

**FACULDADE SETE LAGOAS - FACSETE**

**VERÔNICA SILVINO**

**A IMPORTÂNCIA DOS APARELHOS FOTOPOLIMERIZADORES E SEU USO EM  
ODONTOLOGIA  
RevisãodaLiteratura**

**OSASCO-SP**

**2023**

**VERÔNICA SILVINO**

**A IMPORTÂNCIA DOS APARELHOS FOTOPOLIMERIZADORES E SEU USO EM  
ODONTOLOGIA  
Revisão da Literatura**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização *Lato Sensu* da Faculdade Sete Lagoas - FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Prótese Dentária.

Área de concentração: Prótese Dentária.

Orientador: Prof. Érico Castaldin

**OSASCO-SP  
2023**

Verônica Silvino

**A IMPORTÂNCIA DOS APARELHOS FOTOPOLIMERIZADORES E SEU USO EM  
ODONTOLOGIA  
Revisão da Literatura**

Trabalho de conclusão de Curso de  
Especialização *Latosensu* da Faculdade  
Sete Lagoas, como requisito  
parcial para obtenção do título de especialista em  
Prótese Dentária

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

Prof. ABOOSASCO

---

Prof. ABOOSASCO

---

Prof. ABOOSASCO

## Resumo

Desde o surgimento dos materiais resinosos a odontologia vem passando por grandes mudanças tecnológicas na área de materiais dentários. Se antes o material de eleição para restaurações era o amálgama, atualmente as resinas compostas são as mais utilizadas, entregando características estéticas muito superiores, além do módulo de elasticidade mais próximo ao do órgão dentário. A melhora em termos de fórmula, tempo de trabalho e estética, não somente das resinas, mas dos materiais resinosos, foi primordial para que este seja o material mais utilizado atualmente. Os aparelhos fotopolimerizadores foram uma invenção essencial para que essa mudança fosse possível, já que eles atuam na polimerização de todos os materiais resinosos de polimerização dual ou fotopolimerização. Esses aparelhos podem utilizar várias tecnologias, sendo as de maior uso luz halógena de quartzo-tungstênio (QTH) e luz emitida por diodo (LED). O Objetivo do presente estudo é analisar os aparelhos fotopolimerizadores e sua ação em diferentes materiais resinosos.

**Palavras-Chave:** Aparelhos fotopolimerizadores; Polimerização; Fotopolimerização; Materiais resinosos

## Abstract

Since the emergence of resin materials, dentistry has undergone significant technological changes in the field of dental materials. In the past, the material of choice for restorations was amalgam, but currently, composite resins are the most widely used, delivering much superior aesthetic characteristics, as well as a modulus of elasticity close to that of the dental organ. The improvement in terms of formula, working time, and aesthetics, not only of resins but also of resin materials, was crucial for this to become the most commonly used material nowadays. Photopolymerization devices were an essential invention for this change to be possible, as they act on the polymerization of all dual-cure or light-cured resin materials. These devices can use various technologies, with the most commonly used being quartz-tungsten halogen (QTH) and light-emitting diode (LED). The aim of the present study is to analyze photopolymerization devices and their action on different resin materials.

**Keywords:** Light-curing units; Polymerization; Photopolymerization; Resin materials.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2 PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>3 MATERIAISEMÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
<b>4 REVISÃODELITERATURA</b> .....	<b>11</b>
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de unir características da resina acrílica com as das resinas epóxicas permitiu, através de estudos conduzidos por Bowen na década de 60, a criação da molécula de BIS-GMA, sendo a mesma responsável pelo desenvolvimento da resina composta. A matriz resinosa substituiu os cimentos de silicato e as resinas acrílicas na restauração de dentes anteriores, que eram realizadas até então com esses materiais. As primeiras resinas possuíam polimerização química, a partir da mistura de uma pasta base e uma catalisadora, sendo assim denominadas como autopolimerizáveis. Todavia, foi inevitável a necessidade de evoluir o material até que ele pudesse ser controlado pelos profissionais usuários do mesmo, o que resultou nas resinas compostas fotopolimerizáveis, que dependiam da radiação emitida por fontes de luz para realizar a cura. (Caldarelli et al, 2011)

A qualidade, fonte e intensidade dessa luz empregada para cura do material são essenciais para longevidade do tratamento restaurador que utiliza resina composta, e, a partir da década de 70, houve o desenvolvimento de diversas tecnologias focadas em polimerizá-lo, sendo estas: luz ultravioleta, luz halógena de quartzo-tungstênio, luz de arco de plasma (PAC), laser de argônio e luz emitida por diodo (LEDs). Os aparelhos a base de LEDs, manifestaram-se na década de 90 e são a tecnologia mais recente para esse fim até o momento. (Caldarelli et al, 2011) (Eren e Tutkan, 2019)

Embora tenha havido o tempo de popularidade das restaurações de amálgama, as resinas são os materiais mais utilizados na atualidade. Vários autores alegam que a média de duração de uma resina composta feita de forma direta em consultórios é de 6 anos, sendo os principais motivos para as falhas o aparecimento de cáries secundárias e fraturas das resinas. Muitos fatores interferem na longevidade de uma restauração, incluindo contração de polimerização do material e quantidade de energia emitida pelo fotopolimerizador. (Price et al, 2014)

A fotopolimerização é um processo que envolve a ativação de um iniciador por meio da exposição à luz, o que leva à formação de ligações químicas entre as

moléculas do material resinoso e sua polimerização. Esse processo é fundamental para garantir a resistência e durabilidade das restaurações dentárias, além de proporcionar uma estética natural e agradável. A escolha do fotopolimerizador adequado é essencial para garantir uma polimerização eficaz dos materiais resinosos, e existem diferenças na potência dos aparelhos, no tempo necessário para a polimerização completa e na forma como a luz é distribuída. É importante seguir os protocolos recomendados pelo fabricante do fotopolimerizador e realizar testes regulares para verificar a eficácia da polimerização. (PriyankaVerma, 2016) (WINDLE et al, 2022) (Al-Zain et al, 2021)



