

**UNIVERSIDADE DE UBERABA  
CURSO DE ODONTOLOGIA**

**ANA CLARA SILVA CAMPOS  
MARIA EDUARDA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO DE RESINA  
COMPOSTA BULK FILL, COM DIFERENTES TIPOS DE  
POLIMERIZAÇÃO EM RELAÇÃO A MICRODUREZA, SORÇÃO E  
SOLUBILIDADE: REVISÃO DE LITERATURA**

**UBERABA - MG**

**2023**

ANA CLARA SILVA CAMPOS  
MARIA EDUARDA OLIVEIRA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO DE RESINA  
COMPOSTA BULK FILL, COM DIFERENTES TIPOS DE  
POLIMERIZAÇÃO EM RELAÇÃO A MICRODUREZA, SORÇÃO E  
SOLUBILIDADE: REVISÃO DE LITERATURA**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Graduação em Odontologia da Universidade de Uberaba, como requisito parcial para obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Saturnino Calabrez Filho

**UBERABA - MG  
2023**

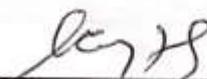
**ANA CLARA SILVA CAMPOS**  
**MARIA EDUARDA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO DE RESINA  
COMPOSTA BULK FILL, COM DIFERENTES TIPOS DE  
POLIMERIZAÇÃO EM RELAÇÃO A MICRODUREZA, SORÇÃO E  
SOLUBILIDADE: REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho apresentado à Universidade de Uberaba como parte das exigências do componente curricular Orientação do Trabalho de Conclusão de Curso II para obtenção do título de graduação em Odontologia.

Aprovado em 14/12/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Saturnino Calabrez Filho  
Universidade de Uberaba – UNIUBE

\_\_\_\_\_  
Prof. xxxxxx  
Universidade de Uberaba - UNIUBE

## RESUMO

As resinas compostas vêm cada vez mais ocupando lugar de destaque na Odontologia Restauradora. Novas técnicas são frequentemente introduzidas, o que faz com que pesquisas sejam desenvolvidas para verificar a eficiência restauradora. Para obter o sucesso clínico e a longevidade das restaurações de resina composta, é essencial a polimerização efetiva do material, incluindo a exposição à luz em sua superfície, desde que o comprimento de onda esteja dentro do espectro de 450 a 480 nm para a ativação da canforoquinona. As resinas compostas passaram por diversas fases de diferenciação de seus componentes, a fim de controlar as reações indesejáveis, como a contração de polimerização, sorção de água, rugosidades superficiais e adaptação marginal, até chegar aos componentes nanoparticulados, com melhores propriedades químicas, físicas e mecânicas. Surgiu uma proposta promissora com as resinas bulk fill, que proporciona ao cirurgião-dentista um menor tempo de trabalho clínico e menor estresse de contração e polimerização. O objetivo deste trabalho foi discutir, por meio de revisão de literatura, as principais propriedades da resina bulk fill, levando em consideração aspectos relacionados principalmente às características do material, diferentes tipos de polimerização e aspectos como microdureza, sorção e solubilidade. A revisão de literatura foi baseada em artigos publicados entre 1983 e 2023. Foram utilizadas bases de dados como PUBMED, Google Scholar, LILACS, SCIELO, além de outras plataformas de referência básicas, como livros, revistas e artigos.

**Palavras-Chave:** Microdureza; Bulk Fill; grau de conversão.

## ABSTRACT

Composite resins are increasingly occupying a prominent place in Restorative Dentistry. New techniques are frequently introduced, which leads to research being developed to verify restorative efficiency. To achieve clinical success and longevity of composite resin restorations, effective polymerization of the material is essential, including exposure to light on its surface, as long as the wavelength is within the spectrum of 450 to 480 nm for the activation of camphorquinone. Composite resins went through several phases of differentiation of their components, in order to control undesirable reactions, such as polymerization contraction, water sorption, surface roughness and marginal adaptation, until arriving at nanoparticle components, with better chemical, physical and mechanics. A promising proposal has emerged with bulk fill resins, which provide the dentist with less clinical work time and less contraction and polymerization stress. The objective of this work was to discuss, through a literature review, the main properties of bulk fill resin, taking into account aspects mainly related to the characteristics of the material, different types of polymerization and aspects such as microhardness, sorption and solubility. The literature review was based on articles published between 1983 and 2023. Databases such as PUBMED, Google Scholar, LILACS, SCIELO were used, in addition to other basic reference platforms, such as books, magazines and articles.

**Keywords:** Microhardness; Bulk Fill; degree of conversion

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>13</b>
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>7 BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a Odontologia passou por diversas modificações e, atualmente, a realização de tratamentos conservadores e estéticos vem crescendo no âmbito odontológico. Atualmente, as resinas compostas vêm sendo cada vez mais utilizadas na odontologia, devido à sua excelente estética e funcionalidade, além das qualidades físicas e mecânicas. Elas podem ser utilizadas em diversas situações clínicas, seja restauração, forramento ou cimentação (ALZRAIKAT *et al.* 2018; LIMA *et al.* 2023).

Entretanto, alguns problemas como desgaste, contração de polimerização e microinfiltração marginal ainda permanecem e continuam desafiando e preocupando demasiadamente os pesquisadores da área. A grande maioria desses problemas está diretamente relacionada à polimerização inadequada das resinas compostas (SUH, 1999).

Na Odontologia adesiva, não podemos tratar separadamente as resinas compostas, os sistemas adesivos e os aparelhos para fotoativação. Os aparelhos e técnicas para fotoativação são partes integradas desse conceito, uma vez que o desempenho desses materiais vai depender diretamente de uma adequada polimerização (DUNN; BUSH, 2002). Assim, nesse momento, faz-se importante o conhecimento sobre a dinâmica da fotoativação e reação de polimerização desses materiais, bem como os fatores envolvidos e os reflexos sobre suas propriedades mecânicas, químicas e biológicas. O processo de cura das resinas fotopolimerizáveis ou fotoativadas dependem da exposição de luz na sua superfície e, é importante que o comprimento de onda da luz esteja dentro do espectro 450 a 480 nanômetros (nm) para a ativação da canforoquinona, que é o iniciador da reação de polimerização. Essa reação acontece quando os monômeros são convertidos em polímeros, o que leva à redução dos espaços moleculares e, conseqüentemente, à contração do compósito. Sendo assim, somente quando a canforoquinona encontrar-se em estado de excitação ou tríplice, poderá reagir com o agente redutor (Amina-N), também presente na composição das resinas compostas, formando radicais livres os quais iniciarão e promoverão uma polimerização adequada. Portanto, uma polimerização efetiva é essencial para o sucesso das restaurações e ativação das propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas (BLANKENAU *et al.*, 1983; CAUGHMAN, RUEGGERBERG, 1995; LEE *et*

*al.*, 1998; RUEGGEBERG *et al.* 2017). Porém, o processo de polimerização apenas ocorre em locais onde há incidência de luz apresentando espectro situado na faixa de 450 a 500 nm (nanômetros).

