

Eficácia de polimerização de aparelhos fotopolimerizadores utilizados em clínica escola de Odontologia do Recife

Effectiveness of polymerization of photopolymerizing devices used in clinical dental school of Recife

Eficacia de polimerización de aparatos fotopolimerizadores utilizados en clínica escuela de Odontología de Recife

Recebido: 10/01/2022 | Revisado: 14/01/2022 | Aceito: 06/03/2022 | Publicado: 13/03/2022

Ana Luisa Cassiano Alves Bezerra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2107-1057>

Universidade de Pernambuco, Brasil

E-mail: analuisa.bezerra@upe.br

María Olimpia Paz Alvarenga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2836-5346>

Universidade de Pernambuco, Brasil

E-mail: olimpia.alvarenga@upe.br

Márcia de Almeida Durão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7557-2319>

Centro Universitário Maurício de Nassau, Brasil

E-mail: marciadurao21@gmail.com

Gabriela Queiroz de Melo Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5616-3405>

Universidade de Pernambuco, Brasil

E-mail: gabriela.queiroz@upe.br

Tereza Januária Costa Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9888-0119>

Universidade de Pernambuco, Brasil

E-mail: terezacostadias@gmail.com

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar o estado geral dos diferentes aparelhos fotopolimerizadores utilizados em Clínica Escola de Odontologia da Uninassau-Recife/PE e sua eficácia na polimerização de resinas compostas. Para isto, foi avaliada a irradiância de 18 aparelhos e suas condições de uso quanto à integridade e higienização das ponteiros. Para a análise da eficácia foram confeccionados um total de 15 corpos de prova (Θ 6 mm x 2 mm), com a resina composta Filtek Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Os corpos de provas foram divididos em 3 grupos (n=5), sendo dois grupos fotoativados com os aparelhos utilizados na instituição, o Biolux Plus (Bioart, São Carlos, Brasil) e o Optilight Max (Gnatus, Barretos, Brasil); e um grupo (controle), utilizado o aparelho Valo Grand Cordless (Ultradent, Indaiatuba, Brasil), sendo submetidos ao teste de microdureza após 24h. Na microdureza, todos os corpos de prova apresentaram maiores médias no topo, sendo mais elevada no grupo controle e menores no grupo Optilight Max, com diferença significativa entre os grupos em cada superfície (p<0,001). A irradiância da maioria dos aparelhos fotoativadores avaliados (72,22%) estava adequada para utilização, apesar da perceptível necessidade de manutenção, pois 44,44% estavam com material resinoso aderido nas ponteiros e 38,89% com ponteiros danificadas. De forma geral, os aparelhos se encontravam apropriados para utilização. As resinas fotoativadas pelos diferentes aparelhos apresentaram microdureza satisfatória em apenas um dos dois dos aparelhos fotopolimerizadores testados, ressaltando a importância da manutenção periódica, bem como da necessidade de esclarecimentos aos acadêmicos sobre sua utilização.

Palavras-chave: Polimerização; Resinas Compostas; Luz.

Abstract

This work aimed to evaluate the general state of different light curing devices used at the clinical school of dentistry at Uninassau/PE and their effectiveness in the polymerization of composite resins. For this, we evaluate the irradiance of 18 devices and their conditions of use considering the integrity and sanitization of the tips. For the analysis of effectiveness, a total of 15 specimens (Θ 6 mm x 2 mm) were made with the composite resin Filtek Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA). The specimens were divided into 3 groups (n=5), two groups photoactivated with the devices used at the institution, the Biolux Plus (Bioart, São Carlos, Brazil) and the Optilight Max (Gnatus, Barretos, Brazil); and a control group using the Valo Grand Cordless device (Ultradent, Indaiatuba, Brazil), being submitted to the microhardness test after 24 hours. In microhardness, all specimens had higher means at the top, ~ were higher in the

control group and lower in the photoactivated group with Optilight Max, with a significant difference between the groups on each surface ($p < 0.001$). The irradiance of most photo-activator devices evaluated (72.22%) was adequate for use, despite the noticeable need for maintenance, as 44.44% had resin material adhered to the tips and 38.89% with damaged tips. In general, the devices were suitable for use. The resins photoactivated by the different devices showed satisfactory microhardness in only one of the two light curing devices tested, highlighting the importance of periodic maintenance, as well as the need for clarification to students about their use.

