença significativa de conversão polimérica ao se compararem as superfícies superior e inferior de uma mesma resina composta. O aumento da espessura do material reduz a energia fornecida para a superfície inferior desse material. Adicionalmente, mesmo com o uso de aparelhos emissores de alta potência e amplo espectro de luz, fatores como a posição e a distância da ponta do fotopolimerizador podem interferir na entrega de energia luminosa ao material restaurador. Essas duas variáveis afetam diretamente a quantidade de fótons que a resina composta irá receber, impactando no processo da polimerização²⁵.

A deficiência na potência da luz, por sua vez, pode gerar como características indesejáveis a má funcionalidade das resinas compostas, gerando uma maior chance de infiltração marginal e uma redução das propriedades mecânicas pela polimerização que não consegue ser suficiente nas camadas mais profundas, o que pode ocasionar fraturas. Essas possíveis infiltrações podem colaborar com a entrada de microrganismos e com o acúmulo deles ocasionando o desenvolvimento de cáries secundárias¹⁴.

Portanto, uma exposição radiante suficiente (às vezes incorretamente descrita como densidade de energia) deve ser fornecida para a fotopolimerização da resina composta. A exposição radiante (joules por centímetro quadrado - J/cm²) é o produto da irradiância da luz (miliwatts por centímetro quadrado - mW/cm²) multiplicado pelo tempo de exposição (em segundos). Dependendo da marca e da tonalidade do compósito resinoso, a exposição radiante necessária para uma polimerização adequada pode variar de 6 a 24 J/cm² para um incremento de 2 mm (milímetros). Um radiômetro odontológico portátil geralmente mede apenas a irradiância fornecida na extremidade da unidade de fotopolimerização e não a exposição radiante recebida pela restauração. O valor de irradiância única usa um método descrito na norma ISO (*International Organization for Standardization*) 10650 (calculado a partir do quociente da potência radiante e área óptica da ponta de luz) que é inversamente proporcional à área da ponta, em outras palavras, pequenas mudanças no diâmetro da ponta de fotopolimerização terão um grande efeito na

irradiância. Consequentemente, se a mesma energia radiante for fornecida, mudar o diâmetro da ponta de 10 para 7 mm reduz a área da ponta e duplica a irradiância⁴.

o Tempo de fotoativação (fotopolimerização)

Alguns questionamentos sobre se o tempo de fotoativação recomendado pelos fabricantes de materiais restauradores seria suficiente para uma polimerização adequada na parte inferior da restauração foram levantados devido à evidência de cura inferior produzida seguindo as orientações do fabricante quanto à espessura da camada, irradiância da unidade de cura e tempo de exposição. Também foi observado que o tempo de fotoativação informado pelos fabricantes é geralmente o tempo mínimo necessário para a cura suficiente em condições laboratoriais controladas e não necessariamente ideal para um ambiente clínico mais complexo. A questão da cura subótima no fundo da restauração é clinicamente relevante devido à sua influência negativa nas propriedades mecânicas e biocompatibilidade. Desse modo, a alternativa mais conveniente para o profissional superar esses problemas é estendendo o tempo de fotoativação além das recomendações do fabricante. Essa abordagem demonstrou melhorar o grau de conversão e microdureza, principalmente, na parte inferior do incremento de resina composta²⁶.

Sob a mesma perspectiva, Silva et al.² afirmam que quanto maior a distância do fotopolimerizador ao material a ser fotoativado, menor será o efeito da intensidade de luz emitida pelo aparelho e, consequentemente, será necessário a aplicação de tempo maior de fotoativação para uma polimerização satisfatória.

Portanto, o tempo de exposição é um fator crítico que influencia no grau de polimerização das restaurações em resina composta^{2,27}. O prolongamento da etapa de fotoativação, isto é, tempos de exposição mais longos devem implicar na melhora da polimerização e, por fim, na redução dos efeitos de qualquer falta de homogeneidade do feixe de luz⁶.

o Design do fotopolimerizador e diâmetro da ponta de luz

Tendo em vista que as unidades de LED podem ser com ou sem fio e apresentar designs diversificados, como estilo de arma ou estilo de caneta, sendo a fonte de luz fornecida pela ponta ou por guias de luz (Figura 2), alguns estudos constataram que o design apresentado pelo aparelho fotoativador é capaz de afetar a polimerização dos materiais resinosos^{28,29}. Além disso, considerando que os dispositivos fotopolimerizadores possuem diâmetros de pontas diferentes (Figura 3) e, consequentemente, fornecem poderes radiantes, saída radiante, espectros de emissão e perfis de feixe de luz

diferentes⁶, fatores como a geometria e o diâmetro da ponta de luz também são capazes de influenciar na fotopolimerização^{28,29}.



Figura 2: Apresentação de diferentes estilos de aparelhos fotoativadores de LED e designs de guias de luz (Fonte: Assaf et al.³).