De acordo com Fan *et al.* (1987), Nomoto (1997) e Pradhan *et al.* (2002), o espectro de absorção da canforoquinona encontra-se no intervalo de 400 a 500 nm, sendo que a região mais adequada situa-se entre 450-490 nm e o espectro mais eficiente para a ativação da reação de polimerização, situa-se no intervalo restrito de 468 a 470 nm, onde se encontra o pico máximo de absorção da canforoquinona. Quando esta é excitada, uma reação em cadeia se estabelece com a formação de cadeias poliméricas, conferindo às resinas compostas as características mecânicas desejáveis para suas aplicações clínicas.

As propriedades mecânicas e físicas das resinas compostas são fortemente influenciadas pelo grau de polimerização, o qual depende do tipo de fonte de luz que está sendo utilizada, da intensidade de luz ou densidade de energia emitida pelo aparelho de fotoativação, do espectro ou comprimento de onda, do tempo de exposição à luz, e ainda de fatores inerentes à própria composição das resinas compostas, como por exemplo, a cor, tipo e tamanho das partículas inorgânicas, tipo e quantidade de fotoiniciador (YEARN, 1985; ATMADJA, 1990; FRANCO *et al.*, 1991 CAUGHMAN, 1995; PEREIRA, 1995; CHRISTENSEN, 1999; KURACHI, 2000; FIGUEIREDO, 2003; RUEGGEBERG, 2011).

Atualmente, os profissionais da Odontologia vêm se defrontando com novas alternativas de aparelhos fotoativadores os quais utilizam: diferentes fontes de luz para promover a reação de polimerização, variação na faixa do espectro ou comprimento de onda, diferentes valores de intensidade de luz ou densidade de energia, diferentes potências, além de utilizarem menores tempos de exposição. Entretanto, todas essas alterações nos trazem uma preocupação muito grande no que diz respeito à qualidade e à eficiência dessas novas alternativas de aparelhos fotoativadores.

Os aparelhos, que utilizam como fonte de luz uma lâmpada halógena, tinham sido os mais tradicionalmente utilizados para ativar a reação de polimerização das resinas compostas. A fonte de luz halógena apresenta basicamente na sua estrutura uma lâmpada com filamento de tungstênio no interior de um bulbo com gás inerte e flúor, além de apresentar um filtro. O filtro permite a emissão na faixa de luz azul, geralmente com potência média variando de 200 a 400

mW. Porém, ondas eletromagnéticas também são emitidas no infra-vermelho, já que se trata de uma luz branca.

Para iniciar a fotopolimerização dos compósitos, o uso de fotopolimerizadores de alta e baixa intensidade tem sido utilizados. Esses aparelhos podem ser classificados de acordo com o tipo de luz emitida e da amplitude do espectro de emissão de luz, sendo eles de amplo e pequeno espectro. Atualmente, os equipamentos mais utilizados são os convencionais (lâmpada halógena) e os diodos emissores de luz (light emitting 2 diode –LED) (TORRES, 2013).

Assim, podemos dizer que uma verdadeira revolução ocorreu com relação às fontes de luz mais adequadas para fotoativar a reação de polimerização, principalmente quando os aparelhos à base de LEDs foram introduzidos para essa finalidade.

A tecnologia LEDs utilizada como fonte de luz ativadora da reação de polimerização das resinas compostas foi proposta no ano de 1995 e desde então, vem sofrendo alterações em seus parâmetros, com a finalidade de proporcionar uma polimerização mais adequada (MILLS; JANDT; ASHWORTH, 1999).

Vários trabalhos na literatura têm demonstrado a eficiência dos aparelhos de fotoativação à base de LEDs com reais vantagens sobre os aparelhos fotoativadores que utilizam como fonte de luz uma lâmpada de quartzo-tungstênio, ou seja, halógena. (FUJIBAYASHI, 1998; TARLE, 1998; KURACHI; LIZAREL; BAGNATO, 1999; JANDT *et al.*, 2000; KNEZEVIC *et al.*, 2001).

A fonte de luz à base de LEDs apresenta espectro de emissão estreito, variando de 460 a 488 nm com pico máximo de emissão em 470 nm, quase coincidindo com o pico máximo de absorção da canforoquinona. Esse fator parece compensar os menores valores de intensidade de luz emitidas por aparelhos LEDs (FUJIBAYASHI, 1998; JANDT, 2000). Ainda como vantagens, os aparelhos LEDs trabalhando com menores valores de intensidade de luz e com espectro de emissão mais estreito, provocam menor aumento de temperatura das estruturas dentais e das resinas compostas, quando comparado com os aparelhos que utilizam uma lâmpada halógena como fonte de luz (TARLE, 1998; JANDT, 2002). Porém, atualmente já existem disponíveis no mercado odontológico aparelhos LEDs que trabalham com valores de intensidades de luz mais altas, variando de 300 até 1000 mW/cm<sup>2</sup>. Com isto o surgimento dos aparelhos de segunda e terceira geração, o que melhorou a potência dos LEDs os quais a emissão nos de segunda geração permaneceram as

mesmas entre 450 e 490nm que é ideal para canforoquinona (CQ), que tem como pico de absorção 468nm (PRICE, 2000). O que para os de terceira geração os que possuem além da luz azul, a violeta, que emite um comprimento de onda abaixo de 420nm para atingir fotoiniciadores diferentes da canforoquinona (RASTELLI, 2004).

Assim, o desenvolvimento de pesquisas com a finalidade de avaliar o desempenho dos aparelhos LEDs, no processo de fotoativação das resinas compostas, torna-se necessário.

