

A influência da irradiância dos fotopolimerizadores nas propriedades mecânicas da resina composta microhíbrida

The influencer of photopolimerizer irradiance on the mechanical properties microhybrid composite resin

La influencia de la irradiación fotopolimerizable en las propiedades mecánicas de la resina compuesta microhíbrida

Zidane Hurtado Rabelo^{1*}, Yasmin Clark Barbosa da Silva¹, Lucas Lino de Oliveira¹, Nadine Pinheiro Linhares¹, Priscila Barbosa Ferreira¹, Aline Mírian Lima Sousa¹, Thayla Hellen Nunes Gouveia da Costa¹, Érika Matias Pinto Dinelly¹, Marcelo Victor Sidou Lemos^{2,3}, Talita Arrais Daniel Mendes^{1,2}.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a irradiância de fotopolimerizadores tipo Luz Emitida por Diodos (LED) de segunda e terceira geração no grau de conversão e módulo de elasticidade de uma resina composta microhíbrida. **Métodos:** Para a realização do grau de conversão, um total de 06 amostras esféricas 6x2 mm (n=3) e, para o módulo de elasticidade, amostras em forma de barra 7x2x1mm (n=12) foram confeccionadas e distribuídas em dois grupos de acordo com a geração da unidade de fotoativação: Grupo I: Fotoativação de segunda geração (F-SG) e Grupo II: Fotoativação de terceira geração (F-TG). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov–Smirnov e após avaliação desses testes, os espécimes foram submetidos ao test-t, onde foi observada significância (p<0,05) – 5% para ambos os testes. **Resultados:** As resinas fotoativadas com F-TG apresentaram um maior valor de grau de conversão quando comparado com as amostras F-SG (P = <0,001). O mesmo resultado foi encontrado para o módulo de elasticidade, pois, amostras F-TG obtiveram um valor mais elevado que as amostras F-SG com diferença estatisticamente significativa. **Conclusão:** Portanto, foi possível concluir que a irradiância influenciou diretamente a propriedade física de conversão monomérica e mecânica de módulo de elasticidade da resina composta microhíbrida.

Palavras-chave: Resinas compostas, Luzes de cura dentária, Propriedades físicas, Módulo de elasticidade.

ABSTRACT

Objective: Evaluate the irradiance of second and third generation Light Emitted by Diodes (LED) light curing in the degree of conversion and elasticity modulus of a micro-hybrid composite resin. **Methods:** To perform the degree of conversion, a total of 06 spherical 6x2 mm samples (n = 3) and, for the elasticity module, bar-shaped samples 7x2x1mm (n = 12) were made and distributed in two groups according to the generation of the photoactivation unit: Group I: second generation photoactivation (F-SG) and Group II: third generation photoactivation (F-TG). The data were subjected to the Kolmogorov – Smirnov normality test and after evaluating these tests, the specimens were subjected to the t-test, where significance was observed (p <0.05) - 5% for both tests. **Results:** Resins photoactivated with F-TG showed a higher value of degree of conversion when compared to samples F-SG (P = <0.001). The same result was found for the modulus of elasticity, as F-TG samples obtained a higher value than F-SG samples with a statistically significant difference. **Conclusion:** Therefore, it was possible to conclude that irradiance directly influenced the physical property of monomeric and mechanical conversion of elastic modulus of the microhybrid composite resin.

Key words: Composite resins, Curing lights dental, Physical properties, Elastic modulus.

¹Centro Universitário Católica de Quixadá (UNICATÓLICA), Quixadá - CE.

*E-mail: zidanerabelo@outlook.com

²Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE.

³Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Fortaleza - CE.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la irradiancia del fotocurado de segunda y tercera generación Luz Emitida por Diodos (LED) en el grado de conversión y módulo de elasticidad de una resina compuesta microhíbrida. **Métodos:** Para lograr el grado de conversión, se hicieron un total de 06 muestras esféricas de 6x2 mm (n = 3) y, para el módulo de elasticidad, se hicieron muestras de 7x2x1 mm en forma de barra (n = 12) y se distribuyeron en dos grupos de según la generación de la unidad de fotoactivación: Grupo I: fotoactivación de segunda generación (F-SG) y Grupo II: fotoactivación de tercera generación (F-TG). Los datos se sometieron a la prueba de normalidad de Kolmogorov - Smirnov y después de evaluar estas pruebas, las muestras se sometieron a la prueba t, donde se observó significancia ($p < 0.05$) - 5% para ambas pruebas. **Resultados:** Las resinas fotoactivadas con F-TG mostraron un mayor valor de grado de conversión en comparación con las muestras F-SG ($P = < 0.001$). Se encontró el mismo resultado para el módulo de elasticidad, ya que las muestras F-TG obtuvieron un valor más alto que las muestras F-SG con una diferencia estadísticamente significativa. **Conclusión:** Por lo tanto, fue posible concluir que la irradiancia influyó directamente en la propiedad física de la conversión monomérica y mecánica del módulo elástico de la resina compuesta microhíbrida.

Palabras clave: Resinas compuestas, Luces de curación dental, Propiedades físicas, Módulo de elasticidad.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as Resinas Compostas (RCs) têm sido os materiais odontológicos. a base de monômeros resinosos, mais utilizados na rotina clínica para restaurações diretas, sejam em dentes anteriores ou posteriores, devido a sua habilidade de atingir requisitos físicos, químicos e biológicos de um biomaterial, além da capacidade de devolver forma, função e estética ao dente. Ainda, oferece o benefício de preservar o remanescente dental sadio, por meio da aderência à dentina e esmalte através dos sistemas adesivos, possibilitando oferecer uma longevidade favorável mesmo após um longo período no meio oral.

Outra característica das RCs, que facilitou a prática clínica dos cirurgiões dentistas, é em relação a sua polimerização, que apesar de apresentarem diversas variações e composições, dispõem de dois mecanismos de polimerização: quimicamente ativadas ou fotoativadas (FERNANDES HK, et al., 2014).

Basicamente, as RCs são formadas por três partes quimicamente diferentes: a matriz polimérica, composta por monômeros dimetacrilatos; as partículas de cargas, que promovem o aumento das propriedades mecânicas do material; e o silano que promove a união desses componentes (FERRACANE JL, 2011).

Com o objetivo de melhorar as suas propriedades mecânicas, os compósitos resinosos passaram por diversas modificações principalmente com relação as partículas de carga, sobretudo quanto à sua composição, formato, quantidade e tamanho. Dessa forma, a RC microhíbrida é uma das mais utilizadas atualmente, uma vez que é formada por partículas de vidros de bário, lítio ou zircônia com tamanho menor ou igual à 1,0 μm , além de possuir boas propriedades mecânicas, polimento satisfatório, além de serem radiopacas (MONTENEGRO RV, et al., 2010).

Contudo, a efetividade das RCs e sua longevidade são dependentes da polimerização adequada, que depende da energia luminosa emitida pelos aparelhos fotopolimerizadores (JÚNIOR PDM, et al., 2011). Dentre os diversos fatores que interferem na polimerização das resinas, estão a intensidade de potência do aparelho fotoativador, o tempo de exposição e o comprimento de onda emitido. Essas características estão intrinsecamente relacionadas com o grau de conversão das RCs, sendo essa propriedade definida como a quantidade de monômeros que se converteram em polímeros, possuindo grande importância para o processo de polimerização.

Caso essa conversão não ocorra com total êxito, podem existir monômeros residuais não reagentes que acabam sendo dissolvidos na presença de umidade, causando a deterioração e afetando a longevidade das restaurações (MAROVIC D, et al., 2013).

Os fotoiniciadores são moléculas que estão presentes na matriz polimérica, sendo responsáveis por absorver a luz em uma faixa específica de comprimento de onda que varia entre 400 a 500 nm para desencadear a reação de conversão monomérica. Dentre os diversos tipos existentes, o fotoiniciador mais utilizado é a Canforoquinina (CQ) que reagirá com a amina alifática produzindo radicais livres e ao alcançar o pico máximo de absorção da luz, conseguirá fotoativar as RCs (RIBEIRO BC, et al., 2011).