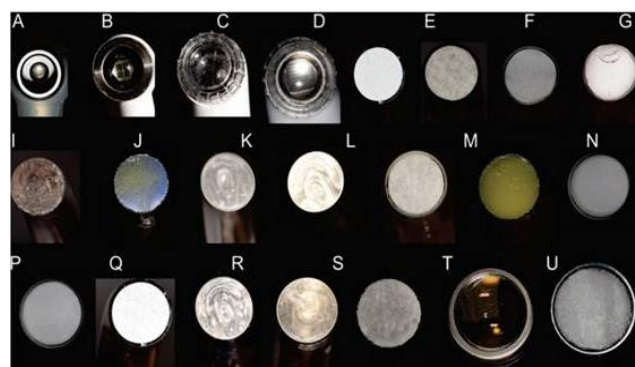


Figura 3: Apresentação de variadas pontas de luz do menor ao maior diâmetro: A. KON-LUX[®]; B. TL-01[®]; C. Ralii plus[®]; D. Ralii cal[®]; E. Cor Optilight[®]; F. 3M/ESPE[®] de alta potência; G. DB 685[®]; H. Led Lux II[®]; I. DX Turbo LED[®]; J. Demetron LC[®]; K. EC500[®]; L. EC450[®]; M. Emitter D[®]; N. XL 3000[®]; O. Emitter C[®]; P. Poly Wireless[®]; Q. Optilight Max[®]; R. Alt Lux II[®]; S. BioLux Standard[®]; T. Bluephase G2[®]; U. Valo Cordeless[®] (Fonte: Soares et al. 2019).

Dentro desse contexto, Shimokawa et al.⁶ relatam que além do design óptico, a capacidade do operador de posicionar efetivamente o aparelho fotopolimerizador diretamente sobre a restauração apresenta-se como outro fator que pode influenciar na irradiância fornecida à restauração, visto que mesmo se a ponta do fotopolimerizador cobrir toda a restauração, a polimerização da resina pode ser adversamente afetada se a luz não é emitida uniformemente através da ponta de luz, uma vez que algumas regiões da restauração podem receber luz insuficiente e algumas regiões podem receber valores de irradiância muito altos. Na Figura 4, logo abaixo, é possível constatar visivelmente a forma que o diâmetro da ponteira do aparelho fotopolimerizador influencia na distribuição uniforme de luz à restauração.

o Distância e angulação da ponta de luz

Dependendo do projeto e da ótica da guia de luz, a luz azul é emitida em diferentes graus de divergência do feixe. O efeito da distância da ponta na irradiância no alvo varia para diferentes luzes, porque parte da luz é fornecida como um feixe colimado e parte é dispersa⁵. Logo, quanto maior for a distância da ponta de luz em relação ao material resinoso, menor será a quantidade de luz que atinge esse material, reduzindo-se a

quantidade de energia que chega à resina composta, o que diminui a profundidade de polimerização do material^{2,5,29}.

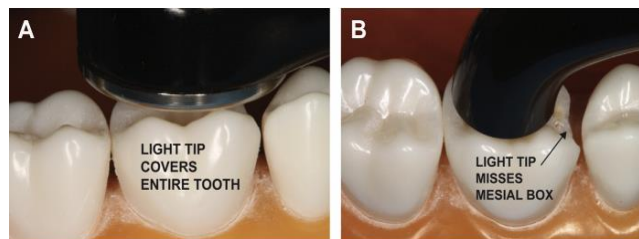


Figura 4: Apresentação de duas pontas de luz com diferentes diâmetros sendo posicionadas em um macromodelo acima de um mesmo dente, nesse caso, um molar. (A) Uma ponta de luz grande e de diâmetro largo pode cobrir um dente molar inteiro, enquanto (B) uma ponta de luz de diâmetro menor e estreito exigirá múltiplas exposições para cobrir de maneira satisfatória uma restauração méso-oclusal (MO) do mesmo dente (Fonte: Price, 2017).

Desse modo, apesar do uso de aparelhos emissores de luz de alta potência e de amplo espectro de luz, tanto a posição como a distância da ponta do fotopolimerizador são fatores que interferem na entrega da energia luminosa ao material restaurador. Essas duas variáveis afetam diretamente na quantidade de fótons que a resina composta irá receber, impactando no processo da polimerização²⁵.

Em várias situações clínicas, especialmente na restauração de dentes posteriores, é comum se observar a necessidade de inclinação da ponta do aparelho fotopolimerizador, no momento de fotoativar a resina composta⁵. De acordo com Konerding et al.³⁰, uma ponta de luz inclinada implica na redução do fornecimento de energia e pode prejudicar a polimerização, visto que a inclinação excessiva da ponta diminuirá a exposição radiante recebida pela resina composta.