Um dos métodos mais utilizados para verificar o grau de polimerização de uma resina composta é o teste de microdureza, que indica a resistência sob carga de compressão. Existem diferentes tipos de testes para a avaliação da dureza da resina, no entanto, o teste Vickers é o mais indicado devido sua maior estabilidade. Segundo esse teste, um valor de dureza alto está diretamente ligado ao êxito da restauração, visto que possui maior resistência ao desgaste, estabelecendo uma relação ente dureza e desgaste (DIAS *et al.*, 2020). Além de verificarmos a interferência de diferentes fontes de luz no processo de polimerização das resinas compostas, importante se faz verificar a interferência de fatores relacionados ao material, principalmente quanto a espessura de camada de resina e o tempo de fotoativação de cada camada, o que pode estar relacionado um menor grau de polimerização desses materiais (CHAN; BOYER, 1985; GHENG; GARONE, 1988; SILVA; TEBECHRANI; MATSON, 1999; PRICE; MURPHY; DÉRAND, 2000; RASTELLI *et al.*, 2004). A fotoativação das resinas compostas em grandes espessuras, promove uma redução na profundidade de polimerização, bem como nos valores de microdureza desses materiais. O maior ou menor grau de polimerização depende diretamente da espessura da resina presente no momento da fotoativação (CHAN; BOYER, 1985; GHENG; GARONE, 1988; SILVA; TEBECHRANI; MATSON, 1999; PRICE; MURPHY; DÉRAND, 2000; RASTELLI *et al.*, 2004). Entretanto foi introduzido no mercado as resinas Bulk Fill, que sua aplicação na clínica tem facilitado o seu emprego devido a sua aplicação ser efetuada em uma única camada de até 4mm, o que tem facilitado sua aplicação clínica e devido as suas propriedades a contração de polimerização controlada. O bom resultado para conseguir esta profundidade de polimerização foi a modificação da translucidez e opacidade das resinas Bulk Fill e diminuição das partículas inorgânicas o que facilita a penetração de luz (ILIE; BUCUTA; DRAENERT, 2013; SIAGIAN; DENIS; IKHSAN; ABIDIN, 2020)

E em trabalhos de Siagiann *et al.*, 2020 verificaram que ocorre diferenças na microdureza e grau de conversão de resinas Bulk Fill quando utilizaram aparelhos de segunda e terceira geração.

Melo *et al.*, 2019 utilizaram resinas na técnica incremental e Bulk Fill e verificaram que não ocorreram diferenças entre sorção e solubilidade na técnica incremental, mas quando utilizaram resinas Bulk Fill apresentaram menor solubilidade da resina, e a Filtek Bulk Fill apresentou maior microdureza na base. Os compósitos apresentaram boas propriedades físicas, mas os bulk fill apresentaram melhores resultados para a microdureza de fundo e solubilidade, embora os elementos químicos e a morfologia tenham sido semelhantes em geral. Além disso, resinas tipo microhíbrida apresentam valores de dureza maiores quando comparada a nanoparticuladas, bulk fill e nano híbrida (DIAS *et al.*, 2020).

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo, revisar a literatura sobre a influência do tipo de polimerização na espessura de camada da resina composta através de dispositivo LEDs de terceira geração e resina autopolimerizável em relação a sorção e solubilidade por meio de testes de dureza.

Objetivos específicos:

- Verificar a capacidade de polimerização dos aparelhos fotoativadores através das camadas da resina composta;
- Analisar a relação entre a capacidade de polimerização, espessura de resina e dureza do material após a fotoativação e auto polimerização;
- Verificar a sorção e solubilidade da resina Bulk Fill em relação aos aparelhos e reação autopolimerizável em relação a espessura.

### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada por meio de uma revisão de literatura, na qual resultados relevantes foram coletados sobre o tema proposto: Grau de conversão de resina composta bulk fill, com diferentes tipos de polimerização em relação a microdureza, sorção e solubilidade.

Para essa revisão de literatura foram realizadas pesquisas de dados National Library of Medicine (PUBMED), Google Scholar, Literatura Latino-Americana e do Caribe (LILACS), Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e outras plataformas de referências básicas como livros, revistas e artigos. Utilizando como meio de busca as palavras chave “Microdureza”, “Bulk Fill”, “Grau de conversão”, “Resin Composite”, “Microhardness”, no período de 1983 e 2023. Dentre os artigos disponíveis para consulta na íntegra, foram selecionados aqueles que abordam temas relacionados à capacidade de fotoativação dos aparelhos fotoativadores, sorção e solubilidade da resina bulk fill, espessura e dureza do material após fotoativação e autopolimerização.

#### 4 REVISÃO DE LITERATURA

As propriedades mecânicas e físicas das resinas compostas são fortemente influenciadas pelo grau de polimerização, o qual depende do tipo de fonte de luz que está sendo utilizada, da intensidade de luz ou densidade de energia emitida pelo aparelho, do espectro ou do comprimento de onda, tempo de exposição e dos fatores ligados à própria composição da resina composta, como, por exemplo, tipo e tamanho das partículas inorgânicas, o tipo e quantidade de fotoiniciador, a cor (BLANKENAU *et al.* 1983).

Garone Netto e Gheng, 1988, compararam a eficiência de polimerização da fotoativação de quatro resinas compostas (Durafill, Fotofil, Heliosit e Visiodispers) combinadas com quatro aparelhos de luz visível (Translux, Heliomat, Elipar e Visar), além de um sistema e uma resina de luz UV (Nuva Light). Os corpos de prova foram confeccionados utilizando-se matrizes cilíndricas de latão com espessuras de 1,2 e 3mm, sendo polimerizadas por 20, 40 e 60 segundos. Para avaliar a capacidade de polimerização através da estrutura dental, 50% dos corpos de prova foram polimerizados interpondo-se um fragmento de esmalte humano de 1mm de espessura entre as fontes de luz e a superfície das resinas compostas. Constataram que as resinas compostas ativadas por luz visível têm diferentes capacidades de serem fotoativadas; as unidades fotoativadoras têm diferentes capacidades de fotopolimerização; em ambos os aparelhos de ativação por luz visível e por luz UV, quanto maior a espessura da resina, menor a eficiência de polimerização, principalmente quando a espessura passou de 2 mm; o sistema de luz visível tem capacidade de fotopolimerizar com maior eficiência que o sistema de luz UV; em ambos os sistemas de luz quanto maior o tempo de exposição, maior a profundidade de polimerização; o sistema de luz visível tem a capacidade de polimerizar em menor tempo de exposição que o sistema de luz UV; e o sistema de luz UV não consegue polimerizar resinas compostas através do esmalte, pois essa capacidade é diminuída consideravelmente pela interposição do esmalte.

Em um estudo feito com a finalidade de avaliar *in vitro* a profundidade de polimerização e microdureza de sete resinas compostas fotopolimerizáveis (Durafill, Estilux Posterior, P-30, Herculite, Prisma-Fill, Silux, Ful-Fil) com e sem a interferência do esmalte dental, foram confeccionados corpos de prova em moldes cilíndricos de teflon, com 12mm de profundidade e 6mm de diâmetro, apoiados em uma lâmina de

vidro e preenchidos com as resinas compostas. Após o preenchimento, foram colocadas lâmina de vidro no topo dos anéis de teflon. Os aparelhos fotopolimerizadores (Translux, Fibrilux e Lalux) foram acionados por 20 e 40 segundos. Esses procedimentos também foram realizados com a interposição de uma faceta de esmalte com espessura de 1,6mm. A profundidade de polimerização foi avaliada medindo-se a espessura dos cilindros de resina com um paquímetro e por meio do aparelho Wolpert, que determina a microdureza Rockwell, realizando duas leituras, uma na superfície voltada para a fonte de luz (dureza 1) e outra na superfície oposta à fonte de luz (dureza 2). Pelos resultados obtidos os autores concluíram que:

- A profundidade de polimerização das diferentes resinas compostas, de forma geral, superou os valores especificados pelos fabricantes, quando fotoativadas pelos diferentes aparelhos;
- Com relação aos aparelhos fotopolimerizáveis, houve variação na profundidade de polimerização entre as resinas compostas, apresentando superioridade do Lalux, seguido pelo Fibrilux e Translux;
- Houve diferença estaticamente significativa com relação à microdureza 1, nas diferentes condições experimentais, com e sem faceta de esmalte;
- O valor de microdureza para as diferentes resinas utilizadas, foi de forma geral maior, quando se utilizou o aparelho Lalux (decrecendo o valor de microdureza para os aparelhos Fibrilux e o Translux (FRANCO, 1991).

