



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

SHEILA CELIA MONDRAGÓN CONTRERAS

**INFLUÊNCIA DO MODO DE FOTO ATIVAÇÃO NO GRAU DE
CONVERSÃO, E ADAPTAÇÃO MARGINAL E INTERNA DE
RESTAURAÇÕES CLASSE II COM RESINAS COMPOSTAS
*BULK FILL***

2017

SHEILA CELIA MONDRAGÓN CONTRERAS

**INFLUÊNCIA DO MODO DE FOTO ATIVAÇÃO NO GRAU DE CONVERSÃO, E
ADAPTAÇÃO MARGINAL E INTERNA DE RESTAURAÇÕES CLASSE II COM
RESINAS COMPOSTAS *BULK FILL***

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Área de Dentística.

Orientadora: Profa. Assist. Dra. Taciana Marco Ferraz Caneppele

São José dos Campos

2017

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2018]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Contreras, Sheila Celia Mondragón

Influência do modo de foto ativação no grau de conversão, e adaptação marginal e interna de restaurações classe II com resinas compostas bulk fill

/ Sheila Celia Mondragón Contreras. - São José dos Campos : [s.n.], 2017.
87 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora) - Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2017.

Orientadora: Taciana Marco Ferraz Caneppele.

1. Fenda marginal. 2. Resina composta. 3. Polimerização. I. Caneppele, Taciana Marco Ferraz, orient. II. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. IV. Universidade Estadual Paulista (Unesp). V. Título.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Taciana Marco Ferraz Caneppele (Orientador)

Instituto de Ciência e Tecnologia
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Campus de São José dos Campos

Prof. Adj. Eduardo Bresciani

Instituto de Ciência e Tecnologia
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Campus de São Jose dos Campos

Profa. Dra. Gabriela Queiroz de Melo Monteiro

Universidade de Pernambuco
Faculdade de Odontologia

São José dos Campos, 19 de Dezembro de 2017.

DEDICATÓRIA

À minha mãe Carmen Contreras, meu pai Wilder Mondragón, meus irmãos Favio e Massiel e meu esposo Bruno Lepre pelo amor incondicional a força e apoio constante que fizeram possível a finalização desta etapa da minha profissão.

AGRADECIMENTOS

Principalmente a Deus que esta presente desde sempre na minha vida, guiando meus passos.

À minhas avós Leonor e Célia, meu avô Honorato, minhas tias Rosa, Ines, Nancy, Sonia, Marisol, Ruth e Liz, e todos meus primos.

À minha orientadora Taciana Marco Ferraz Caneppele pela dedicação e confiança que fez possível a realização deste trabalho.

À UNESP, pela oportunidade concedida para minha formação profissional.

À ULTRADENT, na pessoa do Dr. Renato Pallo Miotto, pelo empréstimo do equipamento MARC para medição da irradiância.

Aos meus colegas e amigos que estiveram me mostrando seu carinho e apoio constante.

A todo o corpo docente do programa de Pós-graduação em Odontologia Restauradora.

À CAPES pela concessão de bolsa que ajudou na minha estadia no Brasil.

SUMÁRIO

RESUMO.....	07
ABSTRACT.....	09
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Estudos da irradiância e grau de conversão das restaurações com resina bulk fill.....	13
2.2 Estudos sobre a formação de fendas nas restaurações com resina bulk fill.....	20
2.3 Estudos clínicos de restaurações com resina bulk fill.....	24
2.4 Unidades fotopolimerizadores.....	27
2.5 Informações técnicas das resinas bulk fill.....	32
3 PREPOSIÇÃO.....	36
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.1 Delineamento experimental.....	37
4.1.1 Unidades experimentais.....	37
4.1.2 Fatores de estudo.....	37
4.1.3 Variáveis resposta.....	38
4.2 Características dos materiais utilizados.....	38
4.3 Medição da Irradiância.....	39
4.4 Grau de conversão.....	41
4.5 Preparo dos espécimes.....	43
4.6 Divisão dos grupos experimentais	45
4.7 Técnica restauradora.....	45
4.8 Avaliação da fenda marginal gengival	48
4.9 Envelhecimento artificial por ciclagem termo-mecânica.....	48
4.10 Avaliação da fenda interna.....	51
4.11 Planejamento estatístico.....	52
5 RESULTADOS.....	54
5.1 Irradiância.....	54
5.2 Grau de conversão.....	57
5.3 Fenda marginal.....	59
6 DISCUSSÃO.....	66

7 CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS.....	76

Contreras SCM. Influência do modo de foto ativação no grau de conversão, e adaptação marginal e interna de restaurações classe II com resinas compostas *bulk fill* [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2017.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a efetividade de diferentes modos de foto ativação das resinas compostas *bulk fill* comparando com as resinas convencionais, analisando sua influência na irradiância, no grau de conversão, assim como na formação de fendas internas e marginais em restaurações classe II tipo slot vertical, após envelhecimento artificial. Cento e sessenta incisivos bovinos foram cortados e desgastados para simular dentes posteriores, nos quais foram realizados preparos classe II. Os espécimes foram divididos em quatro grupos de acordo com o material restaurador utilizado: Tetric N-Ceram Bulk Fill (TB), Admira Fusion X-tra Bulk fill (AB), Tetric N-Ceram (TC) e GrandioSO (GO). As resinas *bulk fill* foram inseridas em incremento único de 4 mm e nos demais grupos foi utilizada a técnica incremental oblíqua (2 mm). A foto ativação foi realizada com os aparelhos do tipo *Monowave* (MW) ou *Polywave* (PW) nos dois modos (alta intensidade contínua e rampa). A medição da irradiância foi feita utilizando espectroradiômetro Patient Simulator (MARC-PS). O grau de conversão foi avaliado através da reflectância total atenuada (ATR) do espectrômetro (FTIR). As superfícies superiores das amostras foram irradiadas *in loco* durante 20 s. O espectro da superfície inferior foi registrado em tempo real e após 15 min da irradiação. As fendas foram avaliadas em estereomicroscópio (50x). As fendas marginais externas foram avaliadas antes e após a ciclagem termomecânica. Para fenda interna, os espécimes foram seccionados e então avaliados. Os dados foram submetidos à ANOVA um e dois fatores e teste Tukey. Em relação à irradiância o aparelho LED *Monowave* apresentou maior valor de irradiância (1822,2 mW/cm² - AIC; 1748,1 mW/cm² - R); na análise do GC, o teste ANOVA dois fatores mostrou diferença significativa ($p < 0,05$) para o fator tipo de resina. A resina TB apresentou o menor grau de conversão, e AB o maior GC. Para fenda marginal foi encontrada diferença significativa para o fator fotopolimerização e interação resina x fotopolimerização ($p < 0,05$). Resina TC fotopolimerizada PW/AIC apresentou maior média de fenda marginal (13,94 μ m) e TC fotopolimerizada MW/AIC a menor (9,59 μ m). Após o envelhecimento termomecânico a resina GO fotopolimerizada PW/R apresentou maior porcentagem de aumento de fenda marginal (48,54%) e maior fenda interna quando fotopolimerizada MW/AIC (85,05 μ m). Concluiu-se que o tipo fotopolimerização não influenciou no grau de conversão. As restaurações polimerizadas com o fotopolimerizador *Polywave* apresentaram os maiores valores de fenda marginal externa. As resinas *bulk fill* apresentaram menores valores de

fenda marginal e interna após o envelhecimento termomecânico quando comparadas com restaurações de resinas convencionais.

Palavras-chave: Fenda marginal. Resina composta. Polimerização.

Contreras SCM. Influence of light curing mode on degree of conversion, and marginal and internal adaptation of class II bulk fill resin restoration [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2017.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of different photo activation modes on irradiance, the degree of conversion and formation of internal and external gaps in class II restorations using bulk fill resins. One hundred and sixty bovine incisors were cut and worn to simulate posterior teeth, in which class II preparations were performed. The specimens were divided into four groups according to the restorative material used: Tetric N-Ceram Bulk Fill (TB), Admira fusion X-tra Bulk fill (AB), Tetric N-Ceram (TC), GrandioSO (GO). The bulk fill resins were inserted in a single increment of 4 mm, and in the other groups, the incremental oblique technique was used. The photo activation was performed with a Monowave (MW) or Polywave (PW) light curing devices selecting two modes (high continuous intensity (HCI) and soft start (SS)). The irradiance measurement was performed using Patient Simulator (MARC-PS) in HCI and SS modes, for 20 s. For the degree of conversion, 2 mm and 4 mm high and 5 mm diameter molds were prepared for resin insertion directly on the attenuated total reflectance (ATR) spectrometer (FTIR). The upper surfaces of the samples were irradiated in situ for 20 s with the light curing apparatus in the modes (HCI) and (SS), the lower surface spectra was recorded continuously in real time and then at 15 min after irradiation. For the evaluation of the external gap each specimen was evaluated twice, one before and one after the thermomechanical cycling. For internal gap, the specimens were sectioned and evaluated using the stereomicroscope using a 50x magnification. About the irradiance, the Monowave LED showed the highest irradiance values (1822,2 mW/cm² - HCI; 1748,1 mW/cm² - SS), in the DC analysis, the two way ANOVA test showed significant difference ($p < 0.05$) for the resin type. TB showed the lowest DC, with a statistical difference for AB. For the marginal gap, a significant difference was found for the photopolymerization factor and resin x photopolymerization interaction ($p < 0.05$). TC light cured by PW/HCI showed the highest average marginal gap (13.94 μm) and TC light cured by MW / HCI revealed the lowest (9.59 μm) marginal gap. After thermomechanical aging, GO light cured by PW / SS had a higher percentage of increasing marginal gap (48.54%) and the highest internal gap when light cured by MW / HCI (85.05 μm). It was concluded that the type of photopolymerization did not influence the degree of DC. The restorations light cured by PW device showed the highest external marginal gaps. Bulk fill resins exhibited lower marginal and internal gap values after thermomechanical aging when compared with conventional resin.

