

FACSETE - FACULDADE DE SETE LAGOAS  
ABO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ODONTOLOGIA - SANTOS  
ESPECIALIZAÇÃO EM DENTÍSTICA RESTAURADORA

RICARDO BARRO KERSEVAN

FOTOATIVAÇÃO NA ROTINA CLÍNICA ESTÉTICA ADESIVA - REVISÃO DE  
LITERATURA

SANTOS - SP

2023

RICARDO BARRO KERSEVAN

FOTOATIVÇÃO NA ROTINA CLÍNICA ESTÉTICA ADESIVA - REVISÃO DE  
LITERATURA

Monografia apresentada a Facsete - Faculdade de Sete Lagoas, como requisito para obtenção do título de especialista em Dentística Restauradora.

Pofº Orientador Marcelo Renato Peres Feijó.

SANTOS - SP

2023

Kersevan, Ricardo Barro

Fotoativação na rotina clínica estética adesiva - Revisão de literatura/ Ricardo Barro Kersevan - Santos, 2023

33p.

Monografia - Especialização em Dentística Restauradora. FACSETE - Faculdade de Sete Lagoas, 2023.

Orientador: Profº Marcelo Renato Peres Feijó

1. Fotoativação 2. Resina Composta 3. Laminados Cerâmicos 4. Pinos de fibra de vidro

RICARDO BARRO KERSEVAN

FOTOATIVAÇÃO NA ROTINA CLÍNICA ESTÉTICA ADESIVA - REVISÃO DE  
LITERATURA

Monografia apresentada a Facsete - Faculdade de Sete Lagoas, como requisito para obtenção do título de especialista em Dentística Restauradora.

Pofº Orientador Marcelo Renato Peres Feijó.

Aprovado em : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca examinadora:

---

Profº

---

Profº

---

Profº

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais por um dia acreditarem no meu sonho de ser um Cirurgião Dentista e colocarem todos os seus recursos na época para poderem me apoiar nessa jornada.

A minha esposa e filha pelo apoio e compreensão nos momentos em que a profissão nos exige foco, tempo e investimentos e que na busca pela evolução e pelo sucesso profissional, acabamos dando menos atenção a nossa família e ao nosso lar.

Ao colega Marco Antônio de Lima Guerra por despertar na minha adolescência essa paixão em mim.

A turma de professores do curso de Especialização em Dentística Restauradora da ABO Santos (Jansen Osaki, Marcelo Feijó, Eunice Gomes, Juliana Rostirola e Lidiane Mangolin) que eu considero uma família e principalmente ao meu Mestre Nívio Fernandes Dias que além de ser um professor excepcional, me colocou no caminho da odontologia de alto nível, abrindo portas de um mundo que para mim até então, era desconhecido, contribuindo demais para a minha evolução pessoal e profissional.

## RESUMO

A fotopolimerização tem papel fundamental nos procedimentos estéticos adesivos. Esta fase negligenciada por grande parte dos profissionais da área odontológica pode ocasionar falhas nas restaurações em resinas compostas como: microinfiltração marginal, comprometimento da dureza e da resistência ao desgaste e na adesividade do material restaurador. Outros procedimentos estéticos como a confecção e cimentação de pinos de fibra de vidro, cimentação de laminados cerâmicos e restaurações indiretas também podem apresentar falhas ocasionadas pela falta de uma polimerização adequada. Nessa revisão de literatura alguns fatores importantes foram observados nos principais procedimentos restauradores estéticos adesivos como: as características do aparelho fotopolimerizador (potência, irradiância e colimação do feixe de luz), os materiais e a técnica escolhida e o tipo e a quantidade do fotoiniciador presente no material. É fundamental conhecer o aparelho de luz selecionado e as propriedades do material restaurador para otimizar seus resultados, prevenir falhas e assim proporcionar restaurações mais duradouras.

Palavras Chaves : Fotoativação , Resina Composta , Laminados Cerâmicos , Pinos de fibra de vidro

## ABSTRACT

Photopolymerization plays a fundamental role in adhesive aesthetic procedures. This phase, neglected by most professionals in the dental field, can lead to failures in composite resin restorations, such as: marginal microleakage, impairment of hardness and wear resistance and the adhesiveness of the restorative material. Other aesthetic procedures such as the manufacture and cementation of fiberglass posts, cementation of ceramic veneers and indirect restorations may also present failures caused by the lack of adequate polymerization. In this literature review, some important factors were observed in the main aesthetic adhesive restorative procedures, such as: the characteristics of the photopolymerization device (power, irradiance and collimation of the light beam), the materials and technique chosen, and the type and amount of photoinitiator present in the material. It is essential to know the light fixture selected and the properties of the restorative material to optimize results, prevent failures and thus provide longer-lasting restorations.

Keywords: Photoactivation, Composite Resin, Ceramic Laminates, Fiberglass Pins

## SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	7
2 - PROPOSIÇÃO.....	8
3 - REVISÃO DE LITERATURA.....	9
3.1 - PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS RESINAS COMPOSTAS..	11
3.2 - FOTOINICIADORES.....	13
3.3 - FOTOATIVAÇÃO.....	14
3.3.1 - FOTOATIVAÇÃO EM RESINAS COMPOSTAS.....	16
3.3.2 - FOTOATIVAÇÃO EM DENTES POSTERIORES.....	21
3.3.3 - FOTOATIVAÇÃO EM PINOS DE FIBRA DE VIDRO.....	22
3.3.4 - FOTOATIVAÇÃO EM LAMINADOS CERÂMICOS.....	25
4 - CONCLUSÃO.....	27
5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28



## 1 - INTRODUÇÃO

Atualmente os padrões estéticos odontológicos da sociedade Brasileira grande parte influenciados pelas mídias sociais exigem dentes cada vez mais brancos, alinhados e livres de metais. Dentro desse contexto a odontologia vive um momento de modismo em que a maioria das pessoas sonham e desejam ter os dentes brancos e perfeitos. Seguindo essa tendência as empresas de materiais odontológicos acabaram desenvolvendo materiais para suprir essa necessidade colocando no mercado uma grande variedade de materiais odontológicos como: géis clareadores, adesivos, resinas compostas, pinos de fibra de vidro, cimentos resinosos entre outros para aumentar o leque de opções do Cirurgião Dentista no objetivo de atingir essa expectativa nos procedimentos estéticos. O objetivo dessa revisão de literatura é avaliar a importância dos aparelhos fotopolimerizadores nos mais diversos procedimentos odontológicos que envolvem estética, visto que, quase na totalidade, esses materiais são dependentes desses aparelhos, ou seja, de luz.