A polimerização é um fator crucial para o desempenho ideal desses materiais. Para a obtenção de uma polimerização adequada das resinas compostas, a energia total e sua densidade devem ser iguais a  $161/\text{cm}^2$ . Considerando que os aparelhos podem ter as seguintes potenciais médias:  $400 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ,  $800 \text{ mW}/\text{cm}^2$  e  $1600 \text{ mW}/\text{cm}^2$ , será necessário um tempo de exposição igual a 40 segundos, 20 segundos e 10 segundos, respectivamente. (CAUGHMAN et al. 1995).

Nos últimos anos, a estética tem sido amplamente abordada na Odontologia, à medida que a população tem despertado sua preocupação com a saúde e com a beleza. Com isso, as resinas compostas tornaram-se o material eleito para restaurações diretas e indiretas, em dentes anteriores e posteriores, devido às suas propriedades estéticas, clínicas, físicas e mecânicas (BUSATO, et al. 1997).

Desde que se começaram os estudos sobre as resinas compostas, efeitos adversos foram previstos em sua polimerização. Para responder a essas questões, seis materiais restauradores de resina diferentes foram polimerizados com 14 luzes de

polimerização de resina diferentes, representando diferenças em intensidades variando de 400 mW/cm<sup>2</sup> a 1.900 mW/cm<sup>2</sup>; modos de entrega usando métodos constantes, em rampa e escalonados; tempos de cura variando de 1 segundo a 40 segundos; e tamanhos de ponto de 6,7 mm a 10,9 mm. Foram utilizados dois lasers, cinco luzes de arco de plasma e sete luzes halógenas. Encolhimento, módulo, geração de calor, deformação e alterações físicas nos dentes e resinas durante o teste de deformação foram documentados. Os resultados mostraram que os efeitos associados às luzes não foram estatisticamente significativos, mas a formulação da resina foi altamente significativa. As resinas Microfill tiveram a menor contração e o menor módulo. Uma resina autopolimerizável apresentou encolhimento e módulo tão altos ou superiores aos das resinas híbridas fotopolimerizáveis. Os lasers e as luzes de arco de plasma produziram os maiores aumentos de calor na superfície (até 21 graus Celsius) e dentro das restaurações de resina (até 14 graus Celsius), e as luzes halógenas produziram a maior parte do calor dentro da câmara pulpar (até 2 graus Celsius). A tensão dentro do dente foi menor com Heliomolar e maior com Z100 Restorative e resina autocura BISFIL II. Os efeitos clínicos do alívio de tensão foram evidentes como linhas brancas na interface dente-resina e rachaduras no esmalte adjacente às margens. Este trabalho implica a formulação da resina, em vez do tipo de luz ou modo de cura, como o fator importante nos problemas de polimerização. A menor intensidade de luz e o uso de modos de cura em rampa e escalonados não proporcionaram redução significativa de contração, módulo ou deformação, e não evitaram rachaduras no esmalte adjacente às margens e formação de defeitos de “linha branca” nas margens. Até que materiais com menor contração e módulo estejam disponíveis, sugere-se o uso de selantes de superfície de baixa viscosidade como etapa final na colocação da resina para selar defeitos (CHRISTENSEN, 1999).

Os compósitos resinosos são compostos por uma matriz polimérica, partículas de carga e um agente de acoplamento de silano que liga a matriz às cargas. Em razão de sua composição, a base de polímeros, podem sofrer degradação quando aplicados no ambiente bucal, podendo haver diminuição de propriedades como dureza, resistência à flexão e módulo de elasticidade. A grande maioria dos materiais odontológicos fotoativados disponíveis no mercado possui canforoquinona como componente iniciador de reação de polimerização. Para ser ativada, o comprimento de onda da luz deve estar dentro de uma faixa que vai de 375 a 500 nm, sendo que o

pico de ativação ocorre em torno de 470 nm, correspondente ao espectro de luz azul (ALMEIDA *et al.*, 2010).

As propriedades físicas e mecânicas podem ser afetadas por fatores relacionados ao processo de cura. Os aparelhos LED têm dominado o mercado por diversas razões: eliminam a necessidade de filtros, pesam menos e são menores. Além disso, oferecem uma densidade de energia radiante mais consistente, geram pouco calor e têm alta durabilidade (RUEGGEBERG, 2011).

As resinas compostas bulk fill foram introduzidas no mercado com o objetivo de atenuar as dificuldades apresentadas pelas resinas convencionais. Este termo é usado pelos fabricantes para fazer referência a resinas compostas que podem ser usadas em incrementos de 4 ou 5 mm, por meio de um único incremento, apresentando menor contração de polimerização, o que resulta em uma menor tensão de contração (CORRAL *et al.*, 2015).

Os LEDs são classificados em primeira, segunda e terceira geração. Os novos aparelhos de alta potência (100 mW/cm<sup>2</sup>), chamados de segunda geração, que possuem um comprimento de onda de aproximadamente 470 nm, exibem resultados melhores em relação à quantidade da polimerização, mantendo as propriedades físicas da resina, observadas durante a polimerização com luz halógena, que sugere menor tempo de exposição. A terceira geração dos aparelhos de LED tem vantagens sobre suas gerações anteriores e outras fontes de luz, além de alcançar tempos de polimerização mais curtos e sem consequências adversas. A polimerização de materiais odontológicos utilizando luz facilitou a prática clínica e se espalhou pelo mundo. Hoje é difícil imaginar um consultório que não possua um aparelho fotoativador (PRICE, 2017).

As resinas bulk fill são translúcidas, o que permite que a luz penetre mais profundamente na resina, levando a uma polimerização maior dos monômeros (VICENZI; BENNETI, 2018).