Keywords: Marginal gap. Resin composite. Polymerization.

1 INTRODUÇÃO

Desde a sua introdução, há mais de cinco décadas, as resinas compostas vêm mostrando sua versatilidade no desenvolvimento de uma ampla gama de aplicações, aumentando as exigências quanto ao seu desempenho clínico (Ferracane et al., 2011). O desenvolvimento de materiais ativados por luz facilitou a manipulação do compósito e melhorou a qualidade das restaurações. Porém, surgiram outros inconvenientes, tais como tensão de contração de polimerização e a subpolimerização dos compósitos (Rueggeberg, 2011).

Como resultado da reduzida irradiância de luz que passa através de resinas compostas, o grau de conversão diminui com o aumento da espessura do material (Watts et al., 1987). A polimerização insuficiente pode influenciar negativamente nas propriedades físicas, químicas e biológicas das resinas compostas (Ferracane et al., 1997), podendo levar à falha da restauração devido a maior chance de fratura, cáries secundárias, ou desgaste excessivo da restauração (Price et al., 2015). Além disso, também pode haver a formação de fendas marginais na interface dente resina estas surgem quando as tensões de contração induzidas pela fotopolimerização são superiores à resistência de união dos tecidos dentais, possivelmente levando à infiltração marginal e, finalmente, aos sinais clínicos e sintomas que vão desde descoloração marginal, sensibilidade pós-operatória a carie secundária (Totiam et al., 2007; Carvalho et al., 1996).

Para minimizar estes problemas, surgiram diversas técnicas para a manipulação das resinas compostas ativadas por luz, sendo a técnica de estratificação incremental reconhecida como protocolo padrão convencional para a colocação das resinas compostas nas restaurações dentais (Park et al., 2008), amplamente recomendada para garantir uma polimerização adequada. Esta técnica preconiza o uso de incrementos horizontais ou oblíquos com até 2 mm de espessura (Lutz et al., 1986). No entanto, existem desvantagens associadas com esta técnica, tais como: a incorporação de bolhas, um maior risco de contaminação entre camadas e um tempo de trabalho estendido (El-Safty et al., 2012).

O aperfeiçoamento das resinas compostas para que possam superar estas desvantagens e melhorar suas respectivas técnicas de aplicação foi o impulso para

o desenvolvimento de um novo compósito, as resinas compostas *bulk fill*. Este tipo de resina composta pode ser aplicado em incrementos de até 4-6 mm de espessura e podem ser classificados de acordo com a consistência em fluídas ou resinas de consistência regular (Czasch, Ilie, 2013; Benetti et al., 2015). A possibilidade de polimerização de incrementos maiores que 2 mm oferecidas pelas resinas *bulk fill* é devido a mudanças na sua composição química, como a incorporação de novas tecnologias, destacando os moduladores específicos de polimerização e sistemas foto iniciadores altamente reativos à luz (Czasch, Ilie, 2013; Manhart, Hickel 2014).

As resinas *bulk fill* apresentam geralmente uma maior translucidez para alcançar profundidades maiores de polimerização, utilizando, para tanto, menor porcentagem de carga com tamanhos de partículas maiores, resultando em reduzida dureza comparadas com compósitos convencionais (Ilie, Hickel, 2011; Czasch, Ilie, 2013). Este tipo de resina segundo diversos estudos evidenciou diminuição da tensão de contração de polimerização (El-Damanhoury, Platt, 2014), reduzida deflexão das cúspides nas restaurações de cavidades classe II, quando comparados com a técnica de camadas incrementais oblíquas (Moorthy et al., 2012) além de boa resistência de união (Van Ende et al., 2013).

Em alguns compósitos *bulk fill*, a canforoquinona (CQ), que é o foto iniciador mais comum das resinas convencionais, também é utilizada (Kwon et al., 2012). Porém, outros foto-iniciadores também foram incorporados às resinas *bulk fill*, como na resina Tetric N-ceram Bulk fill que contém Ivocerin como foto iniciador adicional, sistema com maior reatividade de fotopolimerização (Moszner et al., 2008).

Para obter uma adequada polimerização, três características são essenciais para a unidade fotopolimerizadora: saída de luz adequada, faixa de comprimento de onda da luz adequada e tempo de exposição (Knezevic et al., 2001). Outros fatores que afetam a profundidade de cura incluem o tipo de resina, translucidez, espessura do incremento, a distância a partir da ponta da unidade fotopolimerizadora, e o tamanho e a distribuição de partículas de carga em sua composição (Kramer et al., 2008).

Existe uma forte relação entre o protocolo de fotopolimerização e as propriedades mecânicas da resina (Dewaele et al., 2009). A aplicação de diferentes modos de fotopolimerização foi idealizada como uma forma de reduzir as

desvantagens da polimerização (Ilie et al., 2011). As características de cura variam dependendo da composição do material (Feilzer, Dauvillier, 2003), que podem influenciar a eficácia de protocolos de foto ativação com irradiação modulada.

Um estudo que avaliou a influência de baixa irradiância inicial de fotopolimerização sobre o desenvolvimento tensão de contração de três materiais resinosos encontrou reduções nas tensões de contração entre 19 e 30%, quando comparados com a exposição contínua de luz de alta intensidade utilizando a densidade de energia semelhante (Lim et al., 2002).

No entanto trabalhos que avaliem os diferentes modos de foto ativação e os efeitos sobre a as resinas *bulk fill* são escassos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A elaboração desta revisão da literatura tem por objetivo abordar algumas das mais relevantes pesquisas que precederam este estudo. Para facilitar o entendimento dos estudos relatados a seguir, a revisão da literatura foi dividida em cinco tópicos: Estudos da irradiância e grau de conversão das restaurações com resinas *bulk fill*, estudos sobre a formação de fendas nas restaurações com resina *bulk fill*, estudos clínicos envolvendo resinas *bulk fill*, unidades fotopolimerizadoras, e informações técnicas das resinas *bulk fill*.

2.1 Estudos sobre a irradiância e grau de conversão das resinas *bulk fill*

Um estudo realizado por Alshali et al. (2013) avaliou o grau de conversão, comparando resinas compostas fluidas *bulk fill* com resinas compostas convencionais de consistência fluida ou regular. Foram estudadas no total oito resinas compostas, sendo 4 da categoria *bulk fill*: Surefil SDR (SDR), Venus Bulk Fill (VBF), X-tra base (XB) e Filtek Bulk Fill (FBF) e 4 resinas compostas convencionais: Venus Diamond Flow (VDF), GrandioSO Flow (GRF), Venus Diamond (VD) e GrandioSO (GR). Para avaliar o grau de conversão foi utilizada espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier com cristal de reflectância total atenuada (ATR-FTIR) onde foi colocada uma fina camada de cada resina e fotopolimerizada por 20 s utilizando lâmpada halógena (Optilux 501, Kerr Corporation, USA) com irradiância de 600 mW/cm² no modo *standard*. A mensuração do grau de conversão foi realizada imediatamente após a fotopolimerização (n = 3), e após 24 h de armazenamento a 37 °C (n = 3). Imediatamente após a fotopolimerização, os valores médios de grau de conversão dos diferentes materiais foram os seguintes: GRF> VDF> SDR> VBF> XB> GR> FBF <VD e variou de 34,7 a 77,1%. 24 h após a fotopolimerização, os valores de grau de conversão foram os seguintes: GRF> VBF>VD> SDR> VDF> GR> XB <FBF e variou de 50,9 a 93,1%. A resina GRF apresentou valores de grau de conversão significativamente maiores que as demais

resinas em ambos os intervalos de tempo, que pode ser atribuído a sua alta concentração de monómero de TEGDMA. Enquanto XB e FBF apresentaram valores significativamente mais baixos às 24 h após a fotopolimerização. Os valores de grau de conversão 24 h após a fotopolimerização das resinas *bulk fill* SDR e VBF foram comparáveis às resinas compostas convencionais estudadas; a química da resina não pareceu influir negativamente no processo de polimerização nestes materiais.

Em 2013, Ilie et al. avaliaram a influência da espessura do material, tempo e a distância de irradiação nas propriedades micromecânicas e na cinética de polimerização de duas resinas *bulk fill*: Tetric EvoCeram Bulk Fill e X-tra base. As propriedades micromecânicas foram dureza Vickers, profundidade de cura e módulo de endentação. Para a cinética de polimerização foi realizada a mensuração do grau de conversão durante o processo de fotopolimerização. A profundidade para a inserção da resina variou entre 0 e 6 mm, o tempo de irradiação variou entre 10, 20 e 40 s, e a distância da ponta do fotopolimerizador foi de 0 e 7 mm. Os parâmetros tempo de irradiação, distância da ponta da luz e profundidade mostraram uma influência mais forte na resina Tetric EvoCeram Bulk Fill. Os parâmetros acima mencionados influenciaram o início da polimerização (fase gel), e foram de menor importância para a fase pós-gel. As propriedades mecânicas entre os dois materiais testados, tempo de polimerização e profundidade revelaram valores mais altos para a resina composta *bulk fill* X-tra base do que para Tetric EvoCeram Bulk Fill. Os autores observaram que com o aumento da distância entre a ponta do fotopolimerizador e a superfície da amostra há diminuição em todos os parâmetros avaliados independentemente do material, da espessura ou do tempo de irradiação.