## **2 PROPOSIÇÃO**

Esta monografia tem como propósito analisar os diferentes tipos de fotopolimerizadores e suas potências na polimerização de materiais resinosos, além de fatores que possam interferir nesse processo. O objetivo principal é analisar a ação dos diferentes aparelhos, incluindo tecnologias distintas, em materiais resinosos abrangendo resinas compostas, resinas flow, resinas BulkFill, cimentos fotopolimerizáveis e cimentos de polimerização dupla.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para este trabalho foi realizada uma pesquisa nas bases de dados SCIELO e PUBMED utilizando, em inglês, como descritores: "Light curingunits", "Light curingdevices" e "Light curing". As pesquisas utilizadas foram selecionadas usando como critério artigos publicados a partir do ano de 2010 até o ano de 2023, sendo selecionados 19 artigos pela leitura de seus resumos. Estudos do tipo In vitro, clínicos e Revisão de literatura foram utilizados.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

Al-Zain et al (2021) discutem neste trabalho a importância da correta ativação de resinas compostas em procedimentos odontológicos, destacando que a fotoativação é crucial para garantir a resistência do material a fraturas. O artigo também destaca que diferentes aparelhos fotopolimerizadores possuem tecnologias distintas e performam de maneiras diferentes em virtude dessas diferenças. Existem três tipos de aparelhos fotopolimerizadores mencionados: QTH, SLED e MLED. Os aparelhos QTH possuem um amplo espectro, que é absorvido pela maioria dos sistemas fotoiniciadores; os aparelhos SLED possuem um espectro estreito e emitem comprimentos de onda específicos necessários para a ativação da canforoquinona; e os aparelhos MLED possuem um chip adicional que emite luz violeta com comprimentos de onda necessários para ativar fotoiniciadores alternativos. Para investigar a eficácia desses diferentes aparelhos, os pesquisadores usaram um espectrômetro de resina que mediu a radiação e a exposição a radiação de cada aparelho em diferentes distâncias da superfície do compósito. Três aparelhos foram testados: um QTH (Optilux 401, Kerr), um SLED (Demi Ultra, Kerr) e um MLED (Valo Cordless, Ultradent). Os resultados mostraram que a irradiância e a exposição à irradiância diminuem à medida que a distância aumenta entre a luz e o compósito.

O estudo envolveu a criação de 180 amostras usando um protocolo de fotopolimerização duplo com um fotoiniciador dual dos compósitos resinosos contendo canforoquinona e fotoiniciadoresdiphenylphosphine oxide (TPO). O primeiro protocolo foi realizado com o tempo de fotopolimerização indicado pelo fabricante, enquanto o segundo protocolo foi ajustado para entregar uma exposição de radiação de  $10\text{J}/\text{cm}^2$ , selecionado com base em informações fornecidas pelos fabricantes. A resistência à flexão das amostras foi comparada para os diferentes aparelhos e distâncias. Os resultados mostraram que a irradiância e a exposição à irradiância diminuem à medida que a distância aumenta entre a luz e o compósito, sendo que o tempo de fotopolimerização necessário para obter uma exposição de irradiância constante com os aparelhos LED foi o mesmo para 0 e 2mm de distância, e duplicado ou triplicado para 8mm de distância. Quando o protocolo recomendado pelo fabricante (MCT) era usado, a irradiância na parte inferior das amostras não mostrou diferenças significantes com os diferentes aparelhos fotopolimerizadores em

distâncias diferentes, exceto na distância de 2mm, onde a mesma era maior quando usados os aparelhos SLED, e significativamente mais baixa quando os aparelhos MLED eram utilizados. Quando comparados os valores expostos à irradiação da parte inferior, o protocolo MCT mostrou valores mais altos recebidos em 0mm com todos os aparelhos. Em todos os aparelhos, o resultado foi mais baixo em 8mm.

PriyankaVerma (2016) realizou uma pesquisa para avaliar a resistência ao cisalhamento de braquetes ortodônticos aderidos com diferentes técnicas de fotopolimerização. Cento e vinte dentes pré-molares humanos e hígidos foram utilizados. Todos os elementos dentários foram extraídos por questões ortodônticas. Os dentes foram limpos e armazenados em água destilada contendo cristais de timol até o preparo e teste. Para a adesão dos braquetes, suportes metálicos pré-revestidos com adesivo foram utilizados em todos os dentes. Antes da adesão, cada dente foi polido com taça de borracha e pasta de polimento, seguido pela aplicação de ácido fosfórico 37% por 30 segundos, lavado com água e seco. O primer Transbond XT foi aplicado e o excesso removido antes da colocação do braquete. O excesso de adesivo foi removido antes da fotopolimerização. Os braquetes foram fotopolimerizados com três aparelhos diferentes de LED: 3M ESPE, ELIPAR S10, Ortholux LED e OrtholuxLuminousCuring Light. Os dentes foram divididos em seis grupos:

Grupo 1A: Fotopolimerização com ELIPAR S10 LED por 20 segundos, posicionando a ponteira de luz em cada lado interproximal por 10 segundos.

Grupo 1B: Fotopolimerização com ELIPAR S10 LED por 20 segundos com exposição única na superfície bucal.

Grupo 2A: Fotopolimerização com Ortholux LED por 10 segundos, posicionando a ponteira de luz em cada lado interproximal por 5 segundos.

Grupo 2B: Fotopolimerização com Ortholux LED por 10 segundos com exposição única na superfície vestibular.

Grupo 3A: Fotopolimerização com OrtholuxLuminousCuring Light por 6 segundos, posicionando a ponteira de luz em cada lado interproximal por 3 segundos.

Grupo 3B: Fotopolimerização com OrtholuxLuminousCuring Light por 6 segundos com exposição única na superfície bucal.