A dureza das resinas compostas pode ser definida como a capacidade de resistência ao desgaste e a habilidade de manter a estabilidade da forma do material, além de prever sua capacidade de abrasão. O valor da dureza do material está diretamente associado à durabilidade da restauração, pois proporciona maior resistência ao desgaste, estabelecendo uma correlação direta entre dureza e desgaste. Existem diferentes tipos de testes para avaliação da dureza da resina; no entanto, o teste Vickers é o mais indicado devido à sua maior estabilidade. Segundo

esse teste, um valor de dureza alto está diretamente ligado ao êxito da restauração, visto que possui maior resistência ao desgaste, estabelecendo uma relação entre dureza e desgaste (DIAS *et al.*, 2020).

Felipe *et al.*, 2020 realizaram uma pesquisa com o objetivo de avaliar a profundidade de cura de resinas compostas convencionais (Filtek Z350 e Esthet-X HD) e bulk fill (Filtek bulk fill flow e SDR) utilizando diferentes métodos de fotoativação. As amostras foram confeccionadas utilizando cinco matrizes em formato de disco (1 mm de altura e 8 mm de diâmetro central) com tiras de poliéster interpostas. As amostras foram fotoativadas usando diferentes métodos, luz contínua de alta irradiância (LCA), luz contínua de baixa irradiância (LCB) e soft-start (SS), mantendo exposição radiante de 24 J/cm<sup>2</sup>. Após 24h, foi realizado o teste de microdureza Knoop em 5 profundidades (superfície, 1 mm, 2 mm, 3 mm e 4 mm). A microdureza Knoop foi analisada por ANOVA two-way e teste de Tukey (5%). As resinas convencionais apresentaram os maiores resultados até 2 mm de profundidade, com exceção da Esthet-X fotoativada por LCB, que apresentou dureza Knoop significativamente menor a partir de 2 mm de profundidade. As resinas Bulk Fill, fotoativadas com LCA e SS tiveram os maiores resultados na profundidade de 4 mm. Os métodos de fotoativação LCA e SS produzem fotoativação adequada em compósitos convencionais de até 2 mm e bulk fill até 4 mm de profundidade e os compósitos bulk fill apresentam maior profundidade de polimerização que os compósitos convencionais.

As resinas bulk fill apresentam-se em diferentes viscosidades em relação à composição da matriz orgânica e inorgânica, sendo de alta viscosidade, também denominada de restauradora ou esculpível; e de baixa viscosidade, também denominada de fluida ou flow. A resina bulk fill pode ser usada em diferentes técnicas restauradoras: técnica de dois passos, resina bulk fill de baixa viscosidade como base e resina convencional como cobertura; dois passos adaptada, bulk fill de baixa viscosidade como base e bulk fill de alta viscosidade como cobertura; técnica de passo único, que utiliza apenas resina bulk fill de alta viscosidade (SEBOLD *et al.*, 2020).

Garrofe *et al.*, 2022, realizaram um estudo, no qual, determinou a microdureza Vickers (HV) em resinas bulk-fill em diferentes profundidades. A pesquisa foi conduzida em tubos de ensaio semicilíndricos com diâmetro de 6mm e profundidade de 4mm. Foram utilizadas quatro marcas de resina do tipo bulk-fill (Filtek bulk-fill,

Surefill SDR flow, Preencha-UP e Surefill). Os compósitos foram polimerizados com o aparelho Coltolux LED (Coltene) a 1000 mW/cm<sup>2</sup> durante 20 segundos. Um marcador indelével extrafino foi usado para desenhar uma marca vertical em cada corpo de prova, dividindo-o ao meio e separando os recortes feitos imediatamente após a fotopolimerização (t<sub>0</sub>) em um lado daqueles feitos às 24 horas (t<sub>24</sub>), a dureza foi medida com por um testador de microdureza Vickers Future Tech FM300, indentado com 300g por 8 segundos em profundidade de 1,2,3 e 4mm. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de Tukey. A análise de variância apresentou um efeito significativo da interação profundidade e tempo-profundidade. Os autores concluíram que a microdureza na área mais distante (fundo), diferiu-se significativamente da dureza no topo, nos corpos de prova com 4 ou 5mm de espessura.

Lima *et al.*, 2023 realizaram uma pesquisa *in vitro* com três fatores de estudo, sistema restaurador em três níveis, resina composta nanoparticulada (Filtek™ Z350 XT 3M ESPE) (incrementos oblíquos de 2mm e fotopolimerizadas por 20 segundos); resina bulk fill de baixa viscosidade (Filtek™ Bulk fill Flow, 3M ESPE) (incremento de 3mm, fotopolimerizadas por 40 segundos, mais 1mm de resina nanoparticulada, fotopolimerizadas por 20 segundos); resina bulk fill de alta viscosidade (Filtek™ Bulk fill, 3M ESPE) (único incremento de 4mm, fotopolimerizadas por 40 segundos); termociclagem (presente ou ausente); local interno de medição de microdureza (base e topo). As unidades experimentais foram compostas por cavidades classe I, distribuídas aleatoriamente entre os três grupos experimentais. A variável resposta quantitativa foi a microdureza Knoop (KNH). Foram preparadas trinta cavidades classe I com distância mesiodistal de 3,0 mm, distância vestibulo-lingual de 3,0 mm e profundidade de 4,0 mm. Os dentes receberam a aplicação de um sistema adesivo e foram divididos aleatoriamente em três grupos de acordo com o sistema restaurador e a técnica de obturação. Para avaliar a microdureza interna antes da termociclagem, 15 amostras, cinco de cada resina composta (n = 5), foram cortadas transversalmente através de seus centros no sentido vestibulo-lingual utilizando um disco diamantado de alta concentração com refrigeração a água. As amostras foram fixadas em tubos de PVC com compósito e posteriormente polidas em lixadeira metalográfica com lixas de diferentes granulações e feltros. A sequência de polimento foi realizada da seguinte forma: utilização de lixa 600 sob irrigação com água por 2min, Utilização de lixa 1200 sob irrigação com água por 10min. Para utilização dos feltros, as amostras foram impregnadas com pastas de alumina de alta viscosidade que apresentavam

granulometria de 1,0; 0,3 e 0,05  $\mu\text{m}$ . Uma máquina de teste de microdureza (HMV) foi utilizada aplicando uma carga estática de 0,49N por 10s em cada local de medição. A distância entre a base do compósito e a primeira medição do Knoop foi de 500 $\mu\text{m}$  e entre a base e o topo 2000 $\mu\text{m}$ , com 200 $\mu\text{m}$  entre os recortes feitos no topo e na base. A análise de variância de três fatores indicou que a interação tripla entre o tipo de resina composta/técnica, termociclagem e local de medição foi estatisticamente significativo ( $p < 0,01$ ). Para interpretar essa interação, a decomposição por tipo de resina composta foi realizada aplicando-se a análise de variância bidirecional para repetições. Para a resina composta nanoparticulada, a análise de variância bidirecional mostrou que os valores de microdureza Knoop foram significativamente afetados pela interação entre a termociclagem e o local de medição ( $p = 0,040$ ). Antes da termociclagem, a microdureza da resina composta nanoparticulada era significativamente menor no topo, enquanto após a termociclagem não houve diferença nos valores de microdureza medidos no topo e na base da restauração. Tanto na parte superior quanto na inferior, a termociclagem aumentou significativamente a microdureza da resina composta nanoparticulada. Já para a resina composta bulk fill de baixa viscosidade, antes da termociclagem não foi encontrada diferença significativa nos valores de microdureza medidos no topo e na base da restauração. Após a termociclagem, foram encontrados valores significativamente maiores de microdureza no topo. Seja no topo ou na base, os valores de microdureza aumentaram significativamente com a termociclagem.