Nesse âmbito, para que se atinja uma polimerização ideal e eficiente da resina composta, os profissionais devem levar em consideração o *design* externo da ponta do aparelho que deve permitir que ela alcance regiões posteriores o mais próximo possível ao dente restaurado, para que a luz seja colocada diretamente na restauração, em 90°, ou seja, perpendicular à superfície, em íntimo contato com o material restaurador. Portanto, um ângulo, um espaço entre a ponta fotopolimerizável e o dente a ser restaurado, qualquer erro do operador ou do movimento da ponta de luz reduzem a quantidade de luz e energia fornecida à restauração de resina composta⁴.

○ Opacidade e translucidez do material restaurador

Além da preocupação com a quantidade de energia recebida pela superfície mais externa da resina, outros fatores clínicos interferem na propagação da luz ao longo de todo o corpo do material resinoso. Essa dispersão que a luz sofre ao atravessar a resina composta é dependente de uma série de variáveis como a opacidade e a translucidez do material, características das

partículas de carga, presença e tipos de pigmentos, espessura de incrementos, entre outros²³. Quanto maior a opacidade do material, menor será a transmissão de luz dentro dele e, conseqüentemente, ele apresentará uma profundidade de polimerização reduzida, obtendo-se, assim, menor grau de conversão e dureza³¹.

○ Técnica e treinamento do operador

Atualmente, apesar da existência de descrições elaboradas de técnicas usadas para manipulação e colocação de material a fim de fornecer uma restauração bem-sucedida e duradoura, de forma geral, o treinamento oferecido à maioria dos cirurgiões-dentistas, estudantes de odontologia e assistentes dentais é inadequado para garantir o uso correto dos fotopolimerizadores³². Dessa forma, a menos que o operador seja cuidadoso, a posição da ponta de luz sobre o dente pode produzir áreas de sombras indesejadas, ocasionando um efeito adverso na quantidade de energia recebida pelo material resinoso³⁰.

Portanto, tanto o aparelho fotoativador quanto a técnica de aplicação de luz usada pelo operador têm um efeito significativo na exposição radiante fornecida à restauração. Infelizmente, é uma prática frequente não observar a posição da ponta da luz do aparelho fotopolimerizador sobre o dente durante a fotopolimerização. Isso pode afetar negativamente a quantidade de energia recebida pela restauração e, portanto, a extensão da polimerização da resina³⁰.

○ Impacto dos métodos de controle de infecção

A vantagem de autoclavar as pontas de luz nem sempre se aplica a todos os aparelhos de fotopolimerização. Isso é possível em guias de luz de fibra ótica, caso contrário, é recomendado o uso de barreiras de controle de infecção que envolvam todo o fotopolimerizador, botões e guias de luz. Nesse sentido, a barreira deve se ajustar perfeitamente sobre a ponteira do aparelho fotopolimerizador, não devendo impossibilitar a saída de luz (Figura 5)⁵.

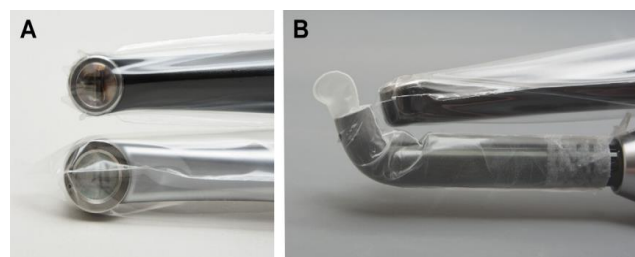


Figura 5: Ilustração de barreiras de controle de infecção com invólucro de plástico transparente em fotopolimerizadores. Nota-se em (A) que a barreira está perfeitamente ajustada sobre a ponta de luz, já em (B) a barreira não está adaptada corretamente na ponteira, o que pode ocasionar interferência e/ou impedir a saída e emissão de luz (Fonte: Price⁵).

Constatou-se que barreiras à base de látex devem ser evitadas na prática clínica, uma vez que produzem valores de conversão de resina

significativamente mais baixos. Por essa razão, a saída de luz das lâmpadas de polimerização deve ser protegida com a barreira sobre a ponta de luz. O invólucro de plástico transparente para alimentos mostra-se como barreira de controle de infecção eficaz e de baixo custo que tem efeito mínimo sobre a emissão de luz^{33,34}. Em contrapartida, *sprays* desinfetantes são capazes de gerar a corrosão dos anéis de vedação usados para estabilizar as guias de luz, e o fluido residual pode aquecer na lente dentro do invólucro da luz, diminuindo assim a emissão de luz⁵.

RESULTADOS

Diante de todo o contexto apresentado, preconiza-se a utilização de um aparelho de fotopolimerização com alta irradiância e amplo espectro de luz, com capacidade de ativar os diferentes fotoiniciadores presentes nos materiais restauradores²⁵. Contudo, constatou-se que outros fatores pertinentes e que são relacionados à técnica do operador e às situações clínicas são substanciais para garantir que uma energia suficiente e de qualidade atinja toda extensão do material resinoso a ser fotoativado³⁰.