Dentro desse contexto, o conceito de Irradiância (IR) é extremamente importante, uma vez que esta é definida como a quantidade de fótons emitidos por uma determinada fonte de luz, onde um fotopolimerizador com menor IR apresenta uma menor emissão de fótons e com isso uma baixa intensidade, ao passo que um fotopolimerizador com IR maior apresenta uma maior emissão de fótons e com isso uma alta intensidade. Essa propriedade é imprescindível para que os fotoiniciadores sejam ativados e assim ocorra a formação de radicais livres que iniciarão a conversão dos monômeros em polímeros (MARSON FC, et al., 2010).

Com o objetivo de medir a IR dos aparelhos fotopolimerizadores, existem os radiômetros, estes são aparelhos que fazem uso de diferentes escalas de medida. Dentre elas, a escala mais utilizada é aquela que mede a concentração de luz emitida e que é expressa em mW/cm^2 e, a partir disso os dentistas conseguem observar se a potência do seu objeto de trabalho está satisfatória para ser então utilizado na rotina clínica (MORI M et al., 2014).

Atualmente, existem no mercado os fotopolimerizadores de luz hálgena e os fotopolimerizadores à base de luz emitida por diodo, ou seja, os aparelhos de LED, dentre eles temos os de 1ª, 2ª e 3ª geração. No entanto, a tecnologia mais atual utilizada para gerar os fótons necessários a fim de polimerizar as RCs é o uso dos fotopolimerizadores à base de LED (MORI M, et al., 2014). Estes produzem luz visível através de efeitos mecânicos quânticos, sendo composto por uma combinação de dois semicondutores, sob a forma de cristais de nitreto de gálio, que se conectam sempre que for aplicada tensão sobre eles e assim produzem luz por eletroluminescência (MARSON FC, et al., 2010).

Os LEDs de 1ª geração não apresentam intensidade de luz suficiente para a polimerização satisfatória das RCs em incrementos com 2 mm de espessura. Os LEDs de segunda geração possuem IR em torno de 300 mW/cm^2 , porém estudos atuais demonstram que uma polimerização adequada deve ser realizada a partir da utilização de um fotopolimerizador que apresente uma IR em torno de 400 mW/cm^2 com tempo de 40s para incrementos de 2mm de espessura e, em decorrência disso, esses aparelhos acabam apresentando potência insatisfatória. Com isso, foram inseridos no mercado os fotopolimerizadores de terceira geração, os quais apresentam uma IR de 1.500 a 2.000 mW/cm^2 , sendo capaz de emitir um feixe de luz profundo e uniforme, convertendo um maior número de monômeros em polímeros (BORGES FMGS, et al., 2011).

Portanto, o emprego de aparelhos fotopolimerizadores com potência adequada colabora, significativamente, para o sucesso das restaurações, considerando que as RCs apresentam um mecanismo de polimerização por radicais livres. Assim, uma das principais causas do insucesso clínico das restaurações diretas é a polimerização insuficiente e/ou inadequada, o que torna a restauração mais susceptível à microinfiltração marginal, degradação, variações de cor, manchamentos e, principalmente, a insatisfação do paciente (BORGES FMGS, et al., 2011).

Dessa forma, a hipótese testada foi: o grau de conversão e o Módulo de Elasticidade (ME) da RC microhíbrida pode ser aumentado quando fotoativadas com LEDs de 3ª geração. Nesse contexto, o presente estudo objetivou comparar a IR de um LED de 2ª e 3ª geração na fotoativação de uma RC microhíbrida por meio do grau de conversão e ME.

MÉTODOS

Delineamento experimental

Trata-se de um estudo laboratorial *in vitro* no qual espécimes de RC microhíbrida foram testados em diferentes níveis: (1) com fotopolimerizador LED de 2ª [LED2] e (2) com fotopolimerizador LED de 3ª [LED3], no qual aferiu-se a IR dos mesmos, seguidas de análise de grau de conversão [GC] (n=3), realizados por meio de um espectrômetro micro-RAMAN e módulo de elasticidade [ME] obtidos por meio de um teste de flexão de três pontos (n=12), realizadas por uma máquina de ensaios mecânicos universais.