## 2 - PROPOSIÇÃO

Essa revisão de literatura foi realizada a partir de artigos científicos, nos idiomas português e inglês, publicados em periódicos nacionais e internacionais através de ferramentas de busca como PubMed e Google Acadêmico, além de consulta bibliográfica. As palavras chaves utilizadas para a pesquisa foram resinas compostas, fotopolimerização, fotoiniciadores, pinos de fibra de vidro e laminados cerâmicos. Os artigos foram pré-selecionados a partir da leitura e análise dos títulos e respectivos resumos que possuíam como abordagem principal o comportamento desses materiais frente aos diferentes tipos de aparelhos fotopolimerizadores e métodos de polimerização que influenciam no desempenho físico-mecânico dos procedimentos restauradores. Como critério foram selecionadas 45 publicações entre os anos de 2010 e 2023. Artigos publicados em anos anteriores a 2010 foram mantidos por conta da relevância apresentada nos seus conteúdos.

### 3 - REVISÃO DE LITERATURA

Antes do surgimento das resinas compostas, a Odontologia enfrentou difíceis desafios no emprego das restaurações diretas, principalmente em dentes anteriores. Materiais de presa química que se apresentavam em sistemas pasta-pasta ou pó-líquido, como o cimento de silicato e as resinas acrílicas, eram os únicos disponíveis para tais procedimentos. O cimento possuía alta solubilidade e baixo desempenho mecânico, enquanto as resinas acrílicas apresentavam alta contração de polimerização, altos índices de infiltração marginal, difícil controle do tempo de trabalho, tendência à impregnação por corantes e resultado estético inadequado. Como forma de solucionar tais problemas, esse sistema cedeu lugar para as resinas ativadas por polimerização física: a luz (1,2,3). A partir da década de 70, o emprego de resinas compostas de polimerização física por meio de fotoativação pela luz ultravioleta mudou os caminhos da odontologia restauradora (4,5,6).

Os aparelhos fotopolimerizadores de lâmpada halógena, ainda bastante utilizados pelos profissionais, são compostos por uma lâmpada com filamento de tungstênio, filtro, sistema de refrigeração e ponteira condutora de luz. Estes aparelhos geram muito calor, o que pode ocasionar danos no tecido pulpar, degradação do filtro e do bulbo, redução na qualidade da luz emitida e a vida útil restrita do aparelho, que é em torno de 50 horas. Há algum tempo encontram-se em desuso para fins odontológicos por conta dos efeitos nocivos da radiação para pacientes e operadores, tais como queimaduras de córnea e catarata. Além disso, as lâmpadas possuem vida útil curta e não atuam bem em profundidade no material (5,6). Devido às desvantagens de tal método, a fotoativação por luz ultravioleta foi substituída por fontes de luz visível por volta do ano de 1976, as quais vêm sendo aprimoradas para uso na polimerização de materiais resinosos (7,8).

Em associação com a evolução das unidades de luz utilizadas no processo de fotoativação, as resinas compostas também foram desenvolvidas ao longo dos anos e aliadas aos aparelhos fotoativadores aumentaram a qualidade das restaurações. A maior modificação nos compósitos aconteceu em 1956 quando Bowen (9), introduziu o Bisfenol A Glicidil metacrilato (BisGMA) como monômero base da matriz resinosa

(3,7), fato que alterou significativamente o comportamento físico e mecânico dos materiais restauradores. Outro componente testado ao longo dos anos foi a canforoquinona, fotoiniciador que associado a um co-iniciador, exercem juntos o papel de desencadear o processo de transformação de monômeros em polímeros (7).

Com o advento e emprego da tecnologia Light-Emitting Diode (LED) em vários segmentos, essa fonte de luz começou a ser usada também na Odontologia, visando melhorar o grau de polimerização dos materiais resinosos e a qualidade das restaurações. Dentre as diversas fontes existentes, a LED é a mais utilizada na Odontologia restauradora contemporânea por conta de vantagens como, pureza da luz produzida, emite comprimento de onda especificamente na faixa de luz azul ou violeta, ausência ou geração mínima de calor, maior vida útil, além de serem aparelhos portáteis e silenciosos. Os LED's das primeiras gerações produzem energia luminosa na faixa de comprimento entre 400 e 500 nm, suficientes para excitar o fotoiniciador presente nos materiais resinosos atuais e desencadear a reação de polimerização (5,7).

Atualmente os aparelhos de luz LED são classificados em monowave e poliwave . Os LEDs monowave liberam ondas de comprimento entre 400 e 500 nm, ideal para o fotoiniciador canforoquinona, cujo pico de absorção é de 480 nm. Materiais restauradores claros ou transparentes que apresentam outros fotoiniciadores cujo pico de absorção é por volta de 365 – 416 nm, necessitam de um aparelho LED com maior espectro de luz, conhecido como poliwave, que consegue emitir comprimentos de onda na faixa ultravioleta, não prejudicando o grau de conversão da polimerização (10).

### 3.1 - PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS RESINAS COMPOSTAS

O que influencia fortemente a qualidade da fotoativação das resinas compostas é a composição das matrizes orgânicas e inorgânicas do material, interferindo diretamente em suas propriedades físicas e mecânicas. As partículas de carga podem auxiliar na transmissão da luz no interior do incremento de resina composta, além de aumentar as propriedades mecânicas, como módulo de elasticidade, resistência à flexão, dureza do material, entre outras (11).

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 (12,13).

A composição da matriz orgânica das diferentes resinas compostas presentes no mercado odontológico é de suma importância para a adequada fotoativação. A canforoquinona, que é o principal fotoiniciador presente nas resinas compostas, possui comprimento de onda entre 400 e 500 nm, sendo seu pico de absorção em torno de 470 nm. Sua coloração amarelada característica, apresenta a desvantagem de limitar seu uso, particularmente em materiais resinosos usados para dentes clareados. Entretanto, em função da sua coloração amarela, outros fotoiniciadores com diferentes comprimentos de onda estão sendo empregados. Esse fato interfere diretamente na qualidade da fotoativação das resinas compostas.

Schneider et al (3) relataram que as propriedades mecânicas dos compósitos resinosos são determinadas, quanto à composição, pela matriz orgânica composta pelos monômeros que se transformarão em polímeros, pela carga inorgânica e pelo agente de união (3). A disposição desses componentes vai determinar a microdureza, propriedade importante do material.