Além dos estudos aqui citados demonstrar que se faz necessário o uso de aparelhos emissores de luz de alta potência e de amplo espectro de luz, infere-se ainda, que as posições e distâncias mais aproximadas da ponta do aparelho fotopolimerizador são de fundamental importância e necessidade para que a resina composta possa receber uma quantidade suficiente de fótons que sensibilize o sistema fotoiniciador do material, tendo influência direta no processo de polimerização²⁵.

Por outro lado, Price⁵ e Shimowaka et al.⁶ sugeriram que conforme o *design* do equipamento fotopolimerizador, a luz pode ter perfis de feixes luminosos diferentes. Além disso, o diâmetro da guia de luz, bem como a capacidade do operador posicionar efetivamente o aparelho diretamente sobre o material restaurador são fatores possíveis de interferir na distribuição uniforme de luz à restauração. Nesse contexto, o estudo de Price et al.²² indica que em condições ideais, o fotopolimerizador necessita fornecer um feixe de luz bem colimado com redução mínima da irradiância em distâncias clinicamente relevantes (até 8mm da ponta). Adicionalmente, o tempo de fotoativação também é uma variante clínica importante, visto que tempos de exposição mais duradouros favorecem maior conversão de monômeros em polímeros da resina composta, contribuindo para uma polimerização satisfatória e redução dos efeitos negativos da falta de uniformidade do feixe de luz emitido pelo fotopolimerizador^{6,26}.

Além disso, constatou-se que

principalmente em situações clínicas que envolvem restaurações de dentes posteriores, é comum que o operador necessite fazer uma inclinação da ponta do aparelho fotopolimerizador no momento de fotoativar a resina.⁵ Nesse âmbito, Konerding et al.³⁰ afirmaram que essa conduta provoca uma redução da exposição radiante disponível para o material conforme a angulação aumenta. Logo, é substancial que o operador, quando possível, realize o procedimento em um ângulo preferencial de 0° e com a menor distância em relação ao material a ser fotoativado para que a polimerização ocorra de forma satisfatória e não se tenha implicações nas propriedades mecânicas e longevidade clínica da restauração.

Outros fatores além dos mencionados acima, o grau de translucidez e opacidade da resina utilizada também podem ter impacto clínico no processo de fotopolimerização^{8,9} visto que uma resina de maior opacidade tem uma menor transmissão e propagação de luz dentro dela e, conseqüentemente, isso diminui a extensão da polimerização em cavidades de maior profundidade, o que promove um menor grau de conversão monomérico e dureza do material restaurador³¹.

DISCUSSÃO

Os variados tipos de aparelhos fotopolimerizadores existentes, bem como sua evolução e aplicação clínica foram abordados em um estudo realizado por Caldarelli et al.¹⁹. Os autores realizaram uma revisão de literatura e avaliaram, desde a década de 60, a evolução dos dispositivos fotoativadores disponíveis no mercado. Constatou-se que as resinas compostas fotopolimerizáveis representaram um avanço no que tange aos materiais restauradores na odontologia, apresentando grande vantagem quando comparadas aos materiais autopolimerizáveis e, quando se observou nas condições dos aparelhos fotoativadores, verificou-se que a intensidade da luz exercia influência direta no sucesso clínico da fotopolimerização. E, na época da publicação, apesar dos aparelhos de luz visível da lâmpada halógena ainda serem utilizados, possuíam forte tendência de substituição pela tecnologia a base de LEDs, o que corresponde a atual realidade.

No que se refere à influência da distância da ponta fotoativadora, Catelan et al.³⁵ realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o grau de conversão e a dureza de uma resina composta polimerizada nas distâncias de 0, 2 e 4 mm. Os autores constataram que a fotopolimerização realizada a uma maior distância influencia negativamente nas propriedades da resina composta e compromete a durabilidade das restaurações. Portanto o uso de um dispositivo de

fotopolimerização com maior irradiância é recomendado.

Em relação aos métodos de fotoativação, o modo contínuo ou convencional, com aplicação máxima e constante da intensidade luminosa é o que promove maior efeito de contração de polimerização da resina composta³⁶. Frente a isso, alguns protocolos alternativos foram sugeridos com o objetivo de minimizar os aspectos desfavoráveis como problemas de sensibilidade pós-operatória, desgaste, contração de polimerização e infiltração marginal das resinas compostas, como as técnicas *soft-start* e *pulse-delay*. A polimerização *soft-start* consiste na polimerização inicial da resina composta com baixa intensidade de luz, seguida pela polimerização final com alta intensidade. Por outro lado, a técnica *pulse-delay* envolve uma polimerização inicial de baixa intensidade, um período de espera em que pode ser realizado o acabamento da restauração, e uma polimerização final com alta intensidade, assim, o intervalo entre os dois pulsos, aumenta a fase pré-gel da resina composta e melhora a sua fluidez, aliviando o *stress* gerado pela contração do compósito. Logo, esses métodos são baseados na baixa intensidade luminosa inicial, buscando prolongar o tempo pré-gel do composto e promover uma polimerização progressiva do material¹.