Preparo dos espécimes para o grau de conversão

Foram confeccionadas 06 amostras cilíndricas da RC microhíbrida (Z250 XT - 3M/ESPE). A confecção das amostras constitui-se da inserção de um incremento único de 2 mm de resina, na cor A2, em uma matriz de silicone de adição, com 6 mm de diâmetro e 2 mm de altura. Uma tira de poliéster e uma lâmina de vidro cobriam o composto de resina e a ponta da luz.

As amostras foram polimerizadas por 40s. Três amostras foram polimerizadas com o LED de segunda geração (LED, EC 5 500 – ECEL) e as três amostras restantes foram polimerizadas com o LED de terceira geração (Bluephase N, Ivoclar Vivadent). A IR foi previamente medida por um radiômetro (LM-1 woodpecker). O valor obtido foi 250 mW/cm² para o LED de segunda geração e de 1.600 mW/cm² para o LED de terceira geração (CUNHA D, et al., 2018).

Preparo dos espécimes para o módulo de elasticidade

Para o módulo de elasticidade, foram confeccionadas amostras em forma de barra da RC microhíbrida (Z250 XT - 3M/ESPE) com 7x2x1mm de dimensão. Para isso, a resina foi inserida na matriz de silicone de adição, obtida previamente, em um incremento único. Uma tira de poliéster e uma lâmina de vidro cobriam o composto de resina e a ponta da luz.

As amostras foram polimerizadas por 40s onde a luz incidia o mais próximo possível da amostra, e perpendicular à superfície do mesmo. Um total de 24 amostras foram produzidas, sendo doze fotoativadas com o LED2 (LED, EC 5 500 – ECEL) e as doze restantes foram polimerizadas com o LED3 (Bluephase N, Ivoclar Vivadent) (CUNHA D et al., 2018).

Grau de conversão

O GC foi realizado pela espectroscopia micro-Raman (Raman Horiba-Xplora, HORIBA Jobin Yvon, Paris, França), onde três espécimes da RC microhíbrida (Z250 XT – 3M/ESPE) foi utilizado para cada grupo. Um feixe de laser monocromático de argônio com comprimento de onda de 532 nm com um nível de saída de 20 mW foi usado como fonte de excitação.

Inicialmente, o raio laser foi focado na amostra através de uma objetiva com aumento de 100X que determinou um ponto focal com 1 µm de diâmetro. O laser foi posicionado no centro da amostra de resina onde foi realizada a leitura. Foi obtido um gráfico referente a intensidade dos picos 1610cm⁻¹ e 1635cm⁻¹ os quais foram anotados e inseridos na fórmula abaixo:

$$\% DC = 1 - \frac{(\text{diferença de picos polimerizados})}{(\text{diferença de picos não polimerizados})} \times 100$$

Para isso, foi realizada uma leitura da resina não polimerizada, a fim de obter os valores necessários para o preenchimento da fórmula (CUNHA D, et al., 2018).

Módulo de elasticidade

O ME foi avaliado através de uma máquina de ensaios mecânicos universal (EMIC DL-2000). As amostras foram posicionadas em um aparelho de flexão de 3 pontos em 2 suportes paralelos separados a uma distância de 20 mm e carregado até a fratura com uma célula de carga de 50 Kgf a uma velocidade de 0,05 mm/min¹¹. O módulo de flexão (GPa) foi calculado usando a seguinte fórmula:

$$E_f = F \times L^3 / 4wh^3d$$

Considerando que F é a carga registrada (N); L é a distância entre o paralelo suportes (mm); w é a largura (mm), h é a altura (mm) e d é a deflexão, em milímetros.

Análise estatística

Os dados foram tabulados no programa Microsoft® Excel e submetidos à análise estatística, onde inicialmente foi realizado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (p<0,05). Em seguida, os dados foram submetidos ao Test-t, onde foi observada significância (p<0,05) – 5% para ambos os testes de GC e ME.