A dureza de um material foi definida por Souza et al (6), como “a medida relativa de sua resistência à penetração quando uma carga específica constante é aplicada”. Sendo diretamente proporcional à resistência ao desgaste e à resistência mecânica do material (6), quando a microdureza do material é afetada, ele pode apresentar dissolução da matriz orgânica e exposição das partículas de carga, resultando no aumento da rugosidade da sua superfície, processo que torna-o mais vulnerável à

pigmentação externa, favorece o acúmulo de placa e influi diretamente no desempenho clínico e mecânico, assim como na longevidade da restauração (3,14).

Almeida et al (15) afirmam que a intensidade da luz, a composição do material e a concentração das substâncias fotoiniciadoras contidas nas resinas compostas, estão diretamente ligadas ao desempenho mecânico das restaurações devido ao grau de conversão do material após a reação de polimerização (15). O grau de conversão foi definido como a porcentagem de monômeros transformados em polímeros (1,5). Portanto, quanto maior este índice, melhor polimerizado estará o material restaurador, melhores serão suas propriedades mecânicas e maior o sucesso a longo prazo (2,16). Por outro lado, a polimerização inadequada ou subpolimerização está relacionada à propriedades mecânicas inferiores, resultando em abrasão aumentada, maior índice de fratura e até mesmo sensibilidade pulpar (17).

A liberação dos monômeros não polimerizados pode ser direcionada à polpa por meio dos túbulos dentinários e provocar reações inflamatórias no tecido. Conseqüentemente, a degradação do material na cavidade bucal está relacionada com sensibilidade pós-operatória, maior descoloração, aumento dos defeitos marginais, maior descolamento, e mais acometimento por cáries recorrentes (2,5,16,18,19).

Os índices de grau de conversão e a profundidade de cura das resinas compostas restauradoras têm sido correlacionados a fatores como composição do material, cor e translucidez, distância e potência da fonte de luz, espessura da camada de material e tempo de irradiação. O nível ideal desse grau seria uma total conversão das moléculas de monômeros da matriz resinosa em polímeros durante a reação de polimerização.

As substâncias fotoiniciadoras e os aparelhos de fotoativação estão diretamente ligados ao desempenho físico-mecânico e químico das resinas compostas.

### 3.2 - FOTOINICIADORES

Para atender às demandas estéticas e funcionais exigidas, os materiais restauradores sofreram diversas modificações ao longo do tempo, na sua composição e estrutura, a fim de alcançar melhores performances clínicas (20). O principal objetivo dos estudos relacionados aos compósitos tem sido a criação de um material universal, que apresente resultados satisfatórios quando empregado tanto em dentes anteriores quanto nos posteriores, atendendo aos quesitos de boa adesão, preservação da estrutura dental sadia e capacidade de reprodução do natural (4).

Quanto às substâncias fotoiniciadoras, como o nome sugere, elas são sensíveis a luz e podem ser chamadas também de fotossensibilizantes. A mais comumente utilizada nas resinas compostas é a canforoquinona, uma alfa-dicetona que absorve luz com comprimento de onda entre 460-480 nanômetros. O aumento da concentração desse fotoiniciador leva a maior grau de conversão dos monômeros, influenciando diretamente nas propriedades mecânicas e biológicas dos materiais (2,21). Entretanto, sua cor amarelada faz com que a canforoquinona se torne de difícil incorporação nas resinas de cores mais claras ou que exigem alto grau de translucidez, pois ao dificultar a ação da luz no incremento da resina composta por completo, não permite que aconteça o efeito “photobleaching” ou de fotobranqueamento de forma satisfatória (2,5,21). Tal efeito consiste na quebra do cromóforo após receber a irradiação luminosa e na perda da coloração amarelada após a polimerização (2). Por conta disso, algumas substâncias fotoiniciadoras estão sendo utilizadas como alternativa em substituição da canforoquinona (15). Dentre os sistemas fotoiniciadores usados de forma complementar à canforoquinona, pode-se destacar o 1-fenil-1,2-propanodiona (PPD), o óxido mono-acil fosfínico (MAPO ou Lucerim TPO), o óxido bisacril fosfínico (BAPO ou Irgacure 819), o hexafluorofosfato de difeniliodônio (DPIHFP), o 1,3-benzodioxole (BDO), o álcool piperonílico (AP), o 1,3-dimetil - 2-tiobarbitúrico (TBA) (2,15) e o Sistema APS (Advanced Polymerization System), que possui poucos dados disponíveis sobre ele na literatura. Tais substâncias possuem pico de absorção de luz abaixo da canforoquinona, mas estão dentro do espectro útil da faixa de luz visível emitida pelos aparelhos de LED que emitem luz com comprimentos de onda na faixa do azul e do violeta (2).

### 3.3 - FOTOATIVAÇÃO

A maioria dos fotoativadores consegue alcançar o comprimento de onda da canforoquinona, sendo denominados de monowave (22,23,24). As resinas compostas de colorações mais claras e com efeito indicado para dentes clareados que utilizam fotoiniciadores alternativos apresentam uma cor mais clara e abrangem a absorção da luz com um comprimento de onda abaixo do exigido pela canforoquinona, sendo por volta de 365 a 416 nm e não conseguem ser ativados pelos aparelhos de luz monowave, podendo interferir negativamente na qualidade da fotoativação e, conseqüentemente, nas propriedades físicas e mecânicas da resina composta (22,23,24,25).

Essa falta de informação por parte dos fabricantes de materiais é muito preocupante, pois o conhecimento do fotoiniciador é imprescindível para a escolha do aparelho de luz a ser empregado (26). Foi possível identificar nos estudos avaliados que os aparelhos de luz poliwave apresentaram resultados superiores aos dos aparelhos monowave, provavelmente por sua amplitude de comprimento de onda (350 a 470 nm), fotoativando uma gama maior de fotoiniciadores.

Foram comparados os efeitos de um aparelho monowave com outro aparelho poliwave (26,27), a fim de verificar as diferenças de resultado em relação à microdureza. Como conclusão, constataram que o aparelho poliwave resultou em maiores valores de resistência nos materiais resinosos, principalmente nos que apresentavam outro fotoiniciador além da canforoquinona (28). Outro dado importante é que diferentes intensidades de luz influenciam na estabilidade de cor e microdureza das resinas compostas. Dos trabalhos que avaliaram a intensidade de luz dos aparelhos fotoativadores e a distância da ponta do aparelho até a restauração, o que também interfere na intensidade de luz que chega até o material, foi possível inferir que os aparelhos com maior intensidade de luz promoveram melhor microdureza e grau de conversão (27). Ainda, verificou-se que as menores distâncias entre aparelho e compósito também promoveram melhores resultados, independentemente do tipo de fonte de luz (29).