Os dentes foram então submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento utilizando uma máquina de teste universal (Instron 4301). A carga na qual o braquete foi descolado da superfície do dente foi registrada e calculada em Mega Pascal. Após a descolagem, a presença de adesivo residual foi avaliada utilizando o índice de adesivo remanescente modificado (ARI). Os resultados mostraram que o grupo 2A apresentou a maior resistência ao cisalhamento, seguido pelos grupos 1B e 3A. Já o grupo 3B apresentou a menor resistência ao cisalhamento. Em relação ao ARI, todos os grupos apresentaram predominantemente o score 1, indicando que todo o adesivo remanescente permaneceu no esmalte. Em conclusão, o estudo mostrou que a técnica de fotopolimerização pode afetar a resistência ao cisalhamento dos braquetes ortodônticos. O grupo 2A apresentou a maior resistência ao cisalhamento, enquanto o grupo 3B apresentou a menor resistência ao cisalhamento.

Windle et al., 2022 examinaram a profundidade de polimerização de quatro tipos de materiais compostos de polimerização dual (BulkEZ, Activa, HyperFIL e Injectafil) em relação às suas capacidades de polimerização por fotoativação e auto polimerização. Para fins de comparação, foram utilizados um compósito fotopolimerizável universal (TPH) e um compósito bulk fill (Tetric). Os compósitos foram irradiados em uma direção nos moldes e, adicionalmente, os materiais compostos de cura dual foram deixados sem fotoativação para avaliar sua capacidade de auto polimerização. A dureza de Vickers foi mensurada em profundidades de até 6mm. O papel crucial da fotopolimerização para a polimerização adequada de restaurações dentárias foi confirmado, não apenas para resinas compostas convencionais universais e Bulkfill, mas também para compósitos de cura dual. Maior dureza superficial foi uma característica compartilhada para compósitos de polimerização dupla que receberam fotoativação, mas a profundidade de polimerização foi dependente do produto. A extensão da ação de autopolimerização em três dos quatro compósitos de dupla polimerização foi aparentemente influenciada pela quantidade de luz que os materiais receberam. Apenas um compósito de polimerização dupla (BulkEZ) polimerizou continuamente em toda a profundidade de 6 mm, independentemente do modo de polimerização. Dois compósitos de polimerização dual (HyperFIL e Injectafil) mostraram sinais de que a baixa densidade de luz de polimerização interferiu na polimerização química.

Além da superfície, esses dois compósitos duais polimerizaram melhor sem fotopolimerização.

Um estudo realizado por Bayrak, Yaman-Dosdogru e Selvi-Kuvvetli (2022) teve como objetivo avaliar o efeito de dois diferentes aparelhos fotopolimerizadores e o efeito do tempo de fotopolimerização na microdureza de superfície, força compressiva e encolhimento volumétrico de quatro materiais restauradores: Bulkfill Filtek™ Z250, Filtek™ Bulk Fill Posterior, Beautifil® Bulk Restorative e ACTIVATM BioACTIVE. Para isso, cada material foi dividido em dois grupos, dependendo do aparelho fotopolimerizador (Woodpecker LED-E e CarboLED), e cada aparelho foi dividido em dois subgrupos de acordo com o tempo de fotopolimerização (10s e 20s). Os resultados indicaram que, em todos os materiais restauradores fotopolimerizados com Woodpecker LED-E, o subgrupo de 20s demonstrou aumento significativo de microdureza de superfície em comparação ao subgrupo de 10s. Em ambos os grupos de tempo de fotopolimerização, o grupo CarboLED mostrou significativo aumento de força de compressão em comparação ao grupo Woodpecker LED-E para todos os materiais restauradores, exceto o Filtek™ Bulk Fill Posterior, que foi fotopolimerizado por 20S. O ACTIVATM BioACTIVE mostrou um grande aumento de volume em comparação com outros materiais. Os resultados também indicaram que um aumento da intensidade da luz do fotopolimerizador e o aumento do tempo de fotopolimerização tiveram efeito positivo na microdureza de superfície e na contração volumétrica dos materiais testados. Por outro lado, o aparelho e o tempo não mostraram diferença significativa no efeito da contração volumétrica dos materiais restauradores.

Al Shaafi, Maawadh e Al Qahtani (2011) investigaram a intensidade de luz emitida por aparelhos QTH e LED localizados em instituições de saúde governamentais em Riyadh, Arábia Saudita. Foram avaliados um total de 210 fotopolimerizadores odontológicos, sendo 120 do tipo QTH e 90 do tipo LED, em oito instituições governamentais de saúde localizadas em Riyadh. A leitura da intensidade de luz emitida por cada aparelho foi medida usando um espectrômetro digital, e qualquer captação de luz com intensidade abaixo de 300 mW/cm<sup>2</sup> foi considerada insatisfatória. Os resultados mostraram que a porcentagem de dispositivos QTH e LED considerados insatisfatórios foi de 67,5% e 15,6%,

respectivamente. A avaliação regular de dispositivos de fotopolimerização utilizando fotômetros é recomendada para garantir adequação correta para uso clínico. Além disso, o estudo revelou que a maioria dos dispositivos QTH tinha sido usada por mais de três anos e apresentava uma intensidade de luz média de 260 mW/cm<sup>2</sup>, enquanto a maioria dos dispositivos LED foi usada por menos de um ano e apresentava uma intensidade de luz média de 598 mW/cm<sup>2</sup>. Ainda assim, a pesquisa mostrou que a parcela de dispositivos QTH em uso em instituições governamentais é maior do que a de dispositivos de cura LED. Em conclusão, o estudo destacou a importância da avaliação regular de dispositivos de fotopolimerização utilizando fotômetros para garantir que os aparelhos atendam aos critérios de intensidade de luz para uso clínico adequado. Além disso, os resultados deste estudo podem ajudar a orientar as decisões de compra de fotopolimerizadores em instituições de saúde governamentais em Riyadh, Arábia Saudita.