## 5 DISCUSSÃO

As resinas compostas são frequentemente utilizadas nos consultórios odontológicos, pois suas características apresentam grande segurança para os pacientes e representam uma das melhores opções disponíveis. No entanto, sua degradação é um mecanismo complexo que envolve sorção de água no interior do material e outros fenômenos. Foi concluído que enxaguatórios bucais, que muitas vezes apresentam alto teor alcoólico e baixo pH, podem contribuir para esse processo de degradação e, conseqüentemente, para a redução das propriedades mecânicas da restauração (ALMEIDA *et al.*, 2010)

Para que uma restauração com materiais resinosos apresente uma boa longevidade, é necessária uma adequada polimerização, que apresente intensidade de luz adequada, comprimento de onda e tempo de exposição. Se essa polimerização for deficiente, prejudicará as propriedades mecânicas do material, como estabilidade de cor, selamento marginal e biocompatibilidade. Além disso, poderá causar uma diminuição da resistência ao desgaste, ou seja, a microdureza do material (BLANKENAU *et al.*, 1983; FAN *et al.*, 1987)

As resinas bulk fill apresentam propriedades mecânicas adequadas, menor grau de contração e baixo grau de contração volumétrica. Além disso, são compósitos que podem ser fotoativados perfeitamente em camadas espessas (até 4mm). No entanto, suas propriedades mecânicas continuam inferiores às resinas convencionais nano e micro-particuladas (CORRAL *et al.*, 2015; VICENZI; BENNETI, 2018). É importante ressaltar que o bom desempenho das resinas compostas bulk fill está diretamente relacionado à viscosidade desses materiais (SEBOLD *et al.*, 2020).

A capacidade de polimerização dos monômeros ocorre pela quebra das duplas ligações de carbono, transformando moléculas monoméricas em redes poliméricas. Esta contração de polimerização está diretamente relacionada com o tipo de resina composta utilizada, com a quantidade de material inserido na cavidade, com o tamanho e natureza dos monômeros, com o módulo de elasticidade, o tipo e a técnica de fotopolimerização, pelo fator de configuração cavitário (fator C) e pela potência do aparelho, que irá influenciar no tempo de exposição (CAUGHMAN *et al.*, 1995; RUEGGERBERG *et al.*, 2011).

Para evitar complicações quanto à contração de polimerização, as resinas compostas são inseridas nas cavidades em pequenos incrementos de até 2 mm de

espessura, buscando diminuir a contração de polimerização. Outra opção é utilizar as resinas bulk-fill, que podem ter incrementos maiores, de 4 ou 5 mm, em sua técnica. A praticidade durante a realização de procedimentos clínicos restauradores é um fato importante e deve ser norteadada pelo conhecimento de várias propriedades do material. As diversas propriedades inerentes às resinas bulk fill, usadas em incremento único, também têm sido extensamente avaliadas, em estudos comparativos com as resinas convencionais, usadas na técnica incremental. Essas propriedades relacionam-se a características mecânicas de resistência, dureza, adesividade à estrutura dental, radiopacidade ópticas, estabilidade de cor, rugosidade e de degradação do material às condições da cavidade oral (VICENZI; BENETTI, 2018).

A luz halógena, também chamada de convencional, foi utilizada durante muito tempo. Esta luz diminuiu os danos à saúde causados pela luz ultravioleta, utilizada anteriormente, e representou um progresso no alcance de profundidade de polimerização, podendo inclusive ultrapassar os tecidos dentais. Possui baixo custo; no entanto, ela tem baixa eficiência e apresenta várias desvantagens. Os LEDs foram introduzidos com a alegação de que elas podem diminuir significativamente o tempo de cura sem uma redução concomitante nas propriedades mecânicas e no desempenho dos materiais curados. (BUSATO, 1997; PRINCE, 2017).

Recentemente, a tecnologia mais utilizada são os aparelhos de luz LED. Os primeiros aparelhos lançados no mercado odontológico apresentavam luz fria e estreito comprimento de onda (468 nm), que coincide com a canforoquinona, fotoiniciador mais utilizado. Idealmente, os equipamentos de fotoativação deveriam oferecer um feixe de luz colimado com redução mínima da irradiância em distâncias clinicamente relevantes (até 8 mm do topo). Os fabricantes de resinas compostas convencionais tendem a maximizar o teor de carga para obter as melhores propriedades mecânicas e, ao mesmo tempo, minimizar o tamanho da carga para melhorar a estética. As resinas compostas bulk fill contêm menor quantidade de cargas com tamanho elevado proporcionando maior translucidez das resinas compostas bulk fill (DIAS *et al.*, 2020; GHENG; GARONE NETO, 1988).

Foi verificada a diminuição dos valores médios de microdureza à medida que aumentavam as espessuras das estruturas dentais. Quanto maior a espessura da estrutura dental, maior será a dificuldade de polimerização. Esses achados estão de acordo com os relatos encontrados na literatura, onde os valores médios de

microdureza mostram-se inversamente proporcionais à espessura da resina composta, bem como à distância da fonte de luz ao material restaurador. A profundidade de polimerização varia em função das diferentes resinas compostas, sendo que as de partículas intermediárias apresentam maior profundidade. Quando há interposição do esmalte dental, ocorre uma redução na profundidade de polimerização em torno de 42% e redução no valor de microdureza, de aproximadamente 16%, para as resinas utilizadas (FRANCO, 1991).

As resinas bulk fill apresentaram valores de microdureza inferiores às de consistência regular, concordando com estudo realizados por outros autores. Também é importante considerar o fator pós-cura, uma vez que os valores de microdureza medidos imediatamente após a cura dos compósitos diferiram significativamente daqueles medidos 24 horas depois. A microdureza da resina composta também é afetada pela espessura da camada, concluindo-se que a dureza da resina na base diferiu significativamente da dureza no topo, ou seja, a dureza diminui com o aumento da profundidade, embora a diminuição seja menos em compósitos bulk-fill (GARROFE *et al.*, 2022).