RESULTADOS

As amostras de RC fotoativadas com o LED2 apresentaram baixos valores de conversão monomérica ($P = <0,001$), diferindo estatisticamente das resinas fotoativadas com o LED3, as quais apresentaram valores significativamente maiores (**Tabela 1**). As amostras de RC fotoativadas com o LED2 apresentaram valores significativamente menores do módulo de elasticidade ($P = <0,001$), quando comparada com as resinas fotoativadas com o LED3, as quais apresentaram valores maiores para o módulo de elasticidade (**Tabela 2**).

Tabela 1 - Grau de conversão (%) \pm desvio padrão das resinas fotoativadas.

Fotoativação	Média \pm Desvio padrão
LED2	56,0 \pm 7,2 A
LED3	85,9 \pm 5,1 B

Legenda: Letras diferentes indicam diferença estatística

Fonte: Rabelo ZH, et al., 2020.

Tabela 2 – Módulo de elasticidade (GPa) \pm desvio padrão das resinas fotoativadas.

Fotoativação	Média \pm Desvio padrão
LED2	904,6 \pm 91,2 A
LED3	5814,1 \pm 109,7 B

Legenda: Letras diferentes indicam diferença estatística

Fonte: Rabelo ZH, et al., 2020.

DISCUSSÃO

Atualmente existem vários ensaios na perspectiva de comprovação do efeito da IR nas propriedades mecânicas e de longevidade das RCs. Nesse sentido, o presente estudo tenta retratar a importância da manutenção dos aparelhos de fotopolimerização a fim de otimizar os procedimentos restauradores. Desse modo, a hipótese do estudo de que o GC e o ME da resina composta do tipo microhíbrida pode ser aumentado quando fotoativadas com o LED3 foi aceita, visto que as amostras fotoativadas com esse aparelho obtiveram valores de GC e ME estatisticamente maiores após a fotoativação dos espécimes, no mesmo tempo, comparado as amostras fotoativadas com o LED2.

Os fotopolimerizadores são utilizados para ativar os fotoiniciadores presentes nestes compósitos resinosos. Desse modo, o espectro de ação para fotoativação da RC encontra-se entre 400 a 500 nm, com pico em 470 nm que representa o pico máximo de absorção da CQ, sendo esta molécula capaz de absorver os fótons produzidos pelos aparelhos de fotoativação e entrar em um estado excitatório triplo, interagindo com um co-iniciador, denominado de amina terciária, iniciando o processo de formação de radicais livres que buscam realizar ligações com monômeros para formar o complexo radical-monômero que compreenderá moléculas maiores, chamadas de polímeros (RIBEIRO BC, et al., 2011).

A densidade de potência do aparelho fotopolimerizador, utilizado em questão, interfere diretamente na formação dos radicais livres na RC, pois essa densidade está relacionada com o valor de saída de luz que o aparelho pode fornecer por unidade de área de luz, definindo-se pela quantidade de fótons emitidos por tempo utilizado. Assim, o processo pelo qual ocorre a polimerização tem relação direta com a intensidade de luz, quanto maior a quantidade de fótons que consigam alcançar o fotoiniciador da RC, maior será a formação de radicais livres resultando no polímero. Dentre vários fatores que podem interferir na polimerização das RCs, os principais são o comprimento de onda, tempo de exposição e a intensidade de potência (BELTRANI FC, et al., 2012).

Dessa forma, diversos testes têm sido utilizados com o propósito de avaliar a eficácia da fotoativação dos compósitos. Avaliações envolvendo testes de dureza, espectroscopia de fluorescência que verifica a profundidade de polimerização pela estrutura das RCs, grau de conversão de monômeros em polímeros e o módulo de elasticidade são alguns exemplos. Ademais, para avaliar o grau de conversão existem diversos testes, dentro os quais utilizou-se a espectroscopia micro-Raman, que visa avaliar com maior precisão a

profundidade de polimerização e a porcentagem de grupos vinil convertidos em grupos alifáticos das RCs. Esse mecanismo de ação se dá através da comparação entre os monômeros metacrilatos não polimerizados, isto é, residuais, com a banda aromática de carbonos utilizada como padrão interno.

Desse modo, as proporções de ligações duplas de carbono que são convertidas em ligações simples irão determinar o grau de conversão das RCs pelo teste de espectroscopia micro-Raman (MUNDIM FM, 2011; MACHADO BS et al., 2013; FERRACANE JL e HILTON TJ, 2016).