Bucuta e Ilie (2014) realizaram um estudo para quantificar a luz que passa em diferentes espessuras de resinas compostas *bulk fill*, em comparação com resinas compostas convencionais, e avaliar a influência nas propriedades mecânicas. Foram analisadas sete resinas *bulk fill*, três de consistência regular: X-tra fil (Voco), SonicFill (Kerr) e Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent); e quatro fluídas: SDR (Dentsply), Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), X-tra base (Voco) e Filtek Bulk Fill Flow (3M). Estas foram comparadas com cinco resinas nano híbridas de viscosidade regular: GrandioSO (Voco), Premise (Kerr), Tetric Evo Ceram (Ivoclar Vivadent), Venus Diamond (Heraeus Kulzer) e Ceram X mono (Dentsply) e duas

resinas fluídas: GrandioSO Heavy Flow (Voco) e Clearfil Majesty Flow (Kuraray). As amostras foram confeccionadas em três espessuras incrementais (2, 4 e 6 mm) e foram fotopolimerizadas durante 20 s com o fotopolimerizador LED Elipar FreeLihgt 2 (3M). Um espectrômetro (MARC Resin Calibrator, BlueLight Analytics Inc., Halifax, Canada), monitorou em tempo real a irradiação transmitida. Propriedades micromecânicas [Dureza Vickers (HV), e módulo de endentação, (E)] foram medidos na parte superior e inferior. Os resultados mostraram que as resinas *bulk fill* (exceto SonicFill) foram mais translúcidas do que as resinas convencionais. As resinas *bulk fill* de baixa viscosidade apresentaram os menores valores de propriedades mecânicas. Os autores concluíram que a profundidade da cura é dependente da translucidez da resina.

Ilie e Stark (2014) avaliaram as variações nas propriedades micromecânicas em função da profundidade, do modo de irradiação e da distância de exposição de três resinas compostas *bulk fill* de alta viscosidade: Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), X-tra Fill (Voco) e SonicFill (Kerr). As propriedades micromecânicas foram: dureza Vickers (HV) e módulo de endentação (E). Foram confeccionadas amostras com preparos simuladas de 6 mm de profundidade ($n = 5$) e polimerizados sob 16 diferentes tipos de condições de fotopolimerização utilizando a unidade de fotopolimerização LED VALO (Ultradent). A duração da exposição foi de 5, 20 e 40 s no modo de potência *standard*; 3, 4 e 8 s no modo de alta potência; e 3 e 6 s no modo extra potência ou plasma; e a distância de exposição foi de 0 e 7 mm. A densidade de energia variou de 2,63 a 47,03 J/cm². As medições foram realizadas após 24 h de armazenamento em água destilada a 37 °C. A profundidade de cura foi calculada indiretamente pela análise da microdureza. Foi identificado um menor limite de densidade de energia, permitindo um volume de material de 4 mm (5,88 J/cm² para Tetric EvoCeram Bulk Fill, 7,0 J/cm² para X-tra fil e 23,51 J/cm² para SonicFill). Este limite aumentou para 47,03 J/cm² para uma colocação de incrementos únicos de 5 mm, tal como as indicações da resina composta *bulk fill* SonicFill. Para manter as propriedades mecânicas em profundidade, no entanto, foi necessária uma densidade de energia de pelo menos 23,51 J/cm² para Tetric Evo Ceram Bulk Fill e X-tra fil e 47,03 J/cm² para SonicFill, respectivamente. Esta densidade de energia deve ser alcançada com irradiância moderada e aumento do tempo de cura.

Leprince et al. (2014) estudaram as características físico-mecânicas das resinas *bulk fill*, em condições de fotopolimerização ótimas em comparação com as resinas compostas convencionais. Foram selecionadas nove resinas *bulk fill*: 4 resinas *bulk fill* de consistência regular [Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), X-tra Fil (VOCO), SonicFill (Kerr) e Xenius (GC)], 5 resinas *bulk fill* de consistência fluida [Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer-), SDR (Dentsply), Filtek Bulk Fill (3M ESPE) X-tra Base (VOCO), Coltene Dual-cure Bulk Fill (Coltene Whaledent)], as quais foram comparadas a duas resinas compostas convencionais, uma de consistência fluida [GrandioSO Flow (VOCO)] e outra de consistência regular [GrandioSO (VOCO)]. As resinas foram fotopolimerizadas por 40 s em um molde de teflon de 2 mm x 2 mm x 25 mm no modo alta intensidade contínua utilizando o aparelho fotopolimerizador *Polywave Bluephase G2* (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). O grau de conversão foi medido utilizando Espectroscopia Raman, o módulo de elasticidade e resistência à flexão foram avaliados por flexão de três pontos e para a mensuração da dureza superficial utilizou-se a micro indentação Vickers, e análise termogravimétrica. As propriedades mecânicas dos compósitos *bulk fill* foram na maior parte dos casos menor comparados com o material convencional de alta viscosidade, e, no melhor dos casos, comparável ao material convencional de baixa viscosidade. As correlações lineares das propriedades mecânicas investigados com o grau de conversão foram fracas, em relação ao conteúdo de carga foram fortes. O amolecimento em etanol revelou diferenças na densidade da rede de polímero entre os tipos de materiais. Os autores concluíram que a redução de tempo e melhoria da conveniência associada às resinas compostas *bulk fill* são claras vantagens desta classe de material. No entanto, há um comprometimento das propriedades mecânicas em comparação às resinas compostas convencionais.

Tarle et al. (2015) avaliaram a influência do tempo de irradiação no grau de conversão (GC) e a microdureza de quatro resinas compostas *bulk fill* de consistência regular (Tetric EvoCeram Bulk Fill-TECBF; X-tra fil-XF; Quix Fil-QF; Sonic Fill-SF) e uma resina composta convencional nano híbrida (Tetric EvoCeram-TEC). As amostras foram fotopolimerizadas por 10, 20 ou 30 s utilizando o aparelho fotopolimerizador *Polywave LED Bluephase G2* (Ivoclar Vivadent) a 1.170 mW/cm^2 no modo alta intensidade contínua. O grau de conversão e a microdureza Knoop foram registrados após 24 h de armazenamento em uma estufa escura a $37 \text{ }^\circ\text{C}$ e em

cinco profundidades: 0, 1, 2, 4, 5 e 6 mm. Com o aumento da espessura da resina, o grau de conversão e a microdureza diminuíram significativamente para TEC. TECBF e SF apresentaram menor grau de conversão e a microdureza a 4 mm de profundidade após 10 s de fotopolimerização, mas nenhuma diminuição no grau de conversão após a irradiação de 30 s ($p > 0,05$). XF e QF demonstraram não haver diminuição significativa do grau de conversão em profundidades de até 6 mm após irradiação de pelo menos 20 s. Em 4 mm, todos os materiais testados atingiram pelo menos 80% de seu valor de grau de conversão máximo, independentemente do tempo de fotopolimerização. Contudo, a mesma profundidade (4 mm), apenas XF e QF irradiados por 30 s alcançaram pelo menos 80% do seu valor máximo de microdureza. Os autores concluíram que, em relação ao grau de conversão, as resinas compostas *bulk fill* testadas podem ser usadas com segurança até pelo menos 4 mm de espessura. No entanto, no que se refere à dureza, apenas XF e QF obtiveram resultados aceitáveis a 4 mm de profundidade com 30 s de fotopolimerização.

Taubock et al. (2014), investigaram a influência da foto ativação modulada sobre a contração de polimerização, tensão de contração e intensidade da luz de fotopolimerização. Para o estudo, foram selecionadas três resinas compostas fotopolimerizáveis (SDR Bulk fill, Esthet X flow, e Esthet X HD) e um material de cura dual (Rebilda DC). Foram submetidos a diferentes protocolos de fotopolimerização com densidade de energia de 27 J/cm²: Os corpos de prova foram fotopolimerizados utilizando-se aparelho fotopolimerizador Bluephase (Ivoclar Vivadent) nos modos de alta intensidade contínua, baixa intensidade contínua, *soft-start*, e modo pulso. A contração axial e a tensão de contração dos espécimes de 1,5 mm de espessura foram gravadas em tempo real durante 15 min. A dureza Knoop foi determinada no final do período de observação. Análise estatística não revelou diferenças significativas entre os protocolos de fotopolimerização, tanto para a dureza Knoop e a contração axial, independentemente do material resinoso. A fotopolimerização pulsada gerou significativamente tensões mais baixas de contração nas resinas compostas SDR Bulk fill, Esthet X flow e Esthet X HD. A fotopolimerização no modo alta intensidade contínua criou significativamente elevadas tensões de contração nas resinas compostas Esthet X HD e Rebilda DC, e as tensões de contração significativamente mais elevadas do que a fotopolimerização no modo alta

intensidade contínua foi para a resina Esthet X flow. Concluiu-se assim que, tanto o material resinoso quanto o protocolo de controle de fotopolimerização alteraram a tensão de contração, sendo que o modo de fotopolimerização pulsátil diminuiu a tensão de contração comparado com o modo de fotopolimerização de alta intensidade, sem afetar a dureza.