O estudo realizado por Omid, Gosili, Jaber-Ansari, Mahdkhah (2018) teve como objetivo medir a intensidade da luz das unidades de fotopolimerização utilizadas nos consultórios odontológicos de Qazvin, determinar a relação entre a idade clínica dessas unidades e sua intensidade de luz, e identificar os motivos para o reparo das mesmas. Para medir a intensidade da luz, um radiômetro analógico foi utilizado e enviado ao Laboratório de Ótica da Universidade de Tecnologia de Sharif em Teerã, Irã, para confirmar seu desempenho. Em cada consultório visitado, foram registradas três medições de intensidade de luz para cada aparelho de fotopolimerização, e a média foi relatada como a medida final. Além disso, um questionário foi usado para obter informações sobre o tipo de aparelho de fotopolimerização, a idade do mesmo, a frequência de manutenção, as razões para reparo, a data do último reparo, o número de vezes que a lâmpada havia sido substituída e a última vez que foi feita, a duração típica de irradiação de luz em cada restauração, a disponibilidade de um radiômetro no consultório e o número de horas de funcionamento do consultório por semana. Este estudo descobriu que a maioria dos dispositivos eram do tipo LED. A intensidade de luz das unidades de LED foi significativamente maior do que nos dispositivos QTH, e a intensidade de luz diminuiu com o envelhecimento do dispositivo. A frequência de substituição de lâmpadas em dispositivos QTH foi significativamente maior do que em dispositivos LED. Os motivos para o reparo das unidades incluíram problemas com a lâmpada, o cabo, o

carregador, o interruptor e o visor. Em conclusão, a intensidade de luz dos dispositivos de fotoativação nas clínicas dentárias de Qazvin foi aceitável, mas é importante manter os dispositivos em boas condições de funcionamento e realizar a manutenção adequada. Os dispositivos LED são uma opção melhor do que os dispositivos QTH, devido à sua maior intensidade de luz e menor necessidade de substituição de lâmpadas. Embora o LED tenha apresentado melhores resultados com relação a fotoiniciação da canforoquinona, quando utilizados outros fotoiniciadores, o QTH conseguiu resultados melhores, em virtude de alcançar um número de fotoiniciadores diferentes que o LED não é capaz de fazer.

Tsuzuki et al (2020) apresentaram um estudo que avaliou a influência de diferentes unidades de fotopolimerização no grau de conversão (DC) de uma resina Bulk Fill em profundidades de 0 a 4 mm. Foram utilizadas cinco unidades de fotopolimerização (LCUs): Valo Cordless, Radii Plus, Emitter.D, Biolux Plus e Woodpecker. O comprimento de onda de emissão de cada aparelho de fotopolimerização (LCU) foi determinado por um espectrômetro de matriz linear e a densidade de potência de cada unidade de fotopolimerização também foi determinada. Dez espécimes foram preparados para cada grupo de LCU e para cada tempo, totalizando 100 espécimes. A conversão dupla foi avaliada por meio de espectroscopia Raman após 24 horas. Os resultados mostraram que a maior diferença no grau de conversão em 20s, comparando os valores obtidos na primeira e última camada, foi para Biolux Plus, com uma variação de 61,24% para 53,86%. Comparando as LCUs, os valores de grau de conversão da última camada em 40s foram 57,40% Biolux Plus, 58,21% Woodpecker, 58,97% Valo Cordless, 60,90% Radii Plus e 62,42% Emitter.D. O estudo concluiu que quanto maior a dose ( $J/cm^2$ ) e mais próximo o  $\lambda_{max}$  estiver do comprimento de absorção máxima da canforoquinona, melhor será o valor do grau de conversão. Os resultados sugerem que a escolha da unidade de fotopolimerização pode afetar o desempenho clínico da resina bulk-fill e que é importante selecionar a unidade adequada para garantir a efetividade do tratamento.

Cardoso Et al (2022) realizaram um estudo para avaliar a influência de diferentes unidades de fotopolimerização (LCUs) com diâmetros de ponta e espectros de luz distintos na ativação de resinas Bulk Fill. Foram preparadas



amostras (n = 10) de um compósito convencional (Amaris, VOCO) e de resinas Bulk Fill (Aura Bulk Fill, SDI; FiltekOne, 3M ESPE; Tetric Bulk Fill, IvoclarVivadent) com dois diâmetros de 7 ou 10 mm e espessura de 2 mm. Após 24 horas de preparação das amostras, foi avaliado o grau de conversão (DC). A dureza Knoop (KHN) foi medida no centro e na periferia das amostras. Os resultados indicaram que tanto o tipo de fotopolimerizador quanto o diâmetro da amostra tiveram um impacto significativo no grau de conversão. A resina Tetric Bulk Fill apresentou um aumento significativo no grau de conversão quando fotoativada com o fotopolimerizadormultipeak Valo (54,8% e 53,5%, para diâmetros de 7 e 10 mm, respectivamente), em comparação com o fotopolimerizadormonowaveRadiiXpert (52,1% e 52,9%, para diâmetros de 7 e 10 mm, respectivamente). Não foram observadas diferenças significativas na dureza Knoop (KHN) entre o compósito de resina convencional (Amaris) e as diferentes unidades de fotopolimerização ( $p = 0,213$ ) ou diâmetros de disco ( $p = 0,587$ ), no entanto, o centro das amostras apresentou valores de KHN superiores ( $p \leq 0,001$ ) em relação à periferia.

Concluiu-se que o espectro de luz do aparelho multipeak (Valo) aumentou significativamente o grau de conversão e a dureza Knoop (KHN) do compósito de resina Bulk Fill contendo iniciador adicional de canforoquinona (Tetric Bulk Fill), em comparação com o LCU monowave (RadiiXpert). Além disso, o tamanho da ponta das unidades fotopolimerizadoras influenciou o desempenho de alguns dos compósitos de resina testados.