Keywords: Polymerization; Composite Resins; Light.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado general de los diferentes dispositivos de fotopolimerización utilizados en la Clínica Escuela de Odontología de la Uninassau-Recife / PE y su eficacia en la polimerización de resinas compuestas. Para ello, se evaluó la irradiancia de 18 dispositivos y sus condiciones de uso en cuanto a la integridad y desinfección de las puntas. Para el análisis de eficacia, se realizaron un total de 15 muestras (Θ 6 mm x 2 mm) con resina compuesta Filtek Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, EE. UU.). Los cuerpos de evidencia se dividieron en 3 grupos ($n = 5$), siendo dos grupos fotoactivados con los dispositivos utilizados en la institución, el Biolux Plus (Bioart, São Carlos, Brasil) y el Optilight Max (Gnatus, Barretos, Brasil); y un grupo control utilizando el dispositivo Valo Grand Cordless (Ultradent, Indaiatuba, Brasil), sometido a la prueba de microdureza después de 24 horas. En microdureza, todas las muestras obtuvieron medias más altas en la parte superior, sin diferencias significativas entre la parte superior e inferior ($p > 0.05$). La media y la mediana fueron mayores en el grupo control y menores en el grupo fotoactivado con Optilight Max, observándose una diferencia significativa entre los grupos en cada superficie ($p < 0.001$). La irradiancia de la mayoría de los fotoactivadores evaluados (72,22%) fue adecuada para su uso, a pesar de la notable necesidad de mantenimiento, ya que el 44,44% tenía material de resina adherido a las puntas y el 38,89% las puntas dañadas. En general, los dispositivos eran adecuados para su uso. Las resinas fotoactivadas por los diferentes dispositivos mostraron una microdureza satisfactoria en solo uno de los dos fotopolimerizables probados, destacando la importancia del mantenimiento periódico, así como la necesidad de instruir a los estudiantes sobre su correcto uso.

Palabras clave: Polimerización; Resinas Compuestas; Luz.

1. Introdução

A resina composta possui espaço consolidado na rotina clínica do cirurgião-dentista por ser um material versátil e por possuir diversas vantagens em propriedades físicas e mecânicas que potencializam o seu uso. Entretanto, é considerado um material operador dependente, por exigir que se cumpra cada etapa da técnica restauradora de forma correta, isso inclui o conhecimento acerca do aparelho fotoativador utilizado. Quando negligenciados, podem levar a danos que comprometem o sucesso e a longevidade do tratamento restaurador (Beolchi et al., 2015).

Para correta fotoativação e adequada conversão de monômeros em polímeros, deve-se respeitar a dose de energia mínima de 16 Joules por centímetros quadrados (J/cm^2), obtida pela multiplicação da irradiância do aparelho fotoativador pelo tempo de exposição de luz necessária. (Price et al., 2015; Price et al., 2020). Entretanto, condições como o nível de bateria, a integridade, limpeza e desinfecção e o tipo da ponteira do aparelho fotoativador (material e tamanho), assim como sua inclinação e distância da restauração, podem fazer com que a irradiância diminua, evidenciando a necessidade de conhecer o aparelho utilizado, ter atenção durante o uso e fazer manutenção periódica (Pereira et al., 2016; Rugeberg et al., 2017).

A fotoativação inadequada ocasiona subpolimerização dos materiais resinosos, podendo gerar problemas como descoloração, defeitos marginais, diminuição da resistência à flexão, fratura e desgaste que comprometem o sucesso do tratamento realizado (Beolchi et al., 2015; Silva et al., 2017).

Com o frequente uso de materiais que possuem sua reação de polimerização ativada por luz, os aparelhos fotoativadores são constantemente utilizados nas instituições de ensino pelos alunos da graduação e pós-graduação do Curso de Odontologia. Contudo, mesmo sendo um processo essencial para efetividade das restaurações, o processo de fotoativação ainda é subestimado e até negligenciado por profissionais e acadêmicos. (Beolchi et al., 2013), sendo relatada a falta de cuidados com os aparelhos, e com o protocolo de uso, prejudicando a eficácia dos aparelhos (Bezerra et al., 2021; Marson, 2010). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o estado geral e eficácia da polimerização dos aparelhos

fotoativadores utilizados na Clínica Escola da Faculdade de Odontologia do Centro Universitário Maurício de Nassau - Uninassau, Unidade Graças, Recife-PE. As hipóteses testadas nesse estudo foram que (1) todos os aparelhos fotoativadores encontrados na Clínica Escola estão apropriados para uso; (2) a microdureza não apresenta diferença entre os grupos fotoativados pelos diferentes aparelhos.