Al-Ahdal et al. (2015) realizaram um estudo para determinar a dependência do tempo na medição do grau de conversão (DC) e na profundidade durante as 24 h após a fotopolimerização. Foram selecionadas oito resinas compostas *bulk fill*, X-tra base (XTB), Venus Bulk Fill (VBF), Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF), Sonic Fill (SF), Filtek Bulk Fill (FBF), ever X Posterior (eXP), Beautifil Bulk Flowable (BBF), Beautifil-Bulk Restorative (BBR). Os corpos de prova foram confeccionados em moldes de 4 mm de altura e 5 mm de diâmetro interno diretamente sobre um acessório de reflectância total atenuada (ATR) de um espectrômetro (FTIR) (Nicolet iS50, Thermo Fisher, Madison, EUA). A superfície superior das amostras foram irradiadas *in situ* durante 20 s com uma unidade de fotopolimerização LED Elipar S10 com irradiância média de 1200 mW/cm². Os espectros da superfície inferior foram gravados continuamente em tempo real durante 5 min e depois em 30 e 60 min e 24 h após a fotopolimerização. O grau de conversão para XTB, VBF, TECBF, FBF e BBR aumentou significativamente 30 min após a fotopolimerização ($p < 0,05$) e não foram afetadas pelo tempo subsequente até 24 h ($p > 0,05$). O grau de conversão para SF não foi afetada pelo tempo subsequente após 5 min ($p > 0,05$). Para XP e BBF, o grau de conversão aumentou 24 h após a fotopolimerização ($p < 0,05$). Os materiais exibiram seu grau de conversão máximo 30 minutos após a fotopolimerização, enquanto o grau de conversão máximo (50% e 72%) para as resinas *bulk fill* foi após 24 h. Concluiu-se que o impacto da pós-polimerização nas resinas *bulk fill* é material dependente.

Em 2015, Zorzin et al. avaliaram a influência de dois protocolos de foto ativação nas propriedades de polimerização das resinas *bulk fill*, em termos de grau de conversão, dureza Vickers, contração de polimerização e tensão de contração comparadas às resinas compostas convencionais. Foram estudadas cinco resinas da categoria *bulk fill*, Filtek Bulk Fill (FBF, 3M ESPE), SDR (Dentsply), Tetric EvoCeram Bulk Fill (TBF, Ivoclar Vivadent), Venus Bulk Fill (VBF, Heraeus) e X-tra Base (XTB, Voco), uma resina composta convencional, Filtek Z250 (3M ESPE) e

uma resina composta de consistência fluida Filtek Supreme XTEF (FSF, 3M ESPE). A fotopolimerização foi realizada de acordo com as instruções dos fabricantes ou durante 30 s utilizando aparelho fotopolimerizador LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent) com uma irradiância de 1200 mW/cm². Para determinar o grau de conversão e a dureza Vickers, discos de 2 ou 4 mm de espessura foram preparados e armazenadas durante 24 h em água destilada a 37°C. A contração de polimerização foi medida usando o método de Arquimedes (n = 6). As medições de tensão de contração (n = 10) foram realizadas utilizando hastes de PMMA de 5 mm de diâmetro como substratos de ligação com uma altura de amostra de 1 mm em uma máquina de ensaio universal. Exceto para a resina composta convencional Z250 no modo de ativação descrita pelos fabricantes, todos os materiais não mostraram grau de conversão inferior significativa na espessura de 4 mm. A fotopolimerização por 30 s da resina composta convencional Z250 não mostrou diferenças significativas no grau de conversão à 2 ou 4 mm, quando comparado ao topo da amostra. FBF, TBF, FSF e Z250 apresentaram redução da dureza Vickers a 4 mm em ambos os modos de fotopolimerização. As resinas Z250 e TBF mostraram menor contração de polimerização e FSF tensão de contração mais alto em ambos os modos de fotopolimerização. Todos as resinas compostas *bulk fill* investigadas obtiveram propriedades de polimerização aceitáveis em profundidade de 4 mm.

Rocha et al. (2017) realizaram um estudo para avaliar o perfil do feixe e o espectro de LED *Monowave* e *Polywave* e sua influência sobre o grau de conversão das resinas compostas *bulk fill*. Um aparelho fotopolimerizador LED *Monowave* (Smartlite Focus, Dentsply) e o aparelho fotopolimerizador LED *Polywave* (Valo Cordless, Ultradent) foram utilizados. Foi mensurada a irradiância dos fotopolimerizadores utilizando espectrômetro (Check-MARC, BlueLight Analytics, Nova Escócia, Canadá) para conseguir calcular o tempo de foto ativação necessário para produzir uma exposição de irradiância de 20 J/cm². A irradiância na faixa de violeta (380-420nm), azul (420-495 nm) e a faixa total (380-495 nm) para cada LED foram obtidas utilizando-se um espectrômetro (MARC Resin Calibrator, BlueLight Analytics). Duas resinas compostas *bulk fill*, SonicFill (SF) contendo canforoquinona (CQ) e Tetric EvoCeram Bulk Fill (TEB) contendo CQ associada com foto iniciadores alternativos, foram colocados em moldes simulando restauração Classe I (6X6mm, 4mm de profundidade) (n = 3) e foto ativados pelos LED *Monowave* ou *Polywave*

com 20 J/cm². Para mapear o grau de conversão, secções transversais (0,5 mm de espessura) do centro da restauração foram avaliados utilizando Espectroscopia FTIR. Para ambos os LEDs, não houve diferença estatística no grau de conversão de SF em qualquer profundidade; TEB apresentou grau de conversão mais elevado até 2 mm profundidade quando o LED *Polywave* foi usado, mas não foram encontradas diferenças em 2,5 mm de espessura. LEDs *Monowave* e *Polywave* emitiram feixes de luz não homogêneos, mas não afetou a homogeneidade do grau de conversão das resinas compostas *bulk fill*. Para resinas compostas contendo CQ associadas a foto iniciadores alternativos, o LED *Polywave* mostrou maior grau de conversão, porém só na parte superior da restauração.

2.2 Estudos sobre a formação de fendas nas restaurações com resinas bulk fill

Campos et al. (2014) realizaram um estudo para determinar a adaptação marginal de resinas compostas *bulk fill* em cavidades classe II. Foram utilizados 40 molares humanos extraídos onde foram preparadas cavidades padronizadas classe II. Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em um dos cinco grupos (n = 8), e restaurados com dois incrementos horizontais de (4 mm e 2 mm de espessura). Os grupos experimentais foram (1º / 2º incremento): Gr. A - Venus Bulk-Fill/Venus Diamond; Gr. B – Tetric EvoCeram BulkFill/Tetric; Gr. C - Surefil SDR/Ceram-X; Gr. D – SonicFill; Gr. E - Ceram-X/Ceram-X (controle). Depois de terminar as restaurações foram obtidas réplicas de resina epóxi. O envelhecimento térmico-mecânico foi realizado 24 h após a restauração. Todos os espécimes foram submetidos a 240.000 de carga oclusal e 600 Ciclos térmicos em água a 5 °C e 50 °C. Após o carregamento, um novo conjunto de réplicas de resina epóxi foi obtido. A microscopia eletrônica de varredura foi realizada a 200x de ampliação. Entre os grupos, os piores resultados foram observados em Gr. A. Concluiu-se que as resinas compostas *bulk fill* apresentaram adaptação marginal similares comparados com resinas compostas convencionais.

Furness et al. (2014) analisaram os efeitos das resinas compostas *bulk fill* vs resinas compostas convencionais e a colocação em incrementos de 4 mm e 2 mm

sobre a adaptação marginal interna de preparações classe I. Foram feitas preparações de 4 mm de profundidade em 50 molares humanos recentemente extraídos e restaurados usando resinas compostas *bulk fill*: SureFil SDR Flow (SDR), Quixx (QX), SonicFill (SF), Tetric EvoCeram Bulk Fill (TEC) e uma resina composta convencional Filtek Supreme Ultra (FSU). As restaurações foram realizadas em incrementos de 1 ou 2 mm, utilizando-se o sistema adesivo do fabricante da resina, e fotopolimerizadas por 40 s utilizando LED Demi Plus (Kerr Co), com irradiância de 1100 mW/cm². Os dentes foram seccionados no sentido ocluso-gengival e o corante foi colocado sobre a margem interna e visualmente examinados por 3 observadores. Os comprimentos marginais livre de fenda foram analisados dentro de três diferentes regiões do dente seccionado: esmalte, dentina, e parede pulpar. Observou-se que a integridade marginal não foi afetada pela técnica de inserção da resina composta. A técnica de inserção em bloco demonstrou um número significativamente menor de margens livres de fendas na parede pulpar do que no esmalte, para todos os materiais, exceto SDR. Porcentagens maiores de margens livres de fenda foram encontradas dentro da dentina do que na parede pulpar para FSU. QX tinha mais margens livres de fendas em esmalte em comparação com a dentina. A proporção de margens livres de fenda dentro de esmalte e dentina não foi significativamente diferente para qualquer produto colocado de forma incremental. Foram encontradas mais margens livres de fenda dentro de dentina do que na parede pulpar para SF.