Par et al (2021) avaliaram o efeito da fotopolimerização rápida de alta intensidade na integridade marginal de quatro resinas bulk-fill (duas delas especificamente projetadas para fotopolimerização de alta intensidade) após carga termomecânica. Foram realizadas cavidades de classe V em molares humanos com pressão pulpar simulada e preenchidas em um único incremento. Os materiais foram fotopolimerizados com um protocolo convencional ou de alta intensidade. Após termociclagem e carregamento mecânico, a margem foi analisada quantitativamente e a integridade marginal foi expressa como a percentagem da margem contínua. Os resultados mostraram que a fotopolimerização de alta intensidade e convencional levaram a uma integridade marginal semelhante na maioria dos casos. No entanto, a resina fluida fotopolimerizada com o protocolo de alta intensidade apresentou uma

integridade marginal significativamente inferior em comparação com as resinas esculpíveis após o carregamento. Isso sugere que o protocolo de fotopolimerização deve ser considerado ao selecionar uma resina para restaurações dentárias, especialmente em áreas de alta tensão mecânica.

Flury et al (2014) realizaram um estudo para investigar as propriedades micromecânicas de cinco cimentos resinosos de polimerização dual após diferentes modos de polimerização, incluindo por luz, através de materiais cerâmicos. A Dureza de Vickers (VH) e módulo de indentação (YHU) dos cimentos resinosos Panavia F2.0, RelyXUnicem 2 Automix, SpeedCEM, BisCem e BeautiCem SA foram medidos após 1 semana de armazenamento (37 °C, 100% de umidade). Os cimentos resinosos foram testados seguindo a autopolimerização ou a polimerização por luz com o aparelho fotopolimerizador de LED de segunda geração EliparFreeLight 2, no Modo Padrão (1.545 mW/cm<sup>2</sup>), ou com o aparelho de cura de LED de terceira geração VALO no Modo de Alta Potência (1.869 mW/cm<sup>2</sup>), ou no Modo XtraPower (3.505 mW/cm<sup>2</sup>). A fotopolimerização foi realizada diretamente ou através de discos cerâmicos de vidro de 1,5 ou 3 mm de espessura de IPS Empress CAD ou IPS e.max CAD. A VH e a YHU foram analisados com testes Kruskal-Wallis seguidos por testes de classificação de Wilcoxon aos pares ( $\alpha = 0,05$ ).

Os resultados mostraram que o RelyXUnicem 2 Automix apresentou a VH e o YHU mais altos, seguido pelo BeautiCem SA, BisCem, SpeedCEM e finalmente Panavia F2.0. A autopolimerização do RelyXUnicem 2 Automix e SpeedCEM diminuiu a VH e YHU em comparação com a fotopolimerização, enquanto a autopolimerização do Panavia F2.0, BisCem e BeautiCem SA levaram a VH e YHU semelhantes ou significativamente mais altos em comparação com a fotopolimerização. Geralmente, a polimerização por luz direta resultou em VH e YHU semelhantes ou mais baixos em comparação com a polimerização por luz através de discos cerâmicos de 1,5 mm de espessura. A fotopolimerização através de discos de IPS e.max CAD de 3 mm de espessura reduziu VH e YHU para todos os cimentos resinosos, exceto SpeedCEM, que foi o menos afetado. Os cimentos resinosos responderam de forma heterogênea às mudanças no modo de polimerização. As irradiâncias aplicadas e os tempos de fotopolimerização adequados atuaram nos cimentos resinosos, mesmo através de discos cerâmicos de 1,5 mm de espessura. Quando se trata de polimerizar cimentos resinosos através de restaurações

cerâmicas espessas, os clínicos devem considerar prolongar os tempos de cura por luz, mesmo com aparelhos de cura de LED que forneçam irradiâncias elevadas.

AlMadi Et al (2021) pesquisaram a resistência de união de um pino de fibra cimentado com dois tipos de cimentos resinosos e a influência de diferentes luzes de fotopolimerização. Foram utilizados 40 dentes humanos extraídos, nos quais foi realizada a preparação do espaço para o pino de fibra. O RelyXUnicem (RXU) e o Variolinkesthetic LC (VLE) foram os cimentos resinosos utilizados para a cimentação do pino, sendo que a ativação da luz foi realizada com aparelhos que utilizam tanto LED quanto QTH. Os resultados mostraram que o RXU apresentou uma resistência média de união de “puxamento” maior do que o VLE, quando ativado com luzes LED e QTH. Além disso, a luz LED e a QTH não influenciaram a resistência de união de “puxamento” para ambos os materiais testados. Com base nesses resultados, concluiu-se que um cimento resinoso de dupla cura deve ser usado para a cimentação de um pino de fibra, enquanto os cimentos de polimerização somente por luz devem ser evitados, podendo levar ao fracasso da cimentação adequada do pino de fibra de vidro.

Tanathanuch e Kukiattrakoon (2019) avaliaram a relação entre o tempo de polimerização e a intensidade de luz em unidades de fotopolimerização de luz quartzó-tungstênio-halogênio (QTH) e diodo emissor de luz (LED) na microdureza e grau de conversão de um compósito de resina nanohíbrido. Foram preparados cento e vinte espécimes cilíndricos de resina composta de tonalidade A2, e depois polimerizados com QTHs ou LEDs por 20 e 40 segundos. Os resultados mostraram que tanto a intensidade de luz quanto o tempo de polimerização afetaram a microdureza e grau de conversão. Os grupos LED apresentaram valores significativamente maiores do que os grupos QTH em termos de microdureza e grau de conversão. Concluiu-se que o tempo de polimerização afeta os valores de microdureza e grau de conversão em ambas as unidades de fotopolimerização.

Catelan et al (2014) realizaram um estudo que teve como objetivo avaliar o grau de conversão (DC) de duas resinas compostas diferentes (nanohíbridas e micro-híbridas) sob diferentes protocolos de fotopolimerização e unidades de fotopolimerização. Foram preparados corpos de prova cilíndricos de cada tipo de

resina, com diâmetro interno de 5 mm e espessura de 2 mm. A cavidade foi preenchida com um incremento e polimerizada de acordo com os grupos experimentais: dois tipos de resinas compostas (nanohíbridas e micro-híbridas); três protocolos de fotopolimerização (controle, distância e padronizado); e quatro unidades de fotopolimerização diferentes (Bluephase 16i, Ultralume LED 5, XL 3000 e Optilux 501C). A polimerização foi realizada com a ponta da fonte de luz posicionada a 0 mm ou 8 mm de distância da superfície superior da amostra. O grau de conversão foi medido usando a espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR).