Nos nossos achados foi possível observar que o GC das resinas fotoativadas com o LED3 obteve uma elevada taxa de conversão monomérica, com uma média de 85,9%, demonstrando a eficiência da IR produzida nesses aparelhos, comparado as resinas fotoativadas com o LED2, cuja taxa de conversão foi menor, com valor de 56%. Como forma de justificar isso, podemos levar em consideração que o aparelho de terceira geração utilizado neste estudo possui, segundo o fabricante, densidade de potência que varia de 1.100 a 2.000 mW/cm² e um comprimento de onda que varia de 385 nm a 515 nm, o que está exatamente dentro do espectro de absorção da CQ, corroborando na afirmação que esse tipo de aparelho apresenta eficácia ao procedimento de fotoativação.

Além disso, a densidade de potência influencia diretamente na formação dos radicais livres, sendo que, quanto maior a quantidade de fótons que atingem os fotoiniciadores, maior o número de radicais livres que iniciarão a reação, produzindo os polímeros. Dessa forma, quanto maior a intensidade mais rápida será a taxa de polimerização (AMATO PAF et al., 2014).

Simploriamente a eficiência da polimerização é então caracterizada pela mudança de monômeros em polímeros. O GC se caracteriza pela modificação na porcentagem de ligações de carbono presentes nos monômeros insaturados, onde a ligação dupla será quebrada dando origem a ligações simples e então, realizando a estabilização do radical livre ou até mesmo a completa conversão dos monômeros. É desejável que se obtenha um maior GC, para que se atinjam propriedades mecânicas e físicas melhores dos compósitos e menor formação de monômeros residuais, quão melhor esse resultado, maior longevidade o processo de restauração terá, e conseqüentemente uma menor rugosidade e pigmentação (BOING TF et al., 2011).

Assim, com as propriedades físicas melhoradas vão impactar diretamente na longevidade clínica de restaurações com RCs, tendo em vista que esse GC mede a interação de ligações covalentes e cruzadas entre os monômeros, a fim de se obter polímeros, desejando-se uma restauração ideal, isto é, obter o máximo dessas ligações para melhorar as propriedades mecânicas do material, visto que se não ocorrer de maneira eficaz, monômeros residuais irão permanecer levando a lixiviação dos mesmos, bem como pigmentação (MAROVIC D, et al., 2013).

Com relação aos resultados do ME, foi observado um elevado valor de resistência para as amostras fotoativadas com o LED3 (5814,1 Mpa), enquanto as amostras fotoativadas com o LED2 obtiveram um valor significativamente menor (904,6 Mpa). Os resultados negativos relacionados ao aparelho de segunda geração podem ser justificados pelo mau uso na ponteira do fotoativador. Incrementos de resina e adesivos podem ficar aderidos a ponteira do aparelho o que irá influenciar negativamente na dispersão de luz, fazendo com que a polimerização seja insuficiente.

Através da utilização do radiômetro, foi possível conferir a intensidade de luz, que é de grande importância para detectar a quantidade de fótons produzidos pelas unidades fotoativadoras e, assim, avaliar o bom estado das unidades fotoativadas. É impossível verificar se a resina composta foi fotopolimerizada com qualidade a olho nu, pois a superfície da restauração geralmente vai apresentar-se com características de completa fotopolimerização, com uma possível dureza, embora a formação polimérica interna esteja deficiente. A polimerização está diretamente relacionada com a capacidade de aumento das propriedades mecânicas das resinas compostas.

Diversos testes como a microdureza, resistência à compressão, resistência flexural e módulo de elasticidade estão disponíveis para que consiga ser observado através deles, sendo esse último obtido pela flexão de três pontos, com o objetivo de verificar as propriedades mecânicas das resinas compostas, a qual está diretamente relacionada com o grau de conversão dos monômeros em polímeros (MARSON FC et al.,

2010). Estudos têm demonstrado que a fotoativação realizada de forma incorreta ou insatisfatória através da utilização de aparelhos deficientes é apontada como uma das principais causas de falhas em restaurações resinosas, assim como na cimentação de peças protéticas.