Fronza et al. (2015) realizou um estudo para avaliar o grau de conversão (GC), a microdureza de Knoop (KHN), a adaptação interna marginal (AI) e a tensão de contração de polimerização (EC) de resinas *bulk fill*. Para o estudo foram selecionadas quatro resinas compostas *bulk fill*, Surefil SDR (SDR), Filtek Bulk Fill (FBF), Tetric EvoCeram Bulk Fill (TEC) e EverX Posterior (EXP) e uma resina composta convencional HerculiteClassic (HER). Preparações padronizadas classe I (4 mm de profundidade) foram feitas em molares extraídos e restauradas com cada tipo de resina (n = 5). Após 1 semana de armazenamento úmido, as restaurações foram seccionadas transversalmente e GC e KHN foram avaliados em quatro profundidades (1, 2, 3 e 4 mm) utilizando espectroscopia com focal de Raman e técnicas de microdureza, respectivamente. As réplicas de resina epóxi das restaurações foram avaliadas utilizando microscopia eletrônica de varredura para AI.

O EC foi determinado utilizando máquina de ensaio universal (n = 5). Das resinas *bulk fill*, apenas SDR e FBF demonstraram GC semelhante em todas as profundidades, e os valores de KHN não diferiram estatisticamente entre as profundidades, com exceção do TEC. Nem o método de colocação nem a profundidade afetaram KHN ou GC. A resina HER inserida pela técnica incremental e as resinas SDR e TEC apresentaram menor proporção de fendas internas. Os maiores e menores valores de EC foram medidos para EXP e TEC, respectivamente.

Benetti et al. (2015) estudaram a contração de polimerização, profundidade de fotopolimerização e formação de fendas de restaurações com resina composta *bulk fill*, comparadas com resinas compostas convencionais. A profundidade de fotopolimerização foi avaliada de acordo com a ISO 4049, e a contração de polimerização foi determinada usando o método de disco aderido. A formação de fendas foi medida na margem de dentina de cavidades classe II. Cinco resinas compostas *bulk fill* foram investigadas: duas de alta viscosidade (Tetric EvoCeram Bulk Fill e SonicFill) e três de baixa viscosidade (X-tra base, Venus Bulk Fill e SDR). Em comparação com as resinas convencionais, as resinas *bulk fill* de alta viscosidade mostraram apenas um pequeno aumento (mais significativo para Tetric EvoCeram Bulk Fill) em profundidade de cura e contração de polimerização, enquanto que as resinas *bulk fill* de baixa viscosidade mostraram uma profundidade de cura e contração de polimerização significativamente maior. Apesar de a maior parte das resinas *bulk fill* exibirem uma formação de fendas semelhante à da resina composta convencional, duas resinas *bulk fill* de baixa viscosidade, X-tra base e Venus Bulk Fill, produziram fendas maiores.

Al-Harbi et al. (2016) investigaram a integridade marginal de resinas *bulk fill* vs técnica incremental em restaurações classe II, após ciclagem termomecânica usando microscopia eletrônica de varredura (MEV) e critérios de acordo com a Federação Dentária Internacional (FDI). Cavidades classe II foram preparadas em 91 pré-molares superiores com a margem gengival colocada a 1 mm acima e abaixo da junção cimento-dentina. Oitenta e quatro pré-molares foram divididos em grupos de condicionamento ácido total e auto condicionante, em seguida, subdivididos em seis subgrupos restauradores (n = 7): 1-Tetric Ceram HB (TC) foi utilizado de forma incremental e na técnica de *open-sandwich* com 2-Tetric EvoFlow (EF) e 3- SDR

(SD). As resinas *bulk fill* foram 4- SonicFill (SF), 5-Tetric N-Ceram bulk fill (TN), e 6-Tetric EvoCeram Bulk Fill (TE). Nos subgrupos 1-5, Tetric N-Bond auto condicionante e Tetric N-bond condicionamento total foram utilizados, enquanto que no subgrupo 6, foi utilizado adesivo auto condicionante Adhese-SE e o de condicionamento total Excite F. Mais um grupo ($n = 7$) foi restaurado com Filtek P90, material restaurador posterior de baixa contração, apenas em combinação com o adesivo auto condicionante. As resinas foram fotopolimerizadas (20 s, 1600 mW/cm²). Posteriormente, foram envelhecidas artificialmente por termociclagem. Impressões com polivinil-siloxano foram tomadas e vertidas com resina epóxi. As réplicas de resina foram examinadas por MEV para a avaliação do selamento marginal. Além disso, as amostras foram examinadas usando lupas (3,5x) e exploradores e categorizados de acordo com o critério da FDI. Os dados foram analisados estatisticamente, sem diferença estatística na análise de MEV e na de FDI. Os melhores resultados de MEV na margem de esmalte foram para TC + EF/total *etch* e SF/total-*etch* e nas margens de cimento foram para SF/Total-*etch* e TE/*self-etch*, enquanto os piores foram em TC/*self-etch*, em ambas as margens. De acordo com critérios FDI, o melhor foi TE/Total-*etch* na margem de esmalte, e os piores foram P90/*self-etch* nas margens no cimento. Concluiu-se que os grupos não diferiram significativamente, e houve uma forte correlação entre os resultados réplica de MEV e os critérios da FDI.

Gamarra et al. (2017) investigaram a adaptação marginal e microinfiltração da resina composta *bulk fill* Sonic Fill com diferentes técnicas de fotopolimerização. Foram utilizados 40 dentes pré-molares onde foram realizados preparos classe II e divididos em grupos de acordo com a técnica de fotopolimerização ($n = 10$): G1: 1200 mW/cm² durante 20 s; G2: 1200 mW/cm² durante 40 s; G3: modo *soft start* com 650 mW/cm² durante 5 s e 1200 mW/cm² durante 15 s; G4: modo *soft start* com 650 mW/cm² durante 10 s e 1200 mW/cm² durante 30 s. As cavidades foram restauradas utilizando adesivo Opti Bond e resina composta *bulk fill* SonicFill. Réplicas de resina epóxi foram obtidas antes e depois da termociclagem. A face oclusal e as margens cervicais foram analisadas com microscopia e expressa como a porcentagem de margens contínuas (%MC). Os espécimes foram submetidos microinfiltração com nitrato de prata. ANOVA e teste de Tukey revelou que o % MC na margem lingüo-oclusal para Grupo 1 (83,19%) foi significativamente diferente dos grupos 2, 3 e 4,

que tinham valores superiores a 95%. Na margem cervical, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Após a termociclagem, houve diminuição da % MC. O *score* predominante de microinfiltração foi de 1 em esmalte e 3 em dentina. Concluiu-se que a resina composta *bulk fill* SonicFill conduziu à formação de fendas e à microinfiltração, especialmente em dentina do margem cervical, independentemente da técnica de fotopolimerização empregada.

2.3 Estudos clínicos de restaurações com resinas bulk fill

van Dijken et al. (2014) realizaram um ensaio clínico prospectivo randomizado e controlado para avaliar a eficácia da técnica de inserção em bloco, utilizando resina *bulk fill* SDR fluida em restaurações posteriores e compará-la com uma técnica incremental de 2 mm com resina composta convencional em um acompanhamento de três anos. Trinta e oito pares de restaurações classe II e 15 pares de restaurações classe I foram colocados em 38 pacientes com idade média de 55,3 anos (faixa 32-87). Cada paciente recebeu ao acaso pelo menos duas restaurações, classe II ou classe I com duas técnicas restauradoras. Em todas as cavidades, aplicou-se um adesivo auto condicionante (Xeno V) de um único passo. Em uma das cavidades de cada par, foi colocado um compósito de resina fluido (SDR), em incrementos de até 4 mm. A parte oclusal foi completada com uma camada de resina composta nano-híbrida convencional (CeramX mono). Na segunda cavidade, a resina composta convencional foi colocada em incrementos de 2 mm. As restaurações foram avaliadas utilizando critérios USPHS modificado na avaliação inicial e, em seguida, anualmente durante 3 anos. Riscos de cárie e hábitos parafuncionais dos participantes foram estimados. Após três anos, 76 restaurações classe II e 28 classe I puderam ser observadas. Um dente restaurado com resina composta convencional mostrou sensibilidade pós-operatória durante 3 semanas por alterações de temperatura e forças oclusais. Duas restaurações em molares de Classe II falharam no primeiro ano, no grupo da resina convencional, sendo uma fratura de cúspide e uma fratura da resina composta. Foi encontrada uma taxa de falha anual de 1,3% para as restaurações com resina composta

convencional e de 0% nas restaurações com resinas compostas *bulk fill* (n.s.). Dez participantes foram estimados como tendo alto risco de cárie e onze mostraram hábitos de bruxismo ativos. O autores concluíram que a técnica de inserção em bloco de 4 mm com resina composta *bulk fill* SDR mostrou alta eficácia clínica, durante o seguimento de 3 anos comparável com a técnica de incremental de 2 mm com resina composta convencional.

van Dijken et al. (2016) realizaram um acompanhamento de 5 anos do ensaio clínico prospectivo randomizado citado acima. Nos cinco anos, 183 restaurações foram avaliadas, sendo 68 restaurações classe I e 115 restaurações classe II. Não foi relatada sensibilidade pós-operatória. Dez restaurações falharam (5,5%), sendo todas restaurações classe II, quatro realizadas com resina *bulk fill* SDR-Ceram.X mono e 6 com resina composta Ceram.X mono. Os principais motivos do fracasso foram a fratura do dente (6) e a cárie secundária (4). A taxa de falha anual para todas as restaurações (Classe I e II) foi para o 1,1% nas restaurações com resina *bulk fill* e 1,3% para as restaurações com resina composta convencional. Os autores concluíram que a técnica de inserção em bloco de 4 mm com resina *bulk fill* fluida mostrou boa durabilidade durante o seguimento de 5 anos, mas não mostrou durabilidade significativamente maior em comparação com a técnica convencional de camadas de 2 mm nas restaurações com resina composta.