Outro método para redução dos efeitos indesejados como a contração de polimerização, pode ser a variação da distância entre a ponta do fotoativador e a restauração, já que com o aumento dessa distância, ocorre uma diminuição da intensidade da luz que chega à resina e conseqüentemente, do grau de conversão desse material. Além disso, o aumento da distância proporciona uma polimerização mais lenta com uma intensidade de luz inicial mais baixa, o que pode aumentar a fase pré-gel do compósito, permitindo o escoamento da resina e a liberação da tensão provocada pela contração. Após a polimerização inicial, aplica-se novamente a luz a uma distância mínima para promover a polimerização final, com alta intensidade de luz, a fim de que não sejam alteradas as propriedades mecânicas da resina³⁷.

A influência do tamanho da carga e da distância da fonte de luz no grau de polimerização e na microdureza superficial das resinas compostas também foi avaliada por Thomé et al.³⁸. Para isso, foram submetidos à teste dois tipos de resina composta: micro-híbrida e nanopartícula e foi verificado que a intensidade de luz diminuiu à medida que a ponta da fonte de luz se afastava da superfície da restauração. Ressalta-se que a distância recomendável entre a ponta da fonte de luz e a superfície da resina é de 1mm, mas nem sempre isso é possível clinicamente, à exemplo nos casos de restaurações de classe II com caixas proximais profundas.

Em uma distância de 8mm, o diâmetro útil do feixe de luz do fotopolimerizador é reduzido, passando a ser menor e, em virtude disso, passa também a ser menos efetivo na conversão dos monômeros em polímeros. Essa constatação é feita e embasada em estudos que mostram que restaurações profundas, como as do tipo classe II, podem não ser polimerizadas corretamente. Diante disso, para solucionar tais questões clínicas em que uma maior inclinação da ponta e/ou uma maior distância aconteça, preconiza-se a prolongação do tempo de polimerização em restauração classe II, com caixas proximais profundas³⁹.

Para que o profissional garanta uma entrega eficiente da luz durante a fotopolimerização, a quantidade de energia entregue pela ponta do aparelho fotopolimerizador, que consiste no produto da intensidade de potência pelo tempo (segundos) da aplicação da luz deve ser avaliada^{23,25}. Levando em consideração a maioria dos sistemas resinosos contemporâneos, os comprimentos de onda mais efetivos variam entre 400 e 500nm, e estão diretamente relacionados à capacidade de sensibilização dos fotoiniciadores pela luz, independentemente do valor da energia da luz depositada sobre o material restaurador²³.

Outro fator a ser considerado clinicamente diz respeito à colimação do feixe de luz emitido pela ponta guia do aparelho fotopolimerizador. Um feixe colimado corresponde a um feixe direcionado (não divergente) que apresenta raios luminosos paralelos entre si, em que todo feixe se propaga na mesma direção, ocorrendo uma menor dispersão da luz⁴⁰. Dependendo do *design* do aparelho fotopolimerizador, a luz pode ser emitida em diferentes graus de divergência do feixe. O efeito da distância da ponta na irradiância do alvo varia para diferentes frequências de luz, porque parte da luz é emitida como um feixe colimado e outra parte é dispersada⁵.

Em um estudo de André et al.⁴, foi verificado que o feixe de luz emitido pelo aparelho fotopolimerizador Radium-Cal (SDI®) quando comparado com outros aparelhos, como o Valo (Ultradent Products Inc®), entrega uma menor energia por área, através da irradiação da luz e, conseqüentemente, resulta em uma menor profundidade de penetração da luz no material. Logo, o feixe de luz emitido pela ponta guia do fotopolimerizador Valo (Ultradent Products Inc®) é colimado e o paralelismo dos raios de luz sugere maior direcionamento do feixe luminoso na resina composta, o que implica diretamente em uma maior entrega de energia, uma maior polimerização final e, conseqüentemente, em uma maior dureza do material resinoso.

Ainda sobre a entrega da energia luminosa, Konerding et al.³⁰ apontam que o aumento do

ângulo de inclinação da ponta guia do fotopolimerizador em relação à superfície a ser polimerizada provoca uma redução da exposição radiante disponível para o material, uma vez que, conforme o ângulo aumenta, uma parte dos feixes de luz não atinge a restauração, formando uma área de sombra nas regiões periféricas. Dessa forma, a polimerização de uma restauração pode ser prejudicada por uma ponta fotopolimerizadora inclinada ou com uma distância aumentada. Portanto, o operador deve garantir o posicionamento da ponta guia do fotopolimerizador diretamente no local desejado, em um ângulo preferencial de 0° e uma distância de 0mm em relação à superfície.