A maioria dos compósitos resinosos hoje apresentam propriedades mecânicas favoráveis, sendo a fotoativação e a técnica adesiva pontos cruciais para a longevidade clínica dessas reabilitações. Esses fatores estão intimamente relacionados a habilidade do operador, porém, além disso, também às propriedades físicas dos aparelhos fotopolimerizadores, sendo o objeto de investigação do presente estudo (MUNDIM FM, 2011; FERRACANE JL e HILTON TJ, 2016). Portanto, além da escolha criteriosa do material e uma correta técnica restauradora, o emprego de aparelhos bons fotopolimerizadores com potência adequada colabora, significativamente, para o sucesso das restaurações (MACHADO BS et al., 2013).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados do presente estudo, pode-se concluir que a IR influenciou diretamente as propriedades físicas de conversão monomérica e mecânica de módulo de elasticidade dá uma RC microhíbrida, sendo os fotopolimerizadores de segunda geração menos eficazes que os de terceira, no que concerne as propriedades mecânicas das RCs. No entanto, mesmo com as inúmeras vantagens que o LED de terceira geração apresenta, esse aparelho se torna de difícil acesso devido ao seu custo elevado.

REFERÊNCIAS

1. AMATO PAF, et al. Time reduction of light curing: Influence on conversion degree and microhardness of orthodontic composites. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2014; 146(1): 40-46.
2. BORGES FMGS, et al. Avaliação da intensidade de luz dos fotopolimerizadores utilizados no curso de Odontologia da Universidade Federal do Maranhão. *Rev Ciênc Saúde*. 2011; 13(1): 26-30.
3. BOING TF, et al. Avaliação do grau de conversão de uma resina composta utilizando diferentes tratamentos de superfície previamente à fotopolimerização final. *Revista Dentística online-ano*, 2011; 10(22).
4. BELTRANI FC, et al. Avaliação da intensidade de luz e dos componentes dos aparelhos fotopolimerizadores da Clínica Odontológica da Universidade Estadual de Londrina. *Rev Bras de Pesquisa em Saúde*. 2012; 14(1): 5-11.
5. CUNHA D, et al. Physicochemical and Microbiological Assessment of an Experimental Composite Doped with Triclosan-Loaded Halloysite Nanotubes. *Materials*. 2018; 11: 1080.
6. FERNANDES HK, et al. Evolução da resina composta: revisão da literatura. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*. 2014; 12(2): 401-411.
7. FERRACANE JL. Resin composite State of the art. *Dental materials*. 2011; 27: 29-38.
8. FERRACANE JL, HILTON TJ. Polymerization stress—is it clinically meaningful? *Dental materials*. 2016; 32(1):1-10.
9. JÚNIOR PDM, et al. Selecting correctly the composite resins. *Int J Dent*. 2011; 10(2): 91-96.
10. MACHADO BS, et al. A importância da polimerização de resinas compostas—grau de conversão. *Revista Saúde-UNG-Ser*. 2013; 6(1):07.
11. MARSON FC, et al. Avaliação das condições de uso dos fotopolimerizadores. *Revista Dentística online-ano*. 2010;9(19).
12. MORI M, et al. Influência do método de fotoativação na dureza de uma resina composta. *Clinical and Laboratorial Research in Dentistry*. 2014; 20(3):131-136.
13. MUNDIM FM. Estabilidade de cor, opacidade e grau de conversão de compósitos pré-aquecidos. *Revista de Odontologia*. 2011; 39: 25-29.
14. MONTENEGRO RV, et al. Efeito da partícula de carga e do tempo de armazenamento sobre a microdureza de superfície de compósitos restauradores estéticos. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr*. 2010; 10(3):345-50.
15. MAROVIC D, et al. Degree of conversion and microhardness of dental composite resin materials. *J Molecular Structure*. 2013; 1044:299-302.
16. RIBEIRO BC, et al. Efeito de fontes de luz na microdureza de resinas compostas. *RGO. Revista Gaúcha de Odontologia*. 2011; 229-236.