Alkurdi et al. (2016) realizaram um estudo para comparar a eficiência clínica de restaurações classe II com resinas compostas *bulk fill*, utilizando duas técnicas diferentes na aplicação da resina nas cavidades dentais. Foram realizadas 60 restaurações classe II em 60 pacientes selecionados na faixa de idade de 20-50 anos, os quais foram divididos em três grupos de acordo com a técnica de restauração utilizada. Sendo o grupo 1: Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent) colocada em incrementos de 2 mm, Grupo 2: Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) colocada num só incremento. Grupo 3: SonicFill (Kerr, Kavo) aplicado num só incremento por vibração sônica. As restaurações foram avaliadas utilizando critério USPHS (United States Public Health Service) no início, e após 3 meses, 6 meses, 9 meses e 12 meses. Após 12 meses, foram observadas e avaliadas 58 restaurações classe II; dois pacientes desistiram do acompanhamento. Todas as restaurações dentro dos três grupos foram clinicamente aceitáveis de acordo com o critério modificado USPHS e estatisticamente tiveram diferenças não significantes entre as

duas técnicas *bulk fill* utilizadas. Os autores concluíram que ambas técnicas mostraram eficiência satisfatória no período de 12 meses de observação.

Costa et al. (2017) realizaram um estudo duplo-cego randomizado com o objetivo de comparar a sensibilidade pós-operatória em restaurações posteriores, utilizando duas técnicas de inserção de resinas compostas (incremental e *bulk fill*) e duas técnicas adesivas (auto condicionante e de condicionamento total). Foram confeccionadas cavidades dentais de pelo menos 3 mm em 72 participantes (n = 236), e divididos aleatoriamente em quatro grupos. Os adesivos utilizados foram Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent) adesivo de condicionamento total e Tetric N-Bond SE (Ivoclar Vivadent) adesivo auto condicionante. As resinas selecionadas foram Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent) colocada de forma incremental e Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) utilizando a técnica de incremento único. Dois experientes e calibrados examinadores avaliaram as restaurações utilizando os critérios da Federação Dentária Internacional (FDI) após uma semana de realizada a restauração. Sensibilidade pós-operatória espontânea foi avaliada utilizando uma escala de classificação numérica de 0-4 e uma escala analógica visual de 0-10 e 0-100 até 48 h após do procedimento de restauração e após uma semana. O risco e a intensidade de sensibilidade pós-operatória espontânea não foi afetado pela técnica adesiva ou a técnica de inserção da resina composta. O conjunto de risco de sensibilidade pós-operatória foi de 20,3% (Intervalo de confiança de 95% 15,7-25,9) e tipicamente ocorreu dentro de 48 h após o procedimento de restauração. O risco global de sensibilidade pós-operatória foi de 20,3% e não foi afetado pela técnica adesiva (condicionamento total / auto condicionante) ou a técnica de inserção (Incremental / *bulk*).

Bayraktar et al. (2017) realizaram um estudo para avaliar o desempenho clínico de um ano de uma resina composta convencional posterior e três resinas compostas *bulk fill*. Foram selecionados 50 pacientes com quatro restaurações classe II sob oclusão. Um total de 200 restaurações foi feito, 50 para cada material (Clearfil Foto Posterior, Filtek Bulk Fill Flow e Filtek P60, Tetric EvoCeram Bulk Fill e SonicFill). Uma semana depois de feitas as restaurações, os pacientes foram examinados. Dois examinadores calibrados avaliaram as restaurações uma vez cada 3 meses por 1 ano, de acordo com o critério do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos (USPHS). Os dados foram analisados utilizando SPSS. Os testes

não-paramétricos (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney U-test, e Friedman) foram utilizados para a análise a um nível de confiança de 95%. Todas as restaurações apresentaram pequenas modificações após 1 ano. Entre tanto, não houve diferenças estatisticamente entre o desempenho dos materiais no início e após 1 ano para todos ($p > 0,05$). Os autores concluíram que as resinas compostas *bulk fill* apresentaram desempenho clinicamente semelhante quando comparado com uma resina composta convencional.

2.4 Unidades fotopolimerizadoras

Em virtude da evolução dos materiais restauradores foi necessário o avanço da tecnologia dos aparelhos de foto ativação, com o objetivo de melhorar cada vez mais a interação com as resinas compostas, buscando promover uma melhor fotopolimerização, otimizando as propriedades do material restaurador. Existem diversos tipos de aparelhos de foto ativação disponíveis no mercado odontológico: lâmpadas halógenas, diodos emissores de luz (LED), arco de plasma e laser de argônio, sendo as duas primeiras as mais utilizadas na odontologia (Singh et al., 2011).

A polimerização das resinas compostas depende de muitas condições intrínsecas, tais como o tipo de foto iniciador, os monômeros, a composição das partículas de carga e o grau de translucidez do material. Uma polimerização inadequada pode estar relacionada com menores propriedades mecânicas das resinas compostas resultando num material restaurador comprometido que provavelmente terá uma influência negativa sobre a longevidade da restauração (Krämer et al., 2008).

Os aparelhos fotopolimerizadores LED apresentam algumas vantagens dentre elas: melhor tecnologia quando comparados com os outros tipos de fotopolimerizadores, espectro mais estreito orientado para o pico máximo de absorção do foto iniciador (canforoquinona), baixo consumo de energia, que permite o uso de baterias, ergonomia e dispositivos de dissipação do calor. Mas, o fator mais

importante é a influência diretamente nas propriedades mecânicas (microdureza e profundidade de cura) das resinas compostas. (Yaman et al., 2011).

Os primeiros aparelhos LEDs apresentavam intensidades de luz muito baixas, variando entre 80 e 300 mW/cm², o que ocasionava um menor eficiência de fotopolimerização. (Kurachi et al., 2001). A intensidade de luz dos aparelhos fotopolimerizadores sugerida é de no mínimo 400 mW/cm², para polimerizar incrementos de 2 mm de espessura garantindo sua interação com a canforoquinona, o foto iniciador incluído na composição da maioria das resinas compostas e que absorve luz num comprimento de onda de 470 nm (Ogunyinka et al., 2007).

A busca por aparelhos LEDs mais eficazes propiciou o desenvolvimento de uma segunda geração destes aparelhos com intensidades maiores de 1000 mW/cm² otimizando o processo de fotopolimerização das resinas compostas (Ceballos et al., 2009).

Os LEDs de terceira geração apresentam como características amplo comprimento de onda e intensidades de luz máximas de até 2.000 mW/cm². O comprimento de onda está situado numa faixa espectral ampla entre 385 – 500 nm e coincide com a faixa para ativar a canforoquinona e outros foto iniciadores inclusos na composição de alguns materiais resinosos (Santini et al., 2012).

Costa et al. (2009) avaliaram a influência de diferentes fotopolimerizadores e métodos de fotopolimerização no grau de conversão e na contração de fotopolimerização da resina composta nano particulada Filtek Supreme XT (3M/ESPE). Foram utilizados dois fotopolimerizadores: lâmpada halógena Optilux 501 (Demetron) e LED Bluephase (Ivoclar Vivadent), em dois modos de fotopolimerização: modo contínuo e gradual. A tensão de contração foi mensurada por uma máquina de ensaios mecânicos, num período que se iniciou junto com a foto ativação por 20 s (n = 10) e terminou após 2 min. Para o grau de conversão, os corpos de prova (n = 20) foram feitos em um molde metálico de 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, fotopolimerizados por 20 s e após 24 h, foram triturados e prensados para análise em espectroscopia FTIR. Independentemente do tipo de fotopolimerizador utilizado foram observadas diferenças significativas entre os métodos de foto ativação, para a tensão de contração de polimerização, sendo que o método de foto ativação contínuo forneceu os maiores valores de tensão de contração. Para o grau de conversão, os valores médios variaram de 46,21% a

49,35% para a lâmpada halógena utilizada nos modos contínuo e gradual respectivamente; enquanto para o LED, os valores foram de 52,32% e 52,30% para os modos contínuo e gradual respectivamente. Os autores concluíram que o grau de conversão foi influenciado pelas unidades fotopolimerizadoras e que o método gradual de fotopolimerização com a unidade LED seria suficiente para assegurar adequado grau de conversão e mínima força de contração de polimerização.