2. Metodologia

Trata-se de um estudo observacional e experimental *in vitro*, realizado na Clínica Escola de Odontologia do Centro Universitário Maurício de Nassau - Uninassau, unidade Graças, Recife/PE e no Laboratório Multiusuário de Pesquisa em Materiais (LMPM) da Faculdade de Odontologia de Pernambuco, FOP/UPE.

Análise da irradiância e integridade dos aparelhos

Com auxílio de um radiômetro (Gnatus, Barretos, Brasil) devidamente calibrado, foram realizadas as aferições da irradiância, especificando a marca e modelo de 18 aparelhos fotoativadores. A ponta ativa do aparelho foi posicionada de maneira centralizada e encostada à entrada do radiômetro. Foram efetuadas três leituras, sendo a primeira realizada 10 segundos após o fotopolimerizador ser ligado, seguida das demais leituras consecutivas, com intervalos de 30 segundos entre elas (40s e 70s). Também foi analisada a integridade dos aparelhos, sendo observado as condições das ponteiros e a limpeza do equipamento.

Os dados foram tabulados e as médias aritméticas das três leituras em mW/cm^2 foram contabilizadas. Os valores foram classificados em Apropriado (A), quando a intensidade de luz foi maior ou igual a 400mW/cm^2 , em Tempo de compensação (TC), quando a intensidade aferida foi entre 300mW/cm^2 e 400mW/cm^2 e em Manutenção (M), para valores obtidos inferiores a 300mW/cm^2 (Marson, 2010).

Teste de microdureza

Foram confeccionados o total de 15 corpos de prova discoides com o auxílio de matriz de aço inoxidável (6mm x 2mm) seguindo o modo de aplicação determinado pelos fabricantes da resina composta microhíbrida Filtek Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Após o preenchimento da matriz, foi colocada uma tira de poliéster e uma lâmina de vidro exercendo uma pressão digital durante 20 segundos para garantir uma melhor acomodação e remoção do excesso de material resinoso. Em sequência, a lâmina de vidro foi removida e realizada a fotoativação, de acordo com os respectivos grupos.

Os corpos de provas foram divididos em 3 grupos ($n=5$), sendo cada grupo fotoativado por aparelhos diferentes, o Biolux Plus (Bioart, São Carlos, Brasil) e o Optilight Max (Gnatus, Barretos, Brasil), utilizados na Clínica Escola Uninassau um grupo (controle) fotoativado com Valo Grand Cordless (Ultradent, Indaiatuba, Brasil), descritos na tabela 1.

Tabela 1. Aparelhos fotoativadores, tipo de lâmpada, comprimento de onda e intensidade de luz aferida.

Nome do aparelho/ Fabricante	Tipo de lâmpada	Comprimento de onda (nm)	Irradiância (mw/cm^2)	Tempo de fotoativação (s)
Valo Grand Cordless (Ultradent)	Multiwave	395 a 480 nm	1.400 mw/cm^2	20s
Biolux Plus (Bioart)	Monowave	470 nm	1.200 mw/cm^2	20s
Optilight Max (Gnatus)	Monowave	420 a 480 nm	800 mw/cm^2	20s

Fonte: Autores.

Após a fotoativação, os corpos de provas foram removidos das matrizes. O acabamento e o polimento foram realizados com pontas de Astropol (Ivoclar Vivadent) de média e baixa granulação, e escova de carbeto de silício Astrobrush (Ivoclar Vivadent), com movimentos intermitentes por 20s. Foi aferida a espessura em 3 locais dos corpos de prova com paquímetro digital e armazenados por 24h em água destilada, ao abrigo de luz.