Pode-se concluir que o surgimento das novas substâncias fotoiniciadoras e os aparelhos polywave estabelecem certa harmonia com a capacidade de fornecimento

de luz, a reação das substâncias e o alcance das propriedades físico-mecânicas fornecidas por elas.

Após a reação de polimerização, a porcentagem de monômeros transformados em polímeros é chamada de grau de conversão. Esse aspecto físico-químico é um dos fatores contribuintes para que os compósitos ofereçam melhores propriedades mecânicas. Para tanto, é necessário que o grau de conversão seja o mais alto possível e forme o maior número de ligações cruzadas, já que o mesmo reflete a eficácia da polimerização (1,5). Alguns aspectos estão diretamente ligados a variação da taxa do grau de conversão, como tipo do fotoiniciador presente no compósito, a quantidade de energia emitida sobre o material, a natureza e a qualidade da luz usada, o grau de colimação dessa luz, o tempo, a distância, a angulação e a centralização da fonte de luz em relação ao material a ser polimerizado, a homogeneidade do fecho de luz emitido, além das interferências comportamentais do operador (30,16).

### 3.3.1 - FOTOATIVAÇÃO EM RESINA COMPOSTA

Os fotoiniciadores alternativos à canforoquinona, absorvem luz nos comprimentos de onda menor que 410 nm e são menos sensíveis à luz na faixa de 450 a 468 nm, luz emitida pelas unidades de LED (31). Nesse ponto tinha-se uma inconsistência, pois a evolução das substâncias iniciadoras acabou não acompanhando a tecnologia dos aparelhos emissores de luz. Além disso, as lâmpadas LED de segunda geração emitem pico único de luz e não eram muito eficazes, devido à pouca quantidade de luz com comprimento abaixo de 410 nm. Como forma de solucionar tais problemas, surgiram no mercado os LED's de terceira geração, também chamados de Polywaves, aparelhos de LED que (32) emitem espectro de onda maior e atinge também a cor violeta, necessária para ativar a reação química de polimerização dos fotoiniciadores alternativos.

Falando no impacto da fotoativação e suas variáveis no desempenho mecânico das resinas compostas, é possível perceber que esta é uma etapa comumente subestimada nos procedimentos restauradores realizados tanto em consultórios como nas instituições de ensino (17,19,33). Portanto, para iniciar a discussão acerca da fotoativação, é preciso pontuar alguns conceitos. O primeiro deles, a irradiância (dada em unidades de  $\text{mw}/\text{cm}^2$ ), que é característica do aparelho fotoativador dada pelo fabricante, determinada pela divisão da potência pela área da ponta ativa do aparelho (33). Chamada de densidade de potência por Beolchi et al (16), os autores definiram a irradiância como a quantidade de luz recebida pelo compósito em uma determinada área (16). O segundo conceito é a energia que realmente parte do equipamento, chamada de radiância emitida (33). O terceiro é a quantidade de energia recebida pela superfície do compósito, chamada de energia radiante, dada em Joules (16,33).

A obtenção de um elevado grau de conversão constitui uma das principais preocupações quanto ao processo de fotopolimerização das resinas compostas e segundo Beolchi et al (16), é uma das condições para o sucesso a longo prazo das restaurações (16). Para o compósito atingir um nível satisfatório de cura, ele deve ser exposto a uma fonte de luz azul por um determinado tempo. Autores como Beolchi et al (16), Shortall, Price, Mackenzie e Burke (33) afirmam que atualmente, a partir de evidência científica, não existe determinado o valor exato da energia

necessária para polimerizar completamente um compósito, pois esse aspecto vai variar de acordo com o tipo de cor, espessura do incremento, translucidez e tipo de fotoiniciador contido em cada resina, assim como depende também do desempenho do aparelho utilizado, da técnica e de aspectos comportamentais do operador. Mas, outros autores (15,16,30,34,35) afirmam que a dose mínima necessária para polimerizar completamente um compósito de 2 milímetros e atingir as propriedades mecânicas ideais dele é de 16 Joules por centímetros quadrados (J/cm<sup>2</sup>) (31).

Shortall, Price, Mackenzie e Burke (33) afirmam que determinar a quantidade de energia exata para polimerizar um compósito é um aspecto bastante subjetivo, pois, com a variedade de resinas compostas disponíveis no mercado, é comum que hajam variações no comportamento de cada uma delas. Enquanto um incremento pode ser polimerizado numa profundidade maior em mais tempo, outra pode polimerizar mais rápido (33). Alguns autores (16,17,36) estabeleceram fatores que influenciam diretamente na irradiância e na energia radiante provenientes das unidades de fotoativação, e conseqüentemente interferem também na integridade das restaurações, na longevidade, na biocompatibilidade e no desempenho mecânico (16,17,36). Tais fatores são: o tempo de fotoativação, a distância entre a fonte de luz e a cavidade a ser restaurada, a colimação do feixe de luz, a homogeneidade do feixe de luz e o correto posicionamento e direcionamento da unidade fotoativadora (16,17,36). Sobre a influência do tempo, ele está diretamente ligado com a exposição radiante (densidade de potência multiplicada pelo tempo), que é o principal fator determinante do grau de conversão e das propriedades mecânicas do material (37). Em relação a esse tempo de exposição do material restaurador à luz, é preciso salientar que a maioria dos fabricantes recomendam nas instruções de uso um tempo padrão de polimerização, sem levar em conta os diversos fatores que estão diretamente ligados à essa etapa, por conta disso, alguns autores classificam os cálculos de tempo baseados apenas na radiação total como inválidos (33,38,39).