Whabi et al. (2012) analisaram emissões de calor produzidas pelos fotopolimerizadores com diferentes intensidades durante seu funcionamento. Foram utilizados os seguintes fotopolimerizadores: Arco de Plasma Flipo (Lokki), lâmpada halógena Cromalux 100 (Mega-Physik GmbH & Co.), LED de segunda geração L.E.Demetron (Kerr), e dois aparelhos LED de terceira geração Bluephase C5 (Ivoclar Vivadent) e UltraLume 5 (Ultradent). O aumento da temperatura na fotopolimerização foi registrado com um termopar tipo K, que foi ligado a um sistema de aquisição de dados ligado a um computador. As mudanças de temperatura foram registradas em intervalos contínuos de 10 e 20 s até 300 s. O fotopolimerizador Flipo revelou a maior média de emissão de calor, enquanto o L.E.Demetron mostrou o valor médio mais baixo em tempos de 10 e 20 s de exposição. Os LEDs de terceira geração Bluephase C5, UltraLume 5 geraram emissões de calor semelhantes ou iguais aos da unidade de lâmpada halógena em 10 e 20 s. Este resultado foi diferente quando foram utilizados LEDs de menor densidade de potência (unidades de primeira e segunda geração).

Al Qahtani et al. (2015) elaboraram um estudo onde avaliaram o efeito na profundidade de cura das resinas compostas *bulk fill* e resinas compostas convencionais utilizando três unidades comerciais de fotopolimerização. Foram utilizadas resinas composta convencional Z100 (3M ESPE) e a resina composta *bulk fill* Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent). As resinas foram colocadas em uma placa semicircular de 10 mm de profundidade, com um raio interno de 2 mm. Os materiais foram fotopolimerizados por arco de plasma (Sapphire Plus, Den-Mat) durante 5 s, lâmpada halógena (Optilux 501, Kerr) durante 40 s, ou uma luz de diodo emissor de luz (LED) (S10, 3M ESPE) por 20 s ou 40 s (controle). A microdureza Knoop foi então medida o mais rapidamente possível na superfície superior e em três pontos a cada 0,5 mm da superfície. A fotopolimerização utilizando arco plasma emitiu uma irradiância e exposição radiante de 7328 mW/cm² e 36,6 J/cm²,

respectivamente; A lâmpada halógena emitiu uma irradiância de 936 mW/cm² e 37,4 J/cm² e em 20 s, o LED emitiu uma irradiância de 1825 mW/cm² e 36,5J/cm². Em 40 segundos, o LED controle emitiu uma exposição radiante de 73,0 J/cm². Para Z100, utilizando 80% da dureza máxima na superfície superior como critério adequado, todas as condições de exposição à luz atingiram a profundidade de cura de 2,0 mm. A lâmpada LED utilizada por 40 s atingiu a maior profundidade de cura (5,0 mm) e a luz de arco plasma utilizada durante 5 s, o mínimo (2,5 mm). Tetric EvoCeram Bulk Fill atingiu uma profundidade de 3,5 mm de cura quando a lâmpada halógena de largo espectro foi utilizada durante 40 s, proporcionando 37,4 J/cm². Foi necessário um tempo de exposição de 40 s para o LED de espectro estreito, fornecendo 73 J/cm² para atingir uma profundidade de cura de 4 mm. Concluiu-se que as unidades de lâmpada halógena (40 s) e as unidades LED (20 s) obtiveram maior profundidade de cura do que a luz arco plasma (5 s). Para ambas as resinas, a maior profundidade de cura foi quando o LED foi utilizada por 40 s proporcionando 73 J/cm².

Gonulol et al. (2016) avaliaram os efeitos de diferentes modos de foto ativação de um aparelho de fotopolimerização de terceira geração (VALO) sobre a microdureza dos materiais restauradores. Uma resina composta micro híbrida (Filtek Z 550), um giômero (Beautifil II), um compômero (Dyract EXtra) e uma resina modificada com cimento ionômero de vidro (Photac Fil) foram utilizados para o estudo. Três modos diferentes do fotopolimerizador LED de terceira geração VALO foram testados e um fotopolimerizador LED de segunda geração (Elipar S10) foi utilizado como controle. A microdureza (VHN) foi medida usando um aparelho de medição de dureza Vickers. Os dados foram analisados utilizando ANOVA 2 fatores e Teste de Tukey. O grupo Filtek Z550 apresentou os maiores valores de VHN seguidos por Photac Fil, Beautifil II e o Dyract extra nas superfícies do topo e base, entretanto a diferença entre Filtek Z550 e Photac Fil não foi estatisticamente significativa para as superfícies de base. Dos diferentes protocolos de fotopolimerização testados, o fotopolimerizador LED VALO no modo extra potência por 6 s resultou nos menores valores de VHN. Contudo, o fotopolimerizador LED Valo usado no modo de alta potência por 12 s alcançou valores VHN semelhantes aos obtidos com o LED Valo no modo *standard* e com o fotopolimerizador LED Elipar S10. Com base nos resultados deste estudo, os autores concluíram que o

modo de alta potência do fotopolimerizador LED VALO pode ser recomendado para aplicações clínicas especialmente em pacientes pediátricos.

Harlow et al. (2016) mediram a transmissão de luz 'violeta' (350-425 nm) e gamas espectrais 'azuis' (425-550 nm) de um aparelho fotopolimerizador *Polywave* LED em diferentes espessuras de resinas compostas. As resinas convencionais foram Tetric EvoCeram e Filtek Supreme Ultra, e resinas compostas *bulk fill* Tetric EvoCeram Bulk Fill, e SureFil SDR Flow. Três amostras de cada resina composta foram confeccionadas com espessuras de 0,1, 0,7, 1, 2 e 4 mm. Os espécimes de resina composta não fotopolimerizados foram colocados na entrada de uma esfera integradora de 6 polegadas e fotopolimerizadas por 20 s utilizando LED *Polywave* Bluephase G2. O espectro de radiação transmitida através de cada resina composta nas regiões violeta e azul foi medido utilizando um espectrômetro de fibra óptica. À medida que a espessura da resina composta aumentou, uma atenuação exponencial da luz transmitida foi medida ($R^2 > 0,98$). A atenuação foi maior para o espectro violeta do que para o espectro azul. Na ponta de luz, o componente de luz violeta representou 15,4% da saída de luz. Depois de passar por 4 mm de resina composta, a luz violeta representou apenas entre 1,2 a 3,1% da saída de luz, dependendo da resina composta, aproximadamente 100 mW do Bluephase G2 foi transmitida através de 0,1 mm de espessura de resinas compostas na luz violeta, atingindo no máximo 11 mW depois de passar por 2 mm de resina composta e apenas 2 mW a 4 mm de profundidade. Os autores concluíram que o aumento da espessura das resinas compostas resulta em uma diminuição exponencial da transmissão de luz. Esta atenuação é resina dependente, com comprimentos de onda mais curtos (violeta) sendo atenuados em maior medida que os comprimentos de onda mais longos (azul). Apesar do aumento da translucidez das resinas compostas *bulk fill* a radiância espectral inferior a 425 nm de uma lâmpada fotopolimerizadora não é eficaz numa profundidade de 4 mm ou mais.

2.5 Informações técnicas sobre as resinas *bulk fill* utilizadas neste estudo

Segundo o fabricante (Ivoclar Vivadent, 2017) Tetric N-Ceram Bulk Fill é uma resina composta híbrida fotopolimerizável indicada para restaurações dentais diretas classe I, II e V e foi desenvolvida para ser aplicada em incrementos de até 4 mm. Pode ser polimerizada com luzes convencionais de fotopolimerização e em apenas 10 s usando uma fonte de luz com $> 1000 \text{ mW/cm}^2$, como Bluephase N. A fotopolimerização de incrementos de 4 mm é possível incorporando pré-polímeros na sua matriz, o foto-iniciador Ivocerin® (acelerador de polimerização) e um filtro de sensibilidade à luz. Tetric N-Ceram Bulk Fill contém os mesmos dimetacrilatos que Tetric N-Ceram: Bis-GMA, Bis-EMA e UDMA. Tal como com todas as resinas compostas, estes são convertidos em polímeros durante o processo de polimerização. A matriz orgânica de Tetric N-Ceram Bulk Fill representa cerca de 21% da massa. Bis-GMA, Bis-EMA e UDMA exibem baixa contração de polimerização. Tanto Tetric N-Ceram como Tetric N-Ceram Bulk Fill é resultado de uma mistura otimizada de matriz de monômero e carga inorgânica. Tetric N-Ceram Bulk Fill incorpora vários tipos diferentes de partículas de carga (Vidro de silicato de bário alumínio com dois tamanhos de partícula diferentes, Fluoreto de itérbio e óxido misto esférico). As partículas de vidro permitem um baixo desgaste e propriedades de polimento favoráveis, isto é, baixa rugosidade superficial e alto brilho; o fluoreto de itérbio confere alta radiopacidade, o óxido misto esférico permite redução do desgaste e uma consistência favorável. As partículas esféricas proporcionam o maior volume numa menor área de superfície. Partículas primárias (corpos individuais) e partículas secundárias (aglomerados) combinam para formar a consistência ideal. O óxido misto também oferece vantagens estéticas, o índice de refração é combinado com o da matriz (polímero) que significa que a luz pode passar através da restauração sem obstáculos. Isto resulta em restaurações virtualmente indiscerníveis da estrutura dentária circundante. A canforoquinona é um iniciador amplamente utilizado na síntese de polímeros. É sempre usado em conjunto com um co-iniciador. O espectro de absorção de luz de aproximadamente 390 nm a 510 nm, com um pico de sensibilidade 470 nm. A canforoquinona reage à luz visível na faixa azul e tem uma cor amarelo intenso. Outros iniciadores tais como

Lucirin TPO, um óxido de acilfosfina que branqueia completamente após a polimerização, tende, portanto, a ser preferido para resinas com tonalidades para dentes clareados ou vernizes de proteção incolores. O óxido de acilfosfina tem pico de sensibilidade consideravelmente menor do que a canforoquinona. Além dos dois foto iniciadores utilizados, Tetric N-Ceram Bulk Fill adiciona um iniciador recentemente patenteado "Ivocerin". O sistema iniciador padrão mais Ivocerin resulta em um material com absorção máxima na faixa de luz azul de cerca de 370 a 460 nm. Ivocerin também é amarelo na cor, mas pode ser usado em quantidades relativamente pequenas devido a sua reatividade melhorada. Isso é útil, pois significa que suas propriedades podem ser usadas sem afetar as propriedades ópticas.