O teste de Microdureza Vickers (HV), foi realizado no microdurômetro (INSIZE, Modelo ISHV-D120, São Paulo, Brasil), que possui um penetrador de diamante com formato piramidal. Foram realizadas 4 endentações na superfície do topo dos corpos de prova, com uma carga de 300g por um tempo de 15s (Espíndola-Castro et al., 2020).

O valor da HV foi determinado e fornecido pelo aparelho, sendo calculada através do quociente da carga aplicada dividido pela área de impressão da pirâmide, obtida através de um microscópio acoplado que permite obter as diagonais formadas pelos vértices opostos da base da pirâmide em cada ponto endentado.

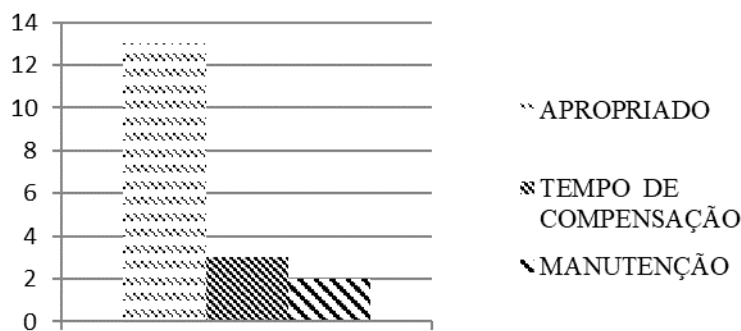
Os dados foram coletados através de uma planilha em Excel e depois exportados para o software IBM SPSS, versão 23, onde foram analisados descritivamente por meio das medidas: média, desvio padrão (média \pm DP) e mediana. Para avaliar diferença significativa entre os grupos em cada local (base e topo) foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis e para a comparação entre base e topo foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon pareado. A margem de erro utilizada na decisão dos testes estatísticos foi de 5%.

3. Resultados

Os resultados obtidos foram tabulados e analisados de acordo com a irradiância com limites determinados e com a condição das ponteiros dos aparelhos fotopolimerizadores, expressos em valores absolutos e percentuais. Foram avaliados 18 aparelhos, com intensidade que variaram de 100 mW/cm² a 1200 mW/cm², sendo realizada média aritmética das três aferições e classificadas de acordo com a intensidade encontrada.

Na avaliação da irradiância, 72,22% dos aparelhos apresentaram irradiância apropriada para uso; 16,66% dos aparelhos necessitariam de um tempo de compensação para uma correta polimerização de incremento e 11,11% dos aparelhos não atingiram intensidade mínima para adequada fotoativação de incrementos de 2mm de resina composta (Gráfico 1).

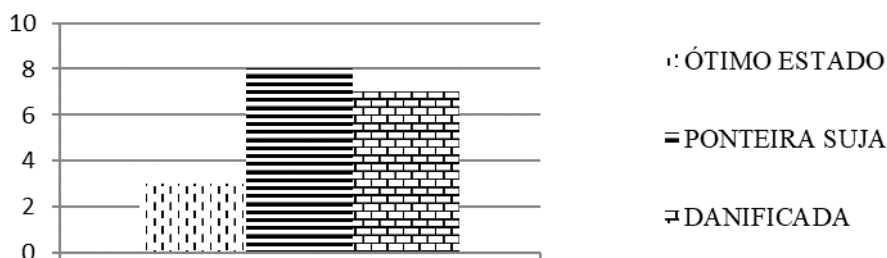
Gráfico 1. Resultado das irradiâncias dos aparelhos fotoativadores.



Fonte: Autores.

Quanto às condições do estado de conservação das ponteiros, 16,67% foram encontradas ponteiros em ótimo estado, 44,44% estavam sujas com materiais restauradores e 38,89% danificadas e inadequadas para uso (Gráfico 2).

Gráfico 2. Condições de uso das ponteiros dos aparelhos fotopolimerizadores.



Fonte: Autores.

Na Tabela 2 podem ser encontrados os valores da microdureza por grupo e local da amostra onde se destaca que em cada local da amostra, a média e a mediana foram mais elevadas no grupo Valo e menores no grupo Optilight, sendo observadas diferenças significativas entre os grupos em cada local. Foram observadas médias mais elevadas no topo do que na base em todos os grupos, entretanto sem diferença significativa ($p > 0,05$) entre os locais.