Shimokawa et al.⁶ constataram em um estudo que se a luz não for emitida uniformemente através da ponta guia do aparelho de fotoativação, mesmo que ela cubra totalmente a restauração a ser fotopolimerizada, a polimerização da resina ainda pode ser afetada negativamente, já que algumas regiões da restauração podem receber uma quantidade insuficiente de luz e outras, pelo contrário, podem receber valores de irradiância muito altos. Logo, além do *design* apresentado pelo aparelho fotopolimerizador, a capacidade do operador de posicioná-lo efetivamente na região de interesse a ser restaurada pode ter influência direta na energia entregue ao material restaurador.

Além de considerar a quantidade de energia recebida pela superfície mais externa da resina, outros fatores interferem na propagação da luz ao longo de todo o corpo do material resinoso. Sendo assim, determinadas características ópticas apresentadas pela resina composta podem ter influência na luz transmitida dentro do material. Dessa forma, o grau de opacidade da resina deve ser levado em consideração, visto que ele dificulta a propagação da luz no interior do material. As resinas compostas com opacidade descrita como de dentina precisam receber um tempo de exposição de luz maior para que se alcance um grau de conversão semelhante ao da resina composta com opacidades menores, como as resinas de esmalte⁴¹. Em contrapartida, a translucidez aumentada de algumas resinas compostas permite que a luz penetre em camadas mais profundas na espessura do material e, assim, aprimore o grau de conversão de seus monômeros em polímeros, em uma maior extensão do corpo do material resinoso translúcido⁴². Nessa situação, as resinas do tipo *bulk fill* são materiais que se destacam no mercado devido à sua elevada translucidez alcançada através de alterações na sua composição, como uma menor proporção de carga e um aumento no tamanho das partículas que leva à diminuição do índice de refração e a uma maior penetração da luz durante a fotopolimerização dos incrementos resinosos. Isso

possibilita uma polimerização satisfatória e com baixa contração durante o processo, o que promove excelentes propriedades mecânicas à restauração⁴³.

No que se refere ao tempo de exposição, Par et al.²⁶ aponta que o tempo de fotoativação informado pelos fabricantes é, muitas vezes, o tempo mínimo necessário para a cura suficiente do material restaurador em condições ideais de laboratório, não levando em consideração a diversidade de situações clínicas, onde o dentista pode ter dificuldade para operar e manter o fotopolimerizador estável e próximo a superfície a ser fotoativada, logo, o tempo informado pode não ser o ideal para uma situação clínica mais crítica na realidade. A questão da cura subótima no fundo da restauração é clinicamente relevante devido à sua influência negativa nas propriedades mecânicas e biocompatibilidade. Desse modo, a alternativa mais conveniente para o profissional superar esses problemas é estendendo o tempo de fotoativação além das recomendações do fabricante. Essa abordagem demonstrou melhorar o grau de conversão e microdureza na parte inferior da camada composta.

Ainda dentro desse contexto, Shimowaka et al.⁶ realizaram um estudo com intuito de avaliar a influência de diferentes tempos de exposição na microdureza da resina composta em restaurações de dentes molares. Os tempos aplicados foram de 10 e 20 segundos, com a guia de luz posicionada no centro da superfície oclusal. Foi constatado que unidades de fotoativação com pontas mais largas e aplicadas pelo tempo de 20 segundos produziram resultados de microdureza da resina mais elevados. Portanto, a prolongação da fotoativação, isto é, tempos de exposição mais longos implicam na melhora da polimerização e, por fim, na redução dos efeitos de qualquer falta de homogeneidade do feixe de luz.

CONCLUSÃO

Diante da literatura apresentada, foi possível inferir que com o avanço e popularização da fotopolimerização de compósitos resinosos para tratamentos restauradores estéticos e conservadores, muitos estudos foram desenvolvidos nessa área e apontaram que variados fatores são capazes de influenciar diretamente nesse processo, à exemplo a intensidade de luz, comprimento de onda emitido pelo aparelho fotopolimerizador, tempo de exposição, bem como a distância, *design*, diâmetro, perfil do feixe luminoso, angulação da guia de luz e capacidade do operador de posicionar efetivamente a ponta do aparelho no incremento a ser fotoativado, além de métodos usados para desinfecção do equipamento e características do próprio material resinoso como o grau de opacidade e translucidez.

Desse modo, tendo em vista que o

processo de fotopolimerização é crucial para a completa polimerização das resinas compostas faz-se necessário que o cirurgião-dentista não negligencie essa etapa clínica, mantendo-se atento a todos esses aspectos que podem, eventualmente, interferir na qualidade da polimerização durante a realização do procedimento odontológico e conseqüentemente na qualidade da restauração.