Segundo o fabricante (VOCO, 2017), Admira Fusion X-tra permite restaurações posteriores de classes I, II e V em aplicação em camadas com espessura de até 4 mm. Dessa forma conseguem-se restaurações posteriores rápidas e, portanto, mais econômicas. Facilita ainda mais o trabalho apresentando uma cor Universal (U), com a qual é possível obter resultados estéticos graças à sua adaptação "camaleônica" aos tecidos dentários circundantes. Admira Fusion X-tra não contém monômeros clássicos como o BisGMA, TEGDMA ou HEMA e, portanto, não libera nenhum deles após a polimerização. Contém uma inovadora tecnologia ORMOCER®, aliada à consagrada tecnologia de nano-híbridos, oferecendo a possibilidade de trabalhar com um material que estabelece novos parâmetros em termos de manuseio, bem como resistência e estabilidade. Os Ormoceres consistem numa rede de moléculas grandes e pré-polimerizadas de uma matriz inorgânica. Em virtude da sua estrutura reticulada e da sua composição química, os Ormoceres são ainda mais biocompatíveis que as resinas compostas convencionais. Além disso, a constituição molecular dos Ormoceres permite que a contração de polimerização seja consideravelmente baixa e a sua estabilidade de cor proporciona resultados estéticos duradouros. Graças à sua consistência plástica e não pegajosa, o material modela-se e adapta-se perfeitamente às paredes cavitárias. ORMOCER® (organically modified ceramic) constitui-se de moléculas grandes, considerado o primeiro material de restauração do mundo a ser fabricado exclusivamente à base de cerâmica, apresentando notáveis vantagens. Além de ser fácil e rápido de polir, o Admira Fusion X-tra possui uma elevada dureza superficial, o que garante a

obtenção de restaurações íntegras e esteticamente estáveis em longo prazo, com excelente adaptação marginal. As moléculas especiais de ligação ORMOCER® do Admira Fusion x-tra conferem ao material uma contração volumétrica mínima (1,25 % v/v), aliada a uma tensão de contração muito baixa (3,87 MPa). Ambos os fatores proporcionam, sobretudo nas grandes cavidades restauradas em bloco, uma adaptação marginal ideal, contribuindo de forma decisiva para o êxito duradouro da restauração.

Segundo o fabricante (Ivoclar Vivadent, 2017), Tetric N-Ceram é um compósito fotopolimerizável, nano-híbrido, baseado em tecnologia nano-otimizada para procedimentos restauradores diretos. Ele pode ser aplicado universalmente para restaurações tanto na região anterior como posterior, a polimerização em apenas 10 segundos ($\geq 1.100 \text{ mW/cm}^2$ por incremento). Sua tecnologia de preenchimento com pigmentos nano-otimizados é responsável pelo exclusivo efeito camaleão do material e pelos resultados estéticos naturais. O Tetric N-Ceram demonstra um nível excepcional de radiopacidade e, portanto facilita significativamente o diagnóstico de cáries secundárias. As nano partículas de Tetric N-Ceram tornam melhores as propriedades do material: Baixa contração e stress de contração, alto nível de radiopacidade, baixo desgaste, polimento rápido e fácil, alto brilho. Os nano pigmentos de cor são responsáveis pelo efeito camaleão exclusivo do material e pelos resultados estéticos naturais. Os nano-modificadores asseguram ótima estabilidade, excelente adaptação na cavidade e convenientes propriedades de manuseio.

Segundo o fabricante (VOCO, 2017), GrandioSO é o mais moderno material de restauração nanohíbrido e universal fabricado pela VOCO. A impressionante combinação de nanopartículas funcionais avançadas com vitrocerâmicas especiais, o material possui um conteúdo de carga extraordinariamente elevado, de 89 % w/w. Isto resulta numa fração reduzida diminuta de resina e, conseqüentemente numa contração de polimerização mínima. O stress gerado pela contração é igualmente minimizado. Com um modulo de elasticidade de 16,65 GPa, GrandioSO é o compósito que mais se assemelha à dentina em termos de comportamento elástico. Também possui uma dureza superficial até duas vezes maior que a de outros compósitos, o seu grau de dureza é o que mais se aproxima do esmalte dentário (350-450 MHV). Desse modo, as restaurações com grandioso apresentam longa

resistência à abrasão e elevada estabilidade de forma. Apesar da sua elevada dureza superficial, GrandioSO possui excelentes qualidades de polimento, que permitem obter restaurações com superfícies lisas e brilho intenso.

3 PROPOSIÇÃO

Este estudo teve como objetivo geral:

Avaliar a efetividade de diferentes modos de foto ativação de resinas compostas *bulk fill*.

Objetivos específicos:

Mediante os resultados desde estudo in vitro conclui-se que:

- Analisar a influência dos diferentes modos de fotopolimerização na irradiância e densidade de energia emitidas pelas unidades de cura;
- Determinar a influência de diferentes modos de fotopolimerização no grau de conversão das resinas compostas *bulk fill* e resinas compostas convencionais;
- Identificar a influência dos diferentes modos de fotopolimerização na formação de fendas internas e marginais em restaurações classe II, comparando as resinas *bulk fill* com resinas compostas convencionais, após envelhecimento artificial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delineamento Experimental

4.1.1 Unidades Experimentais

- 80 amostras de materiais resinosos;
- 160 restaurações de Classe II em resina composta em dentes bovinos.

4.1.2 Fatores em Estudo

- Resinas compostas:
 - Tetric N-Ceram Bulk Fill (**Ivoclar Vivadent**) (*bulk fill*);
 - Admira fusion X tra (**Voco**) (*bulk fill*);
 - Tetric N-Ceram (**Ivoclar Vivadent**) (convencional);
 - GrandioSO (**Voco**) (convencional).
- Fotopolimerização:
 - LED 3M ESPE (**3M ESPE**)
 - Monowave*/Modo alta intensidade contínua (MW/AIC);
 - *Monowave*/Modo rampa (MW/R).
 - LED Bluephase N (**Ivoclar Vivadent**)
 - *Polywave*/Modo alta intensidade continua (PW AIC);
 - *Polywave*/Modo rampa (PW R).
- Envelhecimento:
 - Ciclagem termomecânica.

4.1.3 Variáveis Resposta

- a) Irradiância;
- b) Grau de conversão;
- c) Fenda externa;
- d) Fenda interna.

4.2 Características dos materiais utilizados

A composição das resinas compostas utilizadas neste estudo são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Composição dos materiais resinosos

MATERIAL	COR	MATRIZ	CARGA	PESO%/ VOLUME%	FABRICANTE
Tetric N-Ceram Bulk Fill (TB)	IVA	Bis-GMA, UDMA	Ba-Al-Si vidro, I _b F ₃ , PPF e óxido misto, e copolímeros	80/55	IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein
Admira Fusion X-tra (AB)	U	Ormocer	Ba-Al-Si-vidro/Sílica nanopartículas	84/-	Voco, GmbH, Alemanha
Tetric N-ceram (TC)	A2	Bis-GMA, UDMA	Bário, vidro, I _b F ₃ , SiO ₂ óxido misto, e copolímeros.	77/53	IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein
GrandioSO (GO)	A2	Bis-GMA, TEGDMA	Ba-Al-Si-vidro/Sílica nanopartículas	89/73	Voco, GmbH, Alemanha

Legenda: Bis-EMA, Bisfenoletoxilado metacrilato; Bis-GMA, bisfenolglicidil metacrilato; PPF, partículas préfotopolimerizadas; TEGDMA, trietileno glicol dimetacrilato; UDMA, uretano dimetacrilato; I_bF₃, Trifluoreto de itérbio

Fonte: Elaborado pelo autor.

As características dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados neste estudo são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Características dos aparelhos fotopolimerizadores, segundo os fabricantes

APARELHO	TIPO	MODO	IRRADIÂNCIA	COMPRIMENTO DE ONDA	FABRICANTE
3M	LED 2ª geração <i>Monowave</i>	Alta intensidade contínua	1200 mW/cm ²	420nm-480nm	3M ESPE, Sumaré, São Paulo, Brasil
		Rampa	500 -1200 mW/cm ²		
Bluephase N	LED 3ª geração <i>Polywave</i>	Alta intensidade contínua	1200 mW/cm ²	380nm-515nm	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein
		Rampa	650 -1200 mW/cm ²		

Fonte: Elaborado pelo autor.