Outra pesquisa relata que o aumento da espessura das resinas compostas convencionais promove melhor absorção e espalhamento da luz de polimerização e menor penetração da luz dentro das camadas do material polimerizado. O maior grau de conversão e microdureza na superfície superior (baixa espessura – de 0 a 2 mm) do que na superfície inferior (alta espessura – 3 e 4 mm) pode ser explicado pelo maior número de fótons na superfície superior. A densidade pode diminuir gradualmente em cada espessura com uma diminuição gradual semelhante no índice de refração. Portanto, a exposição radiante à luz de polimerização é reduzida com o aumento da espessura. Para restaurações de resinas compostas com espessura >2 mm, a técnica de estratificação incremental é considerada padrão-ouro para restaurações com resinas compostas convencionais. As resinas compostas bulk fill podem ser polimerizadas usando incrementos de até 4 mm para criar uma menor tensão de contração de polimerização. Isso pode ser explicado pela maior transmissão de luz através da espessura de preenchimento translúcido do que as resinas compostas convencionais. Resinas compostas bulk fill apresentam, em geral, uma transmitância de luz ligeiramente superior às resinas compostas convencionais. Além disso, a composição do monômero e o conteúdo da carga influenciam a viscosidade e são parâmetros importantes relacionados à cinética da

reação e ao grau de conversão, pois também afetam a mobilidade da polimerização. Ambas as resinas compostas bulk fill testadas no presente estudo são materiais de fluxo em comparação com compósitos convencionais. Possuem monômeros modificados e diferentes quantidades/tamanho de partículas de carga. Assim, as resinas à base de bisEMA contendo monômeros de uretano apresentam maiores valores de dureza e grau de conversão em comparação às resinas compostas convencionais. Além disso, as resinas compostas bulk fill apresentam maiores propriedades de transmissão de luz devido à redução do espalhamento de luz na interface carga-matriz.

Altas irradiâncias luminosas imobilizam o sistema aumentando rapidamente a viscosidade, mas também geram um excesso temporário de volume livre melhorando a mobilidade dos monômeros. Essa mobilidade permite que o sistema alcance graus mais elevados de conversão. Em altas irradiâncias de luz, a maior parte da reação ocorrerá no estado não relaxado (pós-gel), enquanto em baixas irradiâncias de luz a resina é capaz de relaxar mais durante a polimerização, reduzindo sua mobilidade interna e sua conversão final. Além disso, o aumento da irradiância luminosa também aumenta a temperatura máxima atingida durante a polimerização e, conseqüentemente, a mobilidade das cadeias poliméricas. É importante ressaltar que a fotoativação modulada pode minimizar os problemas relacionados aos materiais fotopolimerizáveis, ou seja, iniciar a fotoativação das resinas compostas com menor irradiância luminosa, seguida de uma fotoativação final com alta irradiância (FELIPE *et al.*, 2020).

As resinas bulk fill de baixa viscosidade apresentaram bom desempenho por conta de sua translucidez. Pode-se considerar que a resina composta bulk fill de baixa viscosidade testada no presente estudo é um material que possui elevada transmissão de luz, devido à menor variação nos índices de refração entre topo e base, e uma combinação de índices de refração de monômeros e cargas. Graças a estas propriedades, a polimerização desta resina composta ocorre mesmo fora do caminho da luz direta, graças ao espalhamento e espalhamento interno, onde o posicionamento e orientação adequados do guia de luz podem ser menos problemáticos, desde que entre energia suficiente. a restauração. Apesar de ser um estudo *in vitro*, este estudo apoia o uso de resinas compostas bulk fill, que se mostraram equivalentes em termos de microdureza interna às resinas compostas convencionais (LIMA *et al.*, 2023).

## 6 CONCLUSÃO

Com base nos estudos e informações abordadas na revisão de literatura, conclui-se que as resinas bulk-fill vêm sendo altamente utilizadas no cotidiano clínico devido a diversas vantagens desse material, como menor tempo de trabalho, devido ao uso de incremento maiores, maior profundidade de polimerização, devido à sua translucidez, menor contração de polimerização e menor tensão de polimerização nas paredes da cavidade. A dureza da resina composta está diretamente associada ao sucesso da restauração, sendo necessária a utilização de um aparelho fotopolimerizador ideal, visto que o tempo de exposição está diretamente ligado ao comprimento de onda e potência, influenciando no processo de polimerização.

As resinas compostas bulk-fill são atuais na Odontologia, havendo estudos que defendam o uso dela na prática clínica, chamando atenção por ser uma técnica rápida, prática e de fácil manuseio, porém, ainda não há estudos que comprovem a sua efetividade e durabilidade a longo prazo.

## 7 BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA GS, POSKUS LT, GUIMARAES JG, DA SILVA EM. The effect of mouthrinses on salivary sorption, solubility and surface degradation of a nanofilled and a hybrid resin composite. **Operative dentistry**. 2010;35(1):105-11.

ALZRAIKAT, H et al. Nanofilled Resin Composite Properties and Clinical Performance: a review. **Operative Dentistry**, [S.L.], v. 43, n. 4, p. 173-190, 1 jul. 2018.

ATMADJA G; BRYANT RW Some factors influencing the depth of cure of a visible lightactivated composite resins. **Aust. Dent. J.**, Sidney, v.35, n.3, p.213-218, June 1990.

BLANKENAU RJ et al. Wavelength and intensity of seven systems for visible light-curing composite resins: a comparison study. **J. Am. Dent. Assoc.**, v.106, n.4, p.471-474, April 1983.

BUSATO, A. L. S. et al. Dentística: restaurações em dentes anteriores. Sao Paulo: **Artes Médicas**, 1997

CAUGHMAN WF; RUEGGBERG FA; CURTIS JR; JW. Clinical guidelines for photocuring restorative resins. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.126, n, 9, p.1280-1286, Sept. 1995.

CHAN KC; BOYER DB. Curing light-activated composite resins through dentin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.54, n. p.643-645, 1985.

CHRISTENSEN RP et al. Resin polymerization problems – are they caused by resin curing lights, resin formulations, or both? **Compend. Contin. Educ. Dent., Suppl.** 25, v.20, p. 542-554, Nov. 1999.

CORRAL C, VILDÓSOLA P, BERSEZIO C, ALVES DOS CAMPOS E, FERNÁNDEZ E. State of the Art of Bulk-fill Resin-based Composites: A Review. **Rev Fac Odontol Univ Antioquia**. 2015;27(1):177–96.

DIAS, MARLON FERREIRA et al. Influence of different thermopolymerization methods on composite resin microhardness. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, [s. l], v. 12, p. 335-341, 1 abr. 2020.