Os resultados mostraram que a superfície superior apresentou um maior grau de conversão do que a superfície inferior em todas as condições experimentais. Na superfície superior da resina composta nanohíbrida, o protocolo de fotopolimerização distância e o padronizado mostraram um maior grau de conversão do que o protocolo controle e o protocolo distância. Além disso, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os protocolos de fotopolimerização para os grupos LED 3 e Halogênio 2. Na superfície inferior, o protocolo controle mostrou um maior grau de conversão do que o protocolo distância. Em conclusão, o protocolo de fotopolimerização distância e o padronizado mostraram um maior grau de conversão na superfície superior da resina composta nanohíbrida. Além disso, a escolha da unidade de fotopolimerização pode ter um impacto significativo no grau de conversão da resina composta, e a superfície inferior apresentou um menor grau de conversão em comparação com a superfície superior.

O estudo de Farzad et al (2022) investigou a microdureza, resistência à flexão e estabilidade de cor de três resinas compostas comerciais do tipo “bleach” e de cor A2 fotopolimerizadas com três aparelhos de fotopolimerização (Bluephase N, Woodpecker LED.D e Optilux 501). Foram fabricadas 270 amostras ( $n = 5$  para cada teste) e as mesmas foram submetidas a testes de microdureza Vickers e de resistência à flexão. A cor das amostras foi avaliada imediatamente após a preparação e 24 horas após a polimerização. Os dados foram analisados utilizando análise de variância de três vias e o teste Tukey ( $p \leq 0,001$ ). Os resultados mostraram que as amostras fotopolimerizadas com Optilux apresentaram a maior microdureza, enquanto as curadas com LED.D apresentaram a menor. A cor mudou mais após 24 horas para a resina composta tipo “bleach” de G-aenial polimerizada

com Bluephase N e menos para a cor A2 de Sigma Quick curada com Optilux. A resistência à flexão mais alta foi encontrada na resina composta Point 4 “bleach” fotopolimerizada com Optilux, enquanto a mesma resina composta e cor polimerizada com Sigma Quick apresentou a menor. Os resultados sugerem que a fotopolimerização com LED de poli-onda pode fornecer resultados semelhantes, em termos de microdureza e resistência à flexão, às unidades de halogênio-tungstênio-quartzo e LED de onda única para ambas as resinas compostas “bleach” e cor A2. No entanto, as marcas dos aparelhos fotopolimerizadores apresentaram diferenças significativas na estabilidade de cor das resinas compostas.

Este estudo de Aung et al (2021) teve como objetivo avaliar a influência de diferentes unidades de fotopolimerização (LCUs) na polimerização de vários compósitos resinosos fluídos. Para isso, foram utilizados três LCUs distintos: uma lâmpada convencional QTH no modo padrão (Optilux 501, Kerr, Orange, CA, EUA), um LCU de LED monoonda (ou monowave) (Elipar™ DeepCure-L, 3M ESPE) e um LCU de LED polionda (ou poliwave) no modo alto (Bluephase®20i, IvoclarVivadent). Foram testadas oito resinas compostas fluidas comerciais: MI FIL Flow (MIF; GC, Tóquio, Japão), EsteliteFlowQuick (EFQ; Tokuyama Dental, Tóquio, Japão), Estelite Universal Flow (médio) (EUF-M; Tokuyama Dental), Estelite Universal Flow (super baixo) (EUF-S; Tokuyama Dental), BeautifilFlow Plus (BFP; Shofu, Kyoto, Japão), ClearfilMajesty ES Flow (CMF; KurarayNoritake Dental, Tóquio, Japão), FiltekSupreme Ultra Flowable (FSU; 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) e TetricEvoFlow (TEF; IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein). Para o teste de microdureza Vickers (VHN) e grau de conversão (DC), foram preparados espécimes e polimerizados por 20 segundos. A superfície do compósito foi coberta com uma fita Mylar e uma lâmina de vidro, em seguida, a ponta do dispositivo de fotoativação foi colocada em contato com a lâmina de vidro. Cada espécime foi polimerizado por 20 segundos e armazenado a seco no escuro a 37°C por 24 horas. Os resultados foram analisados com ANOVA de 2 fatores e teste t com correção de Bonferroni. Os valores de DC e dureza mostraram uma relação entre os materiais e as LCUs. A eficácia de cura do tipo de LCU pode depender da composição do material. Como resultado obtiveram os seguintes resultados: a adequação da polimerização demonstrou depender não apenas do tipo de LCU, mas também da composição da resina. Independentemente da energia entregue pelos LCUs, não houve diferenças significativas entre os LCUs

no mesmo material quando o comprimento de onda dessas luzes coincide com o espectro de absorção dos fotoiniciadores. O LCU de LED monowave apresentou desempenho ruim em relação à dureza e grau de conversão na ClearfilMajesty ES Flow e na TetricEvoFlow, independentemente do compósito fotopolimerizado receber energia suficiente, mas não em um comprimento de onda adequado. A unidade de LED poliwave pode polimerizar todos os compósitos de resina fluida, independentemente do tipo de fotoiniciador contido em suas composições.

Lühns et al (2014) investigaram o efeito da cura de cimentos compostos e de um novo pré-tratamento de silanização cerâmica na resistência da microtensão de união ( $\mu$ TBS) em blocos cerâmicos feldspáticos cimentados em dentina. Foram testadas diferentes variáveis experimentais, incluindo o modo de polimerização (auto polimerização completa, luz para a cura do adesivo e auto polimerização do cimento, luz completa para a polimerização) e o pré-tratamento da superfície cerâmica (ácido fluorídrico, silanização e aplicação de resina adesiva). Os resultados mostraram que a auto polimerização completa levou a uma  $\mu$ TBS inferior do que quando o adesivo em dentina ou ambos, o adesivo e o cimento composto, foram fotopolimerizados. Além disso, o uso de um adesivo incorporado com silano não diminuiu a efetividade da cimentação quando também o cimento composto foi fotopolimerizado. A auto polimerização completa de restaurações cerâmicas adesivas em dentina resultou em menor resistência adesiva imediata à dentina do que quando apenas o adesivo no lado da dentina foi separadamente fotopolimerizado, ou quando tanto o adesivo quanto o cimento foram fotopolimerizados. O novo pré-tratamento da superfície cerâmica com um adesivo incorporado com silano, simplificando o procedimento adesivo de cimentação, afetou a resistência adesiva imediata à dentina apenas quando o cimento não foi fotopolimerizado, mas sim foi permitido polimerizar naturalmente. No entanto, a fotopolimerização adicional ao cimentar restaurações indiretas é altamente recomendada e é feita clinicamente na maioria dos casos.