Nesse sentido, foi evidenciado que tais fatores citados impactam no grau de conversão da resina composta, isto é, na extensão da reação de polimerização e, conseqüentemente, podem ter efeitos diretos nas propriedades físicas e mecânicas da restauração, de tal maneira que caso haja uma baixa taxa de conversão de monômeros, decorrente de uma fotopolimerização ineficaz, a qualidade final da restauração pode ser comprometida e apresentar, a curto ou longo prazo, baixa resistência ao desgaste, menor microdureza, menor estabilidade de cor, aumento da absorção de água e aumento do risco do desenvolvimento de cáries secundárias.

Portanto, entende-se que uma polimerização apropriada pelo método fotoativado é essencial para que restaurações diretas de resina composta atinjam propriedades mecânicas e funcionais satisfatórias para uma grande longevidade. Logo, é de fundamental importância que os cirurgiões-dentistas tenham conhecimento acerca das implicações clínicas envolvidas no processo de fotopolimerização dental e busquem, continuamente, maneiras para corrigir condutas que prejudicam a fotoativação do material restaurador, em busca da otimização dessa etapa clínica a fim de desenvolver protocolos mais seguros e tratamentos restauradores bem-sucedidos.

REFERÊNCIAS

- Schneider AC, Mendonça MJ, Rodrigues RB, Busato PMR, Camilotti V. Influência de três modos de fotopolimerização sobre a microdureza de três resinas compostas. *Polímeros*. 2016;26:37-42.
- Silva FJV, Silva EL, Januário MVS, Vasconcelos MG, Vasconcelos RG. Técnicas para reduzir os efeitos da contração de polimerização das resinas compostas fotoativadas. *Salusvita*. 2017;36(1):187-203.
- Assaf C, Fahd JC, Sabbagh J. Assessing dental light-curing units' output using radiometers: a narrative review. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2020;10(1):1-8.
- André CB, Nima G, Sebold M, Giannini M, Price RB. Stability of the light output, oral cavity tip accessibility in posterior region and emission spectrum of light-curing units. *Oper Dent*. 2018; 43(4):398-407.
- Price RBT. Light curing in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2017;61(4):751-78.
- Shimokawa C, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of curing light and exposure time on the polymerization of bulk-fill resin-based composites in molar teeth. *Oper Dent*. 2020;45(3):E141-E155.
- Lee HM, Kim SC, Kang KH, Chang NY. Comparison of the bonding strengths of second- and third-generation light-emitting diode light-curing units. *Korean J Orthod*. 2016;46(6):364-71.
- Ajaj RA, Nassar HM, Hasanain FA. Infection control barrier and curing time as factors affecting the irradiance of light-cure units. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2018;8(6):523-28.
- Cadenaro M, Maravic T, Comba A, Mazzoni A, Fanfoni L, Hilton T, et al. The role of polymerization in adhesive dentistry. *Dent Mater*. 2019;35(1):e1-e22.
- Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-curing units: a review of what we need to know. *J Dent Res*. 2015;94(9):1179-86.
- Hamerski F, Celant RB, Mello AMD, Mello FAZ. Resina composta: fotopolimerização relacionada com microinfiltração. *Gestão & Saúde*. 2015;13:1-10.
- Sassi JF, Batista AR, Ciccone-Nogueira JC, Corona SAM, Palma-Dibb RG. Influence of light-curing unit systems on shear bond strength and marginal microleakage of composite resin restorations. *Mater Res*. 2008;11(1):69-73.
- Pires GBA, Pires GB, Macêdo DR, Mendonça JS. Avaliação in vitro da infiltração marginal de restaurações de classe V com diferentes combinações de resinas compostas e aparelhos fotopolimerizadores. *RBPS*. 2009;11(1):40-45.
- Scariot RC, Calza JV, Casali JL. Abordagem dos cirurgiões dentistas em relação a fotopolimerização de resinas compostas. *J Oral Investig*. 2017;6(1):38-49.
- Omidi BR, Gosili A, Jaber-Ansari M, Mahdkhah A. Intensity output and effectiveness of light curing units in dental offices. *J Clin Exp Dent*. 2018;10(6):e555-e560.
- de Oliveira DC, Rocha MG, Gatti A, Correr AB, Ferracane JL, Sinhoret MA. Effect of different photoinitiators and reducing agents on cure efficiency and color stability of resin-based composites using different LED wavelengths. *J Dent*. 2015;43(12):1565-72.
- Guimarães GF, Marcelino E, Cesarino I, Vicente FB, Grandini CR, Simões RP. Minimization of polymerization shrinkage effects on composite resins by the control of irradiance during the photoactivation process. *J Appl Oral sci*. 2018;26:e20170528.
- Reis A, Loguercio AD. *Materiais dentários diretos: dos fundamentos à aplicação clínica*. São Paulo: Santos; 2009.