Tabela 2. Microdureza Vickers por grupo e local da amostra.

Local da amostra	Grupo			Valor de p
	Valo Grand Média ± DP (Mediana)	Optilight Max Média ± DP (Mediana)	Biolux Plus Média ± DP (Mediana)	
Topo	86,50 ± 1,88 (87,35) ^(A)	72,05 ± 3,45 (72,41) ^(B)	76,75 ± 1,71 (76,28) ^(C)	$p^{(1)} < 0,001^*$
Base	75,78 ± 3,45 (74,41) ^(A)	46,77 ± 9,32 (42,71) ^(B)	65,31 ± 7,07 (67,03) ^(C)	$p^{(1)} < 0,001^*$
Valor de p	$p^{(2)} = 0,063$	$p^{(2)} = 0,063$	$p^{(2)} = 0,063$	

(*) Diferença significativa ao nível de 5,0%; (1) Pelo teste Kruskal Wallis comparações pareadas do referido teste. (2) Pelo teste Wilcoxon pareado. Obs. Se as letras entre parênteses são todas distintas, comprova-se diferença significativa entre os grupos correspondentes. Fonte: Autores.

4. Discussão

Apesar da maioria dos aparelhos fotoativadores avaliados neste estudo serem considerados apropriados para ser utilizados de acordo com a irradiância que apresentaram ($\geq 400\text{mW}/\text{cm}^2$), uma parcela necessitava de manutenção e, ainda assim, estava em uso, rejeitando a primeira hipótese testada. Ao observarmos o resultado de microdureza do grupo fotoativado com um dos aparelhos que apresentava ponteira suja com detrito e levemente danificada, pode ser visto que apesar de obter uma média de dureza apropriada no topo, a camada mais profunda (base) obteve valores menores quando comparado com o controle positivo, sugerindo um comprometimento da eficácia do fotoativador, rejeitando a segunda hipótese testada. Diante da necessidade de uma adequada fotoativação, a qualidade e a manutenção da fonte de luz são essenciais para o sucesso restaurador.

Um dos principais parâmetros a ser observado para uma polimerização efetiva é a quantidade de fótons emitidos na extremidade da ponteira, também entendida como emissão radiante ou irradiância (mW/cm^2) (Rueggeberg et al., 2017). A literatura diverge em relação ao valor mínimo indicado, utilizando intervalos entre $400\text{-}500\text{mW}/\text{cm}^2$ como referências mínimas para uma fotoativação satisfatória de um incremento de resina composta de 2mm, pelo tempo de 40 segundos (Price, 2017; Watts et al., 2019; Shimokawa et al., 2016). Os materiais resinosos fotoativados por aparelhos inapropriados não atingem um adequado grau de conversão, prejudicando suas características físicas e mecânicas. Clinicamente as consequências podem ser

observadas através da alteração de cor, fendas na interface, microinfiltração, sensibilidade pós-operatória, trincas e favorecimento à fratura da coroa do elemento dentário (Beolchi et al., 2015; Silva et al., 2017)

Para a literatura, a irradiância pode ser alterada devido a fatores como: integridade, tipo e tamanho da ponteira.(Rueggeberg et al., 2017). Para Ribeiro et al. (2016) a degradação da ponteira do aparelho fotoativador, decorrente do uso diário e de fatores como presença de detritos ou rupturas das fibras, compromete a capacidade de transmissão de luz, resultando na diminuição irradiância emitida. No nosso estudo observamos que grande parte dos aparelhos se apresentavam com ponteira suja de material restaurador e em diferentes graus de fratura. Esse resultado corrobora com o estudo de Beltrani et al. (2012) que observaram que 91,7% dos 26 aparelhos estudados, apresentavam-se com a ponteira com presença de detritos. Entretanto, no nosso estudo, apesar de sujas e algumas unidades levemente danificadas, alguns aparelhos ainda emitiam uma irradiância considerada apropriada para fotoativação.

Outros fatores como o nível de bateria e distância entre a ponta do aparelho e a restauração também podem fazer com que a irradiância diminua (Pereira et al., 2016; Al-Zain & Platt, 2021). Para esse estudo, todos os aparelhos fotoativadores testados foram carregados completamente antes da análise da irradiância e teste de microdureza. Nesse ultimo, a resina composta utilizada foi fotoativada com a ponta do aparelho encostada na tira de poliéster que os separavam, evitando perda de energia pelo distanciamento.