Beolchi et al (16) desenvolveram um estudo comparativo entre quatro dispositivos de luz diferentes, sendo três emissores de luz de LED (Elipar Freelight 2 (3M ESPE, São Paulo, EUA); Radium-cal (SDI Limited, Victoria, Austrália) e Valo (Ultradent Products, South Jordan, EUA) e um emissor de luz halógena (Optilux 401, Demetron/Kerr, Danbury, EUA). Os autores posicionaram tais dispositivos a diferentes distâncias: 0 mm, 4mm e 8mm com o objetivo de analisar a influência da

distância na quantidade de tempo necessária para atingir o valor de 16J/cm<sup>2</sup> de densidade de energia, necessária para excitar as substâncias fotoiniciadoras e realizar a reação de polimerização do material. Para a aplicação dos testes, todas as lâmpadas foram conectadas a um dispositivo, responsável pela estabilização da lâmpada de cura e pelo controle da distância da ponta ao sensor receptor de luz (40). Esse sensor foi utilizado como simulador do compósito em relação à localização e usado também para detectar a energia recebida. Ao concluir os testes, os autores perceberam que quando a distância entre a ponta e o sensor receptor da luz aumentou, o tempo para atingir 16J/cm<sup>2</sup> também aumentou. O dispositivo de lâmpada de halogênio precisou do tempo mais longo entre todos os avaliados, cerca de 94,96 segundos, enquanto o mínimo de tempo foi alcançado pelo Valo com o tempo de 13,03 segundos em média (16). A distância entre a fonte de luz e a superfície da resina composta é também extremamente importante, principalmente quando trata-se de restaurações em dentes posteriores, mais especificamente, as cavidades de classe II. Em cavidades profundas e/ou com paredes remanescentes altas, e com anéis e matrizes, estes fatores impõem dificuldades para a estabilização, aproximação e melhor posicionamento da fonte de luz, aumentando ainda mais a distância e prejudicando o processo de fotoativação. Autores relatam que a fotoativação lateral adicional nas restaurações de classe II é uma maneira eficaz de obter uma polimerização adequada da resina (33,39). A distância está atrelada também ao grau de colimação do feixe luminoso, ou seja, a capacidade do aparelho em aumentar a quantidade de luz que estará encerrada dentro da cavidade e minimizar a dispersão dela, pois essa perda diminui a quantidade de energia recebida pela restauração e o compósito acaba não sendo curado adequadamente. Portanto, à medida que essa distância aumenta, se o grau de colimação não for satisfatório, maior será a perda de energia e maior o risco de subpolimerizar o material (15,17,33,39). Reforçando a constatação anterior, Shortall, Price, Mackenzie e Burke (33) alertaram que a distância entre a fonte de luz e o compósito realmente influencia no nível de cura ou polimerização: “valor de irradiância da unidade de cura da luz indicado pelo fabricante raramente é alcançado quando a unidade está posicionada a uma distância clinicamente relevante de 4 mm ou mais da resina” (33). Ou seja, nas cavidades de Classe II em que o parede pulpar está há uma distância maior que 4mm, podendo atingir 8mm de profundidade em situações extremas, naturalmente, já há uma significativa perda de energia e maior risco de

não atingir o incremento mais profundo da restauração, deixando-o mal polimerizado (16,17,31,33,38). Num estudo realizado com luzes de naturezas diferentes e com variação da distância de fotoativação, foi detectado que todos os dispositivos demandaram de maior tempo para atingir uma energia fornecida de 16 J/cm<sup>2</sup> à medida em que se aumentava a distância entre a fonte de luz e a restauração (41). Em contrapartida, restaurações em dentes anteriores tem esse problema minimizado, já que essa distância é quase inexistente (16). Outros autores (30,42,43) também avaliaram a quantidade de energia recebida por materiais polimerizados à uma distância maior que 4mm, podendo chegar até 8mm, e constataram que com o tempo determinado por alguns fabricantes, a camada mais profunda de um compósito chega a receber 2 J/cm<sup>2</sup> de energia, ou seja, nível muito aquém do estabelecido como energia ideal para polimerizar adequadamente um incremento de resina composta, que é 16 J/cm<sup>2</sup> (30,42,43).

Outro aspecto abordado por estudos sobre os aparelhos fotoativadores é a homogeneidade do fecho de luz, ou seja, a forma com que a luz chega ao compósito. Ela precisa chegar ao material de forma homogênea, sem picos de potência em determinadas regiões e diminuição dessa potência em outras. Essa variação pode significar uma polimerização não uniforme ao longo do compósito e fornecer restaurações com material subpolimerizado, que superficialmente encontra-se endurecido, mas não totalmente polimerizado no seu interior (16,19,38).

Considerando a interferência do correto posicionamento e direcionamento da unidade fotoativadora, é possível perceber que esse é um fator dependente do aspecto comportamental do operador, já que a técnica aplicada afetará diretamente a quantidade de energia entregue ao material, por isso, faz-se necessária uma preparação padrão dos responsáveis pela etapa de polimerização e a proteção ocular apropriada, para que ele possa assistir com atenção o que está sendo feito. Quanto ao direcionamento da ponta ativadora, a luz deve estar posicionada diretamente sobre a restauração, minimizando a cobertura de tecidos moles e evitando sombras. A fotoativação lateral após a remoção de bandas e matrizes é uma maneira eficaz de completar a cura da superfície oclusal (19,38). A opacidade, a cor, a composição, o tamanho das partículas de preenchimento da resina também afetam a determinação do tempo ideal para polimerizar cada compósito e refletirá também na profundidade da cura do material (33,39). Também é importante ter o controle do tempo por conta do aumento de temperatura que a energia emitida por

ele provoca, aumentando as chances de aquecimento excessivo dos dentes, de danos ao tecido pulpar e de queima dos tecidos moles (33,38). O fornecimento de pouca energia luminosa pode ser responsável por falhas precoces, cáries secundárias, fraturas e pelo comprometimento das propriedades mecânicas e físicas do material restaurador (16,17,38).

### 3.3.2 - FOTOATIVAÇÃO EM REGIÃO DE MOLARES

A fotoativação das resinas compostas em região posterior, é um desafio na rotina clínica de todo profissional. A abertura de boca do paciente e o design do fotoativador tem influência direta no resultado da polimerização.

Fontes luminosas com corpo angulado fornecem menor irradiância as cavidades proximais de dentes posteriores, resultando em pior desempenho na ativação das resinas compostas nas caixas proximais.

Em pacientes com abertura de boca com mais de 45mm os designs das fontes de luz não influenciam tanto no desempenho das resinas compostas.

A contínua evolução dos materiais restauradores diretos fez surgir recentemente mais um grupo de materiais que são as resinas compostas bulk-fill que têm chamado a atenção devido à possibilidade de se utilizar camadas entre 4 a 5 mm de espessura, dependendo da marca. Assim, tanto cirurgiões dentistas quanto fabricantes de fontes de fotoativação precisam estar atentos se a luz consegue ativar resinas compostas usando tempo de exposição e incrementos tecnicamente relevantes.

Algumas marcas de fontes de luz encontradas no mercado brasileiro têm dificuldade de fornecer energia suficiente para ativação dos materiais restauradores, isso pode estar ligado a posição e profundidade da cavidade, a potência do aparelho ou pelo design que interfere no adequado posicionamento no interior da cavidade bucal. Se há efeito limitador na ativação da resina composta pela luz, o mesmo poderá acontecer com o sistema adesivo aplicado previamente.