19. Caldarelli PG, Beltrani FC, Pereira SK, Cardoso SA, Hoepfner MG. Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica – uma revisão da literatura. *Odontol Clín-Cient.* 2011;10(4):317-21.
20. Gritsch K, Souvannasot S, Schembri C, Farge P, Grosogeat B. Influence of light energy and power density on the microhardness of two nanohybrid composites. *Eur J Oral Sci.* 2008;116(1):77-82.
21. Tongtaksin A, Leevailoj C. Battery charge affects the stability of light intensity from light-emitting diode light-curing units. *Oper Dent.* 2017; 42(5):497-504.
22. Price RB, Shortall AC, Palin WM. Contemporary issues in light curing. *Oper Dent.* 2014;39(1):4-14.
23. 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.
24. Grohmann CVS, Soares EF, Souza-Junior EJC, Brandt WC, Puppim-Rontani RM, Geraldeli S, et al. Influence of different concentration and ratio of a photoinitiator system on the properties of experimental resin composites. *Braz Dental J.* 2017;28(6):726-30.
25. Karacolak G, Turkun LS, Boyacioglu H, Ferracane JL. Influence of increment thickness on radiant energy and microhardness of bulk-fill resin composites. *Dent Mater J.* 2018;37(2):206-13.
26. Par M, Repusic I, Skenderovic H, Milat O, Spajic J, Tarle Z. The effects of extended curing time and radiant energy on microhardness and temperature rise of conventional and bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig.* 2019; 23(10):3777-788.
27. Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, et al. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater.* 2015;31(3):293-301.
28. Soares CJ, Rodrigues MP, Oliveira LRS, Braga SSL, Barcelos LM, Silva GR, et al. An evaluation of the light output from 22 contemporary light curing units. *Braz Dent J.* 2017;28(3):362-71.
29. Corciolani G, Vichi A, Davidson CL, Ferrari M. The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. *Oper Dent.* 2008;33(3):325-31.
30. Konerding KL, Heyder M, Kranz S, Guellmar A, Voelpel A, Watts DC, et al. Study of energy transfer by different light curing units into a class III restoration as a function of tilt angle and distance, using a MARC Patient Simulator (PS). *Dent Mater.* 2016;32(5):676-86.
31. Archegas LR, de Menezes Caldas DB, Rached RN, Soares P, Souza EM. Effect of ceramic veneer opacity and exposure time on the polymerization efficiency of resin cements. *Oper Dent.* 2012;37(3):281-9.
32. Strassler HE. Successful light curing- not as easy as it looks. *Oral Health.* 2013;103(7):18-26.
33. McAndrew R, Lynch CD, Pavli M, Bannon A, Milward P. The effect of disposable infection control barriers and physical damage on the power output of light curing units and light curing tips. *Br Dent J.* 2011;210(8):E12.
34. Sword RJ, Do UN, Chang JH, Rueggeberg FA. Effect of curing light barriers and light types on radiant exposure and composite conversion. *J Esthet Restor Dent.* 2016;28(1):29-42.
35. Catelan A, de Araújo LS, da Silveira BC, Kawano Y, Ambrosano GM, Marchi GM, et al. Impact of the distance of light curing on the degree of conversion and microhardness of a composite resin. *Acta Odontol Scand.* 2015;73(4):298-301.
36. Tauböck TT, Feilzer AJ, Buchalla W, Kleverlaan CJ, Krejci I, Attin T. Effect of modulated photoactivation on polymerization shrinkage behavior of dental restorative resin composites. *Eur J Oral Sci.* 2014;122(4):293-302.
37. Shimokawa CAK, Bengston CRG, Youssef MN, Turbino ML. Efeito da redução da intensidade de luz inicial na polimerização de uma resina composta fotoativada com luz halógena e distanciamento da ponta ativadora. *RPG Rev pós-grad.* 2012;19(2):64-8.
38. Thomé T, Steagall-Jr W, Tachibana A, Braga SRM, Turbino ML. Influence of the distance of the curing light source and composite shade on hardness of two composites. *J Appl Oral Sci.* 2007;15(6):486-91.
39. Price RB, Labrie D, Whalen JM, Felix CM. Effect of distance on irradiance and beam homogeneity from 4 light-emitting diode curing units. *J Can Dent Assoc.* 2011;77:b9.
40. Davidovich L. Os quanta de luz e a ótica quântica. *Rev Bras Ens Fis.* 2015;37(4):4205-12.
41. Albino LGB, Rodrigues JA, Kawano Y, Cassoni A. Knoop microhardness and FT-Raman evaluation of composite resins: influence of opacity and photoactivation source. *Braz Oral Res.* 2011;25(3):267-73.
42. Ilie N. Sufficiency of curing in high-viscosity bulk-fill resin composites with enhanced opacity. *Clin Oral Investig.* 2019;23(2):747-55.
43. Mota 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.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Rodrigo Gadelha Vasconcelos

Universidade Estadual da Paraíba

Av. Coronel Pedro Targino,

58233-000 Araruna-PB, Brasil.

e-mail: rodrigogadelhavasconcelos@yahoo.com.br

Submetido em 31/05/2021

Aceito em 16/08/2022