Uma das limitações desse estudo está na realização da análise da irradiância através do uso de radiômetros. Dois principais fatores podem influenciar na precisão do teste, sendo eles: a uniformidade do feixe de luz, que pode apresentar vários comprimentos de onda e picos de luz dentro de uma mesma unidade, e a distancia de posicionamento da ponta do aparelho fotoativador no leitor do radiometro, contraindicando o uso para comparações entre aparelhos, e devendo ser utilizados apenas para monitoramento da mesma fonte de luz ao longo do tempo (Assaf et al., 2020; Suliman et al., 2020).

Uma forma de se avaliar o desempenho da fotopolimerização em estudos laboratoriais é através do teste de microdureza de amostras de resinas submetidas ao processo. (Alrahlah et al., 2014) Há uma relação direta entre intensidade de luz, qualidade e integridade do aparelho, grau de conversão e consequente dureza dos materiais resinosos. Para comparar a capacidade de fotopolimerização de diferentes unidades de luz, a dureza deve ser medida na camada mais profunda do incremento de resina composta. (Price et al., 2015; Souza-Júnior & Brandt, 2014)

Neste estudo, na microdureza do grupo fotoativado com o aparelho Optilight Max (Gnatus, Brasil), pode ser visto que, apesar de obter uma média de dureza elevada no topo, a camada mais profunda (base) obteve o menor resultado e diferença significativa quando comparado com o controle (Valo Grand) e um outro aparelho da Clínica Escola (Biolux Plus, Bioart, Brasil). Esse resultado pode ser explicado pela redução na capacidade de transmissão de luz, visto que o aparelho apresentava ponteira suja com detrito e levemente danificada (Ribeiro et al., 2017; Rueggeberg et al., 2017), e/ou pela diminuição da irradiância do aparelho ocasionada pela degradação da fonte de luz utilizada por um longo período com grande frequência de ciclos seguidos (Friedman, 1989). De toda forma, pode-se considerar que polimerização foi efetiva para o grupo Valo Grand (controle), e o grupo Biolux, mas não para o grupo Optilight Max.

Apesar das limitações deste estudo, os resultados corroboram com trabalhos encontrados na literatura e mostram a necessidade de uma adequada manutenção dos aparelhos fotoativadores, bem como da necessidade de esclarecimentos a graduandos sobre a utilização. Reitera-se também a necessidade de estudos clínicos e laboratoriais que reforcem a importância da manutenção periódica e a relação com o processo de formação profissional. Como forma de minimizar a deterioração dos aparelhos fotoativadores e redução da sua eficácia, podem ser realizados processos de manutenção periódica, com troca de componentes danificados, higienização e desinfecção e proteção dos aparelhos com barreiras plásticas, evitando assim contaminação cruzada e que detritos de resina fiquem aderidos à ponteira do aparelho após seu uso, o que comprometeria a efetividade da sua fotoativação.

5. Conclusão

A maioria dos aparelhos avaliados apresentaram irradiância apropriada para uso, apesar da maioria se encontrar com ponteiros sujas de materiais resinosos ou danificadas. Evidencia-se a necessidade de um programa de manutenção periódica dos aparelhos fotoativadores utilizados na Clínica Escola de Odontologia da Uninassau/PE, com a aferição da irradiância e substituição dos aparelhos comprometidos.

Reitera-se a necessidade de esclarecimentos e reavaliação de protocolos dos acadêmicos sobre a importância da manutenção, correta utilização, higienização e desinfecção dos aparelhos fotoativadores, como protocolo a ser realizado no cotidiano profissional, bem como a necessidade de mais estudos que reforcem esse tema.