DUNN WJ.; BUSH AC. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.133, n.3, p.335-341, 19 Mar. 2002.

FAN PL et al. Irradiance of visible light-curing units and voltage variation effects. **J. Am. Dent. Assoc.**, v.115, n. p.442-445, Sept. 1987.

FELIPE WF; OLIVEIRA WS DE; MIRANDA ME; OLIVIERI KAN; VITTI RP; BRANDT WC. Polymerization depths of conventional and bulk fill composites photoactivated by different methods. **Matéria**, Rio De Janeiro, 25(3), e-12824, 2020.

FIGUEIREDO ACR. Fluorescência no diagnóstico da cárie. 2003. 82f. **Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Carlos.**

FRANCO EB et al. Avaliação da profundidade de polimerização e dureza de resinas compostas fotopolimerizáveis com e sem a interferência do esmalte dentário. **Rev.bras.odontol.**, v.48, n.1, p.24-27, 1991.

FELIPE WF; OLIVEIRA WS DE; MIRANDA ME; OLIVIERI KAN; VITTI RP; BRANDT WC. Polymerization depths of conventional and bulk fill composites photoactivated by different methods. **Matéria**, Rio De Janeiro, 25(3), e-12824, 2020.

FUJIBAYASHI K et al. Newly developed curing unit using blue light-emitting diodes. **Dent. Jpn.** Tokyo, Tokyo, v.34, n.1, p.49-53, Mar. 1998.

GARROFE, ANALÍA B; PICCA, MARIANA; KAPLAN, ANDREA E. Determination of microhardness of bulk-fill resins at different depths. **Acta odontol. latinoam.**, Buenos Aires , v. 35, n. 1, p. 10-15, abr. 2022.

GHENG SM; GARONE NETTO N. Eficiência de polimerização de resinas compostas por sistema de luz visível e ultravioleta. **Rev. Assoc.Paul. Cir. Dent.**, São Paulo, v.42, n., p.148-150, 1988.

ILIE N, BUCUTA S, & DRAENERT, M. (2013). Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. **Operative Dentistry**, 38(6), 618-625.

JANDT KD et al. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). **Dent. Mater.**, Washington, v.16, n.1, p.41-47, Jan. 2000. .

KURACHI C. Estudo comparativo do laser, do led azul e da lâmpada convencional no processo de polimerização da resina composta dental. 2000. 80f. **Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Carlos.**

KURACHI C, LIZARELLI RFZ, BAGNATO, VS. Avaliação da microdureza superficial de resina composta curada por LED 468 nm. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA**, 16, 1999, Águas de São Pedro. Anais. Águas de São Pedro: SBPqO, 1999. p.181. Abstract 318B.

LEE SY et al. Leached components from dental composites in oral simulating fluids and the resultant composite strengths. **J. Oral. Rehabil.**, v.25, p.575-588, 1998.

LIMA et al. Effect of thermocycling on internal microhardness of high and low viscosity bulk fill composite resins in class I cavities. **RGO, Rev Gaúch Odontol** 71, 2023. <https://doi.org/10.1590/1981-86372023005720230004>

MELO RA, BISPO ASL, BARBOSA GAS, GALVÃO ASSUNÇÃO MR, SOUZA ROA, BORGES BCD. Morphochemical characterization, microhardness, water sorption, and solubility of regular viscosity bulk fill and traditional composite resins. **Microsc Res Tech.** 2019 Sep;82(9):1500-1506. doi: 10.1002/jemt.23315. Epub 2019 Jun 14.

MILLS RW, JANDT KD, ASHWORTH SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. **Br. Dent. J.**, London, v.186, n.8, p.388-391, Apr. 1999.

NOMOTO R. Effect of light wavelength on polymerization of light-cured resins. **Dent. Mater. J.**, Tokyo, v.16, n.1, p.60-73, Mar. 1997.

PEREIRA SK. Avaliação da intensidade de luz e profundidade de polimerização de aparelhos fotopolimerizadores para resinas compostas. 1995. 120f. **Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara.**

PRADHAN RD, MELIKECHI N, EICHMILLER F. The effect of irradiation wavelength bandwidth and spot size on the scraping depth and temperature rise in composite exposed to an argon laser or a conventional quartz-tungsten-halogen source. **Dent. Mater.**, v.18, p.221-226, 2002.

PRICE RBT, MURPHY DG, DÉRAND T. Light energy transmission through cured resin composite and human dentin. **Quintessence Int.**, Berlin, v.31, p.659-67, 2000.  
PRICE RBT. Light Curing in Dentistry. **Dental clinics of North America.** 2017;61(4):75178. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.008>.

RASTELLI ANS et al. Avaliação da eficiência de um novo dispositivo LEDs utilizado na técnica de fotoativação trans-dental. In: **Reunião anual da sociedade brasileira de pesquisa odontológica**, 21, 2004, Águas Lindóia. Anais... Águas de Lindóia: SBPqO 2004. p.234. Abstract C 254.

RUEGGEBERG FA. State-of-the-art: dental photocuring--a review. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials.** 2011

RUEGGERBERG, FREDERICK ALLEN et al. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. **Brazilian Oral Research**, São Paulo, v. 31, p. 61, 28 ago. 2017

SEBOLD, M., LINS, RBE, ANDRÉ, CB, MARTINS, LRM, & GIANNINI, M. (2020). Compósitos Bulk-Fill Fluidos e Regulares: Um Relatório Abrangente sobre Tratamento Restaurador. **Int J Periodontia Restauradora Dent**, 40(2), 293-300

SIAGIAN JS, DENNIS D, IKHSAN T, ABIDIN T. Effect of Different LED Light-curing Units on Degree of Conversion and Microhardness of Bulk-fill Composite Resin. **J Contemp Dent Pract**. 2020 Jun 1;21(6):615-620.

SILVA EM, TEBECHRANI C, MATSON E. Grau de polimerização de resinas compostas em função do substrato. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica**, 16; 1999, Águas de São Pedro. Anais... Águas de São Pedro: SBPQO, 1999. p.80. Abstract A 300.

SUH BI. Controlling and understanding the polymerization shrinkage-induced stress in light-cured composites. **Comp. Cont. Educ. Dent.**, v. 20, p. 34-41, 1999.

TARLE Z et al. Temperature rise in composite samples cured by blue superbright light emitting diodes. **J. Dent. Res.**, Chicago, v.77, n.1, p.686, 1998. Abstract 433.

VICENZI, C. B.; BENETTI, P. Características mecânicas e ópticas de resinas bulk-fill: revisão de literatura. *Revista Da Faculdade De Odontologia-UPF*, v. 23, n. 1, 107-113, 2018.

YEARN JA. Factors affecting cure of visible light activated composites. **Int. Dent. J.**, London, v.35, n.3, p.218-225, 1985.