O aumento do tempo de polimerização é uma alternativa para restaurações convencionais em Dentística Restauradora, como forma de melhorar o grau de conversão da camada de adesivo. Os resultados de estudos a esse respeito indicaram que o aumento do tempo de polimerização do adesivo de 20 para 60 segundos gerou uma melhoria significativa do grau de conversão da película adesiva.

### 3.3.3 - FOTOATIVAÇÃO EM PINOS DE FIBRA DE VIDRO

As características envolvidas no mecanismo de adesão entre pino, cimento e dentina radicular vêm sendo amplamente estudadas em diferentes enfoques, abrangendo tratamentos na superfície do pino e/ou da dentina, características do pino intra radicular e também dos materiais utilizados para sua cimentação. Entretanto, a adesão depende diretamente da polimerização e do grau de conversão dos monômeros resinosos, os quais estão relacionados com a transmissão de luz através do conduto.

Pesquisas que avaliaram a quantidade de energia luminosa transmitida para o conduto radicular, encontraram redução significativa com o aumento da profundidade: mesmo sem o pino, a intensidade luminosa parece diminuir a níveis insuficientes para que ocorra adequada polimerização, especialmente no terço apical. Para superar esses problemas, os profissionais são aconselhados a utilizar uma unidade de luz de alta intensidade e/ou prolongar o tempo de exposição à luz. Diante do exposto, torna-se importante identificar quanto a densidade de luz irradiada e o tempo podem influenciar nas propriedades adesivas em restaurações com pinos translúcidos em dentes despolpados.

Pinos de fibra são comumente a escolha para restaurações de dentes tratados endodonticamente e com grande perda estrutural, a adesão ainda é um dos fatores mais críticos para o sucesso e desempenho clínico do tratamento endodôntico restaurador. O tipo de falha que ocorre mais comumente é entre a camada adesiva e a dentina, sendo a adesão com dentina apical a mais preocupante.

A introdução do pino de fibra translúcido trouxe algumas vantagens na sua adesão ao canal radicular, devido à sua principal característica: transmitir luz ao longo do canal. Porém, a transmissão de luz por esse pino demonstra queda significativa na quantidade de luz que atinge a porção apical do canal, o que pode influenciar a eficácia da polimerização na profundidade do canal radicular. Em conjunto com a capacidade do pino de transmitir luz, ainda deve ser dada atenção à escolha do sistema adesivo e ao cimento resinoso, os quais têm sido preconizados, preferencialmente, de ativação química ou dual, devido, justamente, à dificuldade da

irradiação direta da luz nas regiões profundas do canal radicular. Por essa razão, o comportamento óptico dos pinos é levado em conta por vários autores.

Algumas pesquisas relacionam métodos utilizando pino de fibra translúcido com cimentos e adesivos duais com diferentes tempos de fotopolimerização para melhorar a adesão no canal radicular, demonstrando que o aumento do tempo de exposição de luz pode melhorar algumas propriedades como: dureza do cimento, grau de conversão e a resistência de união do conjunto adesivo-pino-dentina radicular. Quanto à cimentação dos pinos de fibra de vidro, deve ser realizada por técnica adesiva, com sistema adesivo associado a cimento resinoso, sendo utilizados os sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes.

Em revisão de literatura recente, (44) indicaram que os resultados mais confiáveis em relação à cimentação de pinos de fibra de vidro são obtidos pela combinação de sistemas adesivos convencionais com cimento resinoso dual. Mas, da mesma forma que para os cimentos, adesivos duais têm sido a recomendação mais frequente. Contudo, os adesivos mais utilizados no mercado brasileiro são os adesivos convencionais simplificados e, infelizmente, esses materiais possuem incompatibilidade (química e física) e conseqüente falha de adesão de pinos estéticos, ocasionando, clinicamente, falhas prematuras.

Em trabalho publicado (44) avaliaram o efeito de diferentes intensidades luminosas no grau de conversão do cimento resinoso dual em diferentes profundidades de pinos de fibra translúcidos e concluíram que a intensidade luminosa de 800 mW/cm<sup>2</sup>, quando comparada com a intensidade de luz de 600 mW/cm<sup>2</sup>, aumentou significativamente o grau de conversão do cimento resinoso dual na região apical.

Um estudo recente na área de física confirmou a quantidade de luz que passa por um pino de fibra de vidro. Nesse estudo, observamos que existe uma diferença na dispersão da luz, revelando que temos 45,5% da intensidade da luz ao nível coronal, 14,2% ao nível médio e 5,3% ao nível apical, da intensidade de luz que chega a essa região (44).

Os resultados dos estudos selecionados para essa revisão demonstraram que a transmissão de luz no terço radicular é fundamental, comprometendo o desempenho da polimerização nessa região na cimentação de pinos de fibra de vidro, mas o uso de pinos de fibra translúcidos e o aumento da intensidade de luz e do tempo de fotoativação podem melhorar os valores de resistência de união e o

grau de conversão dos cimentos resinosos duais e sistemas adesivos no terço radicular.

### 3.3.4 - FOTOATIVAÇÃO EM CIMENTOS RESINOSOS

Os sistemas cerâmicos têm sido amplamente utilizados na Odontologia por apresentarem características atrativas, como alta resistência mecânica, biocompatibilidade aos tecidos bucais, estética e estabilidade química e de cor a longo prazo.

No contexto estético, as cerâmicas vítreas possuem destaque. O sistema IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) consiste em uma matriz vítrea associada a um alto conteúdo de cristais de dissilicato de lítio, sendo indicado para restaurações anteriores e posteriores, facetas laminadas e próteses fixas de até três elementos.

O sucesso clínico das restaurações cerâmicas está diretamente relacionado ao procedimento de cimentação. Outros fatores, como a tonalidade, espessura e a translucidez da cerâmica, tipos de fonte de luz e tipo de cimento resinoso utilizado também podem influenciar nos resultados (45).

O cimento quimicamente ativado inicia sua presa a partir da mistura entre base e catalisador. Já o fotoativado e o dual, têm que ser expostos a um espectro de luz visível para que ocorra a conversão dos monômeros em polímeros. Além disso, a luz deve ser emitida num comprimento de onda correspondente ao pico de absorção do fotoiniciador que está sendo utilizado no cimento resinoso.