Referências

- Al-Zain, A. O., & Platt, J. A. (2021). Effect of light-curing distance and curing time on composite microflexural strength. *Dental Materials Journal*, 40(1), 202–208.
- Alrahlah, A., Silikas, N., & Watts, D. C. (2014). Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dental Materials*, 30(2), 149–154.
- Assaf, C., Fahd, J. C., & Sabbagh J. (2020). Assessing dental light-curing units' output using radiometers: A narrative review. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 10, 1-8.
- Beltrani, F. C., Caldarelli, P. G., & Kossatz, S. (2012). Avaliação da intensidade de luz e dos componentes dos aparelhos fotopolimerizadores da Clínica Odontológica da Universidade Estadual de Londrina. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Saúde/Brazilian Journal of Health Research*, 5–11.
- Beolchi, R. S., Moura-Netto, C., Palo, R. M., Torres, C. R. G., & Pelissier, B. (2015). Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances. *Brazilian Oral Research*, 29(1), 1–7.
- Bezerra, A. L. C. A., Dias, T. J. C., Durão, M. de A., Monteiro, G. Q. de M., & Gomes, A. S. L. (2021). Avaliação do nível de conhecimento de acadêmicos de Odontologia sobre fotopolimerização. *Revista da Abeno*, 21(1), 1065.
- Espíndola-Castro, L. F., Durão, M. de A., Pereira, T. V. G., Cordeiro, A. K. de B., & Monteiro, G. Q. de M. (2020). Evaluation of microhardness, sorption, solubility, and color stability of bulk fill resins: A comparative study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 12(11), e1033–e1038.
- Friedman, J. (1989). Variability of lamp characteristics in dental curing lights. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 1(6), 189-90
- Marson, F. C., Mattos, R., & Sensi, L. G. (2010). Avaliação das condições de uso dos fotopolimerizadores. *Revista Dentística on line*, 9 (19), 15–19.
- Pereira, A. G., Raposo, L. H. A., Teixeira, D. N. R., Gonzaga, R. C. Q., Cardoso, I. O., Soares, C. J., & Soares, P. V. (2016). Influence of battery level of a cordless LED unit on the properties of a nanofilled composite resin. *Operative Dentistry*, 41(4), 409–416.
- Price, R. B., Ferracane, J. L., & Shortall, A. C. (2015). Light-Curing Units. *Journal of Dental Research*, 94(9), 1179–1186.
- Price, R. B. T. (2017). Light curing in dentistry. *Dental clinical of North America*, 61, 751–778.
- Price, R. B., Ferracane, J. L., Hickel, R., & Sullivan, B. (2020). The light-curing unit: An essential piece of dental equipment. *International Dental Journal*, 70(6), 407–417.
- Ribeiro, R. A. de O., Lima, F. F. de C., Lima, I. M., Nascimento, A. B. L. do, & Teixeira, H. M. (2016). Avaliação da intensidade de luz e da manutenção dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados em clínicas odontológicas da cidade do Recife-PE. *Revista de Odontologia Da UNESP*, 45(6), 351–355.
- Beolchi, R.S., Forti, W., Garófalo, J.C., & Palo, R.M. (2013). O seu fotopolimerizador está preparado para novos materiais? *Revista da Associação Paulista de Cirurgiões-Dentistas*, 01(2), 186–196.
- Rueggeberg, F. A., Giannini, M., Arrais, C. A. G., & Price, R. B. T. (2017). Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Brazilian Oral Research*, 31, 64–91.
- Shimokawa, C. A., Halow, J. E., Turbino, M. L., & Price, R. B. (2016). Ability of four dental radiometers to measure the light output from nine curing lights. *Journal of Dentistry*, 54, 48-55.
- Silva, F. J. V. da, Silva, E. L. da, Januário, M. V. S., Vasconcelos, M. G., & Vasconcelos, R. G. (2017). Técnicas para reduzir os efeitos da contração de polimerização das resinas compostas fotoativadas. *Rev. Salusvita (Online)*, 36(1), 187–203.
- Souza-Júnior, E. J., & Brandt, W. C. (2014). clínicas Fotoativação na Atualidade: Conceitos e Técnicas Clínicas. *Clinica - International Journal of Brazilian Dentistry*, 10(2), 24–30.
- Suliman, A. A., Abdo, A. A., & Elmasmari H. A. (2020). Training and experience effect on light-curing efficiency by dental practitioners. *Journal of Dental Education*, 84(6), 652–659.
- Watts, D. C., Kaiser, C., O'Neill, C., & Price, R. B. (2019). Reporting of light irradiation conditions in 300 laboratory studies of resin-composites. *Dental Materials*, 35(3), 414–421.