## 5 DISCUSSÃO

Al-Zain et al (2021), Farzad et al (2022) e Aung et al (2021) realizaram estudos que abordam diferentes aparelhos fotopolimerizadores e sua ação em compósitos resinosos. Os artigos de Al-Zain et al e o de Farzad et al chegaram à conclusão de que diferentes tipos de aparelhos fotopolimerizadores obtiveram resultados diversos na polimerização. O primeiro autor, relatou mudanças na estabilidade de cor, e o segundo autor, nos materiais resinosos utilizados. Enquanto o estudo de Farzad et al utilizava diferentes unidades de fotopolimerização com a mesma tecnologia (LED), o de Al-Zain et al variou entre LED (subdividindo essa categoria em SLED e MLED) e QTH. Aung et al, que também variou a tecnologia empregada nas unidades (QTH e LED, sendo o último subdividido em "monowave" e "poliwave"), não encontrou diferenças significativas entre os aparelhos quando o comprimento de onda coincidiu com o espectro de ação dos fotoiniciadores dos compósitos utilizados. Al-Zain et al avaliaram também a influência da distância da fonte de luz na polimerização.

Verma (2016) avaliou 3 aparelhos diferentes de tecnologia LED e algumas formas de polimerização alterando tempo e posição da ponteira de luz em adesivos e braquetes, concluindo que a técnica de fotopolimerização fornece diferenças significativas no resultado final da polimerização dos adesivos. Ele não aborda discrepâncias com relação às marcas dos aparelhos. Bayrak, Yaman-Dosdogru e Selvi-Kuvvetli (2022) avaliaram dois aparelhos de tecnologia LED e o tempo de polimerização em resinas Bulk Fill, dividindo em subgrupos os aparelhos pelo tempo de fotopolimerização, tendo como resultado a percepção da melhora da microdureza nos subgrupos que foram fotopolimerizados por mais tempo. Entretanto, ele encontrou diferenças entre as marcas das unidades fotopolimerizadoras, com o grupo polimerizado com o uso do CarbonLED apresentando maior resistência a compressão, sem que isso alterasse os dados obtidos de contração volumétrica dos materiais. Tsuzuki et al (2020) comparou diferentes marcas de tecnologia LED, usando o mesmo tempo de polimerização para cada uma. Também há divergências na alegação de que a escolha da unidade de fotopolimerização pode sim afetar o desempenho clínico significativamente, e a realização de comparação entre o grau de conversão das resinas, o que não foi critério na avaliação dos demais autores.

Assim como Tsuki et al, Cardoso et Al (2022) alegam que os resultados indicam que o aparelho influi diretamente no grau de conversão das amostras, fazendo uma comparação mais direta entre as marcas, embora use apenas dois aparelhos para sua comparação.

O artigo de Windle et al (2022) aborda sobre cimentos duais e ação da fotopolimerização. Os autores afirmam que os compósitos duais que receberam fotoativação apresentaram maior dureza superficial, embora dois compósitos da pesquisa (HyperFil e Injectafil) tenham polimerizado melhor sem o uso de luz. Flury et al (2014), assim como Windle et al, também comparou a ação da luz dos aparelhos fotopolimerizadores em cimentos duais, todavia incluindo a opção da luz passando por materiais cerâmicos. Chegaram à conclusão de que em materiais menos espessos não há diferença significativa quando o protocolo de fotopolimerização e o tempo adequado são aplicados. Para materiais mais espessos, recomendaram mais tempo de fotopolimerização. Lührs et al (2014), através da investigação da polimerização de cimentos resinosos e também em adesivos, chegaram a conclusão de que a autopolimerização desses materiais levou a uma resistência da microtensão de união menor do que quando foram fotopolimerizados, corroborando com Windle et al e Flury et al sobre a importância da fotopolimerização em materiais resinosos. Par et al (2021), por outro lado, encontraram em suas pesquisas que a resina fluida fotopolimerizável Bulk Fill, quando utilizado o protocolo de fotopolimerização de alta intensidade, pode apresentar integridade marginal prejudicada, principalmente em áreas de tensão mecânica. Todavia, os resultados foram diferentes nas resinas esculpíveis, que parecem não depender tanto do protocolo de polimerização.

O trabalho de Al Shaafi, Maawadh e Al Qahtani (2011) fez uma avaliação da intensidade de luz de aparelhos do tipo LED e do tipo QTH, e encontrou alta porcentagem de dispositivos considerados insatisfatórios, reforçando a importância da avaliação regular das unidades. Omid et al (2018) também avaliaram aparelhos fotopolimerizadores, todavia em consultórios particulares, diferente de Al Shaafi, Maawadh e Al Qahtani, que avaliaram unidades de instituições públicas. Mais um dado diferente nesse trabalho foi o fato da idade clínica dos fotopolimerizadores também ser avaliada. A análise indicou a relevância da manutenção adequada dos



dispositivos, sejam LED ou QTH, para que a fotoiniciação dos aparelhos se mantenha adequada.

Tanthanuch e Kukiattrakoon (2019) e AIMadi et al (2021) avaliaram a diferença entre LED e QTH, mas em materiais diferentes. Enquanto os primeiros autores visaram a resistência de união entre pino de fibra e cimentos resinosos, os outros investigaram a ação dos aparelhos em resinas nanohíbridas. Tanthanuch e Kukiattrakoon encontraram valores diferentes para QTH e LED, AIMadi et al não.