O uso de cimentos que possuem ativação física baseia-se na ideia de que a luz pode facilmente atravessar a restauração, devido à translucidez e à reduzida espessura apresentada pelo material restaurador. Por outro lado, a polimerização dos cimentos resinosos através da cerâmica torna-se um desafio, pois o cimento resinoso necessita receber energia suficiente para que seja garantido o maior grau de conversão. Além disso, se a luz for emitida de forma insuficiente através da restauração, pode ocorrer redução nas propriedades físico-mecânicas, alteração da cor, aumento na absorção e solubilidade de água pelo cimento resinoso (45).

Desse modo, fatores relacionados ao mecanismo de polimerização, como o tipo de iniciador presente na composição do cimento, as características da fonte de luz utilizada, como comprimento de onda, bem como o tempo de exposição, associadas às características inerentes da cerâmica, como composição, cor,

espessura e translucidez, estão diretamente relacionados à eficiência na polimerização dos cimentos resinosos.

Existem os cimentos polimerizados por irradiação de luz visível, quimicamente e duais (ativados por luz e reação química). Por tempos, os cimentos resinosos duais foram o material de escolha dos cirurgiões-dentistas, considerando o potencial reduzido dos aparelhos de fotopolimerização disponíveis no passado. Entretanto, a composição desses cimentos, com o decorrer do tempo, induzia o manchamento e o escurecimento das restaurações (15). A ciência vincula esse problema ao fato de que a amina terciária presente como coiniciador não é consumida por completo durante a reação de polimerização dos sistemas químicos e duais e, portanto, oxidam (6).

O sucesso do tratamento restaurador indireto depende da execução minuciosa de cada passo clínico, desde o preparo do substrato até os ajustes finais da peça protética na cavidade bucal.

Dentro da extensão de procedimentos que devem ser realizados, o momento que consiste na fotopolimerização do material cimentante é crucial para o resultado imediato e longo do tratamento. A efetividade da polimerização do cimento resinoso é quem ditará a qualidade da adesão entre o dente e a peça cerâmica.

Entre os fatores determinantes para a conversão dos componentes monoméricos em polímeros, um dos mais importantes é o espectro de luz visível emitido pelo aparelho de fotopolimerização.

#### 4 - CONCLUSÃO

Constantemente, a Odontologia busca por materiais odontológicos que, juntamente com uma técnica bem executada, atribuam qualidade e longevidade às restaurações dentárias. Conseqüentemente, a evolução dos materiais restauradores disponíveis no mercado odontológico permite condutas clínicas menos invasivas, visando a preservação dos tecidos dentários.

A partir da revisão da literatura apresentada, foi possível concluir que a canforoquinona ainda é a substância mais usada nos sistemas fotoiniciadores e que tem sido necessário estabelecer uma concentração ideal desse fotoiniciador, para que as melhores propriedades físicas e mecânicas sejam atingidas, sem comprometer o aspecto estético. As demais substâncias fotoiniciadoras também apresentaram bons resultados e são uma tendência nos materiais resinosos mais claros ou com maior translucidez. Além disso, foi possível detectar que o tempo de ativação especificado pelos fabricantes é insuficiente para fornecer 16 J/cm<sup>2</sup> nos casos em que a distância entre a fonte de luz e a restauração é aumentada ou quando a potência do aparelho varia.

Em relação aos aparelhos fotopolimerizadores, os aparelhos monowave ainda são a maioria no mercado mundial, sendo necessário pesquisas e estudos no que diz respeito a real necessidade da utilização dos aparelhos polywave nos materiais que utilizam fotoiniciadores alternativos a canforoquinona. A potência, irradiância e colimação são fatores determinantes na escolha do aparelho.

Ao polimerizar um adesivo, uma resina composta ou um cimento resinoso e tentar alcançar a plenitude de suas propriedades mecânicas, deve-se conhecer a composição do material, as substâncias fotoiniciadoras e suas concentrações, a fonte de luz empregada, o espectro luminoso, a potência do aparelho e levar em consideração os aspectos comportamentais do operador.

## 5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARATIERI LN. Odontologia Restauradora: fundamentos e técnicas. 1ª edição. São Paulo: Livraria Santos Editora; 2013. Capítulo 7, Polimerização de compósitos;121-33.
2. HUGO HENRIQUE ALVIM. Estudo dos fotoiniciadores utilizados em resinas compostas. [Dissertação]. Araraquara: Universidade Estadual de São Paulo;[editora desconhecida]; 2008.
3. SCHNEIDER AC, MENDONÇA MJ, RODRIGUES RB, BUSATO PMR, CAMILOTTI V. Influence of three modes of curing on the hardness of three composites. Polymers.2016;26(número especial): 37-42
4. BISPO LB. Resina composta nanoparticulada: há superioridade no seu emprego? Rev Dent On. 2010;9(19): 21-24.
5. ISABEL CRISTINA CELERINO DE MORAES PORTO. Influência da interação entre fotoiniciadores e fontes de energia sobre o grau de conversão de resinas compostas. [Dissertação]. Taubaté: Universidade de Taubaté. [editora desconhecida]; 2006.
6. SOUZA ROA, MICHIDA SMA, ZOGHEIB LV, LOMBARDO GHL, PEREIRA PC, BARCA DC et al. Avaliação da dureza Vickers de resinas compostas de uso direto e indireto. 2009;12(1): 23-30.
7. SOUZA-JÚNIOR E, HERNÁNDEZ CP, BRANDT WC, SINHORETI MAC. Fotoativação na Atualidade: Conceitos e Técnicas Clín Int J Braz Dent. 2014;10(2): 188-97.
8. RUEGGERBERG FA. State of the art: dental producing – a review. Dent Mater J. 2011;27(1): 39-52.

9. BOWEN RL. Dental filling material comprising vinyl-silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidyl methacrylate. U. S. Patent: 1962.
10. OLIVEIRA, D. C. R. S. et al. Effect of different photoinitiators and reducing agents on cure efficiency and color stability of resin-based composites using different LED wavelengths. *Journal of Dentistry*, v. 43, n. 12, p. 1565-1572, 2015.
11. RODRIGUEZ, A. et al. Effect of lightcuring exposure time, shade, and thickness on the depth of cure of bulk fill composites. *Operative Dentistry*, v. 42, n. 5, p. 505-513, 2017.
12. BENETTI, A. R. et al. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Operative dentistry*, v. 40, n. 2, p. 190-200, 2015.
13. 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.
14. FÚCIO SBP, CARVALHO FG, SOBRINHO LC, SINHORETI MAC, PUPPIN-RONTANI RM. The influence of 30 day old streptococcus mutans biofilme on the surface of esthetic restorative materials in an in vitro study. *J Dent*. 2008;36(10): 833-9.
15. ALMEIDA SM, MEEREIS CTW, LEAL FB, CARVALHO RV, BOEIRA PO, CHISINI LA et al. Evaluation of alternative photoinitiator systems in two-step self-etch adhesive systems. *Dent Mater*.2020;36(2): 29-37.
16. BEOLCHI RS, MOURA-NETO C, PALO RM, TORRES CRG, PELISSIER B. Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances. *Braz Oral Res*. 2015;29(1): 1-7.

17. BEOLCHI RS, FORTI W, GARÓFALO JC, PALO RM. O seu fotopolimerizador está preparado para os novos materiais?. Rev Assoc Paul Cir Dent. 2013;01(2): 186-96.
18. KIM M, SUH B, SHIN D, KIM KM. Comparison of the physical and mechanical properties of resin matrix with two photoinitiator systems in dental adhesives. Polymers. 2016;8(7): 1-11.
19. PRICE RB, SHORTALL AC. Essentials of light curing. Dent Update. 2018;45(5): 400-6.
20. MALLMANN A, JESUS SS, NETO AT, FONTES CM, JACQUES LB. Resistência flexural de resinas compostas imersas em diferentes líquidos. Rev Odontol do Bras Cent. 2009;18(45): 11-6.
21. MACIEL DAS, CAIRES-FILHO AB, GARCIA MF, ANAUATE-NETTO C, ALONSO RCB. BioMed Res Int. 2018;2018(ID 7921247):10 páginas.
22. BRANDT, W. C. Determinação do espectro de diferentes fontes de luz e fotoiniciadores e seu efeito no grau de conversão de compósitos experimentais contendo diferentes fotoiniciadores. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Materiais Dentários) - Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2007.
23. SANTINI, A. Current status of visible light activation units and the curing of light-activated resinbased composite materials. Dental Update, v. 37, n. 4, p. 214-227, 2010.
24. MELO, S. R. R. A. et al. Análise dos diferentes sistemas de fotopolimerização dos materiais resinosos – revisão de literatura. Revista da faculdade de odontologia da UFBA, v. 50, n. 2, p. 41-52, 2020.
25. NEUMANN, M. G. et al. The initiating radical yields and the efficiency of polymerization for various dental photoinitiators excited by different light curing units. Dental Materials, v. 22, n. 6, p. 576- 584, 2006.

26. SOUZA, M. B. A. et al. Influence of Light-curing Units on Surface Microhardness and Color Change of Composite Resins after Challenge. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, v. 20, n. 2, p. 204-210, 2019.
27. STRAZZI-SAHYON, H. B. et al. Influence of Light-Curing Intensity on Color Stability and Microhardness of Composite Resins. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, v. 40, n. 1, p. 129-134, 2020.
28. RIZZANTE, F. A. P. et al. Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. *Dental Materials Journal*, v. 38, n. 3, p. 403-410, 2019.
29. RODE, K. M.; KAWANO, Y.; TURBINO, M. L. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Operative Dentistry*, v. 32, n. 6, p. 571-578, 2007.
30. BENETTI AR, ASMUSSEN E, PEUTZFELDT A. Influence of curing rate of resin composite on the bond strength to dentin. *Oper Dent*. 2007;32(2): 144-48.
31. PRICE RBT, FAHEY J, FELIX CM. Knoop Microhardness Mapping Used to Compare the Efficacy of LED, QTH and PAC Curing Lights. *Oper Dent*. 2010;35(1): 58-68.
32. MUSANJE L, FERRACANE JL, SAKAGUCHI RL. Determination of the optimal photoinitiator concentration in dental composites based on essential material properties. *Dent Mater J*. 2009;25(8): 994-1000.
33. SHORTALL AC, PRICE RB, MACKENZIE L, BURKE FJT. Guidelines for the selection, use, and maintenance of LED light-curing units - Part 1. *Br Dent J*. 2016;221(8): 453-60.
34. PEUTZFELDT A, ASMUSSEN E. Resin composite properties and energy density of light cure. *J Dent Res*. 2005;48(7): 659-62.

35. BORTOLOTTO T, DAGON C, KREJCI I. Light polymerization during cavity filling: Effect of 'exposure reciprocity law' and the resulted shrinkage forces on restoration margins. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(5): 1296-302.
36. PRICE RBT. Light Curing in Dentistry. *Dent Clin N Am.* 2017;61(4):751– 78.
37. Leprince JG, HADIS M, SHORTALL AC, FERRACANE JL, DEVAUX J, LELOUP G et al. Photoinitiator type and applicability of exposure reciprocity law in filled and unfilled photoactive resins. *Dent Mater J.* 2011;27(2): 157-64.
38. PRICE RB, SHORTALL AC, PALIN WM. Contemporary issues in light curing. *Oper Dent.*2014;39(1): 4-14.
39. JONG LCG, OPDAM NJM, BRONKHORST EM, ROETERS JJM, WOLKE JGC, GEITENBEEK B. The effectiveness of different polymerization protocols for class II composite resin restorations. *J Dent.* 2007;35(6): 513-20.
40. LIMA CR, SILVA DB, VITTI RP, MIRANDA ME, BRANDT WC. Mechanical properties of experimental resin cements containing different photoinitiators and co-initiators. *Clin Comet Investig Dent.* 2019;11: 285- 90.
41. IKEMURA K, Endo T. A review of the development of radical photopolymerization initiators used for designing light-curing dental adhesives and resin composites. *Dent Mater J.* 2010;29(5): 481-501.
42. LOVELL LG, NEWMAN SM, DONALDSON MM, BOWMAN CN. The Effect of light intensity on double bond conversion and flexural strength of a model, unfilled dental resin. *Dent Mater J.* 2003;19(6): 458-65.
43. CALHEIROS FC, DARONCH M, RUEGGERBERG FA, BRAGA R. Degree of conversion and mechanical properties of a BisGMA: TEGDMA composite as a function of the applied radiant exposure. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007;84(2): 503-9

44. GORACCI C, TAVARES AU, FABIANELLI A, MONTICELLI F, RAFFAELLI O, CARDOSO PC, TAY F, FERRARI M. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci.* 2004 Aug;112(4):353-61.

45. CAMILA I. R. A., LINCOLN P. S. B., ANA ROSA C., AMÉRICO B. C., LOURENÇO C. S., Efeito do cimento resinoso e da fonte de luz na resistência de união à cerâmica. 2020.