## **6 CONCLUSÃO**

Os estudos revisados apresentam resultados diversos com relação ao impacto do tipo e tecnologia dos aparelhos fotopolimerizadores na polimerização de materiais resinosos. Houve divergências nos trabalhos com relação aos aparelhos afetarem ou não significativamente a polimerização por luz. No entanto, a maioria dos estudos concorda sobre a importância da fotopolimerização na obtenção de melhores resultados quando houver utilização de materiais resinosos. Essa heterogeneidade nos resultados aponta para a necessidade de mais estudos nessa área, para que sejam definidas recomendações mais precisas para a escolha e utilização de aparelhos fotopolimerizadores na prática clínica.

## REFERÊNCIAS

CALDARELLI, Pablo Guilherme et al. **Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica - uma revisão da literatura.** Odontol. Clín.-Cient. (Online) [online]. 2011, vol.10, n.4, pp. 317-321. ISSN 1677-3888.

Eren D, Tutkan F. **Investigation of the reliability of light-curing units in Sivas City, Turkey.** Niger J Clin Pract. 2019 Apr;22(4):469-477. doi: 10.4103/njcp.njcp\_397\_18. PMID: 30975949.

PRICE, Richard B et al. **The effectiveness of using a patient simulator to teach light-curing skills.** J Am Dent Assoc, Chicago, v. 145, n. 1, p. 32-43, jan. 2014. doi: 10.14219/jada.2013.17.

AL-ZAIN, Afnan O.; PLATT, Jeffrey A. **Effect of light-curing distance and curing time on composite microflexural strength.** Dent Mater J, v. 40, n. 1, p. 202-208, Jan. 2021. doi: 10.4012/dmj.2020-002.

VERMA, Priyanka. **Curing efficiency of three light emitting diode units at different curing profiles.** Indian Journal of Dental Research, Mumbai, v. 27, n. 2, p. 168-173, Mar./Apr. 2016. DOI: 10.4103/0970-9290.183134. PMID: 27237208.

WINDLE, Candace B. et al. **Dual-cure dental composites: can light curing interfere with conversion?** J Mech Behav Biomed Mater, [s.l.], v. 132, p.105289, Aug. 2022. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2022.105289. PMID: 35636117.

Bayrak, G.D., Yaman-Dosdogru, E., & Selvi-Kuvvetli, S. (2022). **The effect of two different light-curing units and curing times on bulk-fill restorative materials.** Polymers, 14(9), 1885. doi: 10.3390/polym14091885.

Al Shaafi, M.M., Maawadh, A., & Al Qahtani, M.Q. (2011). **Evaluation of light intensity output of QTH and LED curing devices in**

**various governmental health institutions.** *Operative Dentistry*, 36(4), 356-361. doi: 10.2341/10-247-O.

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 Jun;10(6):e555-e560. doi: 10.4317/jced.54756. PMID: 29946413; PMCID: PMC6012498.

TSUZUKI, F.M. et al. **Evaluation of the influence of light-curing units on the degree of conversion in depth of a bulk-fill resin.** *J Clin Exp Dent*, v. 12, n. 12, p. e1117-e1123, Dec. 2020. DOI: 10.4317/jced.57288.

Cardoso IO, Machado AC, Fernandes LO, Soares PV, Raposo LHA. **Influence of Tip Diameter and Light Spectrum of Curing Units on the Properties of Bulk-Fill Resin Composites.** *Eur J Dent*. 2022 May;16(02):360-366. DOI: 10.1055/s-0041-1735799. CC BY 4.0.

Par M, Spanovic N, Marovic D, et al. **Rapid high-intensity light-curing of bulk-fill composites: A quantitative analysis of marginal integrity.** *J Dent*. 2021 Aug;111:103708. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103708.

Flury, S., Lussi, A., Hickel, R. *et al.* **Light curing through glass ceramics: effect of curing mode on micromechanical properties of dual-curing resin cements.** *Clin Oral Invest* 18, 809–818 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1051-y>.

AlMadi, M.K.; Khabeer, A.; AlHilal, S.; AlShahrani, A.S.; Ali, S. **Pull-out bond strength of fiber post luted with two types of resin luting cements using different light curing units.** *Niger J Clin Pract*. Dec 2021;24(12):1841-1845. doi: 10.4103/njcp.njcp\_32\_21. PMID: 34889794.

TANTHANUCH, S.; KUKIATTRAKOON, B. **The effect of curing time by conventional quartz tungsten halogen and new light-emitting diodes light curing units on degree of conversion and microhardness of a**

**nanohybridresincomposite.** J ConservDent, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 196-200, mar./apr. 2019. DOI: 10.4103/JCD.JCD\_498\_18. PMID: 31142993. PMCID: PMC6519180.

Catelan A, Mainardi MCJ, Soares GP, et al. **Effectof light curingprotocolondegreeofconversionofcomposites.** Acta OdontolScand. 2014 Nov;72(8):898-902. doi: 10.3109/00016357.2014.920108.

Farzad A, Kasraei S, Haghi S, et al. **Effectsof 3 different light-curingunitsonthephysico-mechanicalpropertiesofbleach-shaderesincomposites.** RestorDentEndod. 2022;47(1):e9. doi: 10.5395/rde.2022.47.e9.

Aung SZ, Takagaki T, Ikeda M, Nozaki K, Burrow MF, Abdou A, et al. **The effectofdifferent light curingunitsonVickersmicrohardnessanddegreeofconversionofflowableresincomposites.** DentMater J. 2021 Jan 31;40(1):44-51. doi: 10.4012/dmj.2019-353. Epub 2020 Aug 25. PMID: 32848103.

Lühns AK, De Munck J, Geurtsen W, Van Meerbeek B. **Compositementsbenefitfrom light-curing.** Dent Mater. 2014 Mar;30(3):292-301. doi: 10.1016/j.dental.2013.11.012. PMID: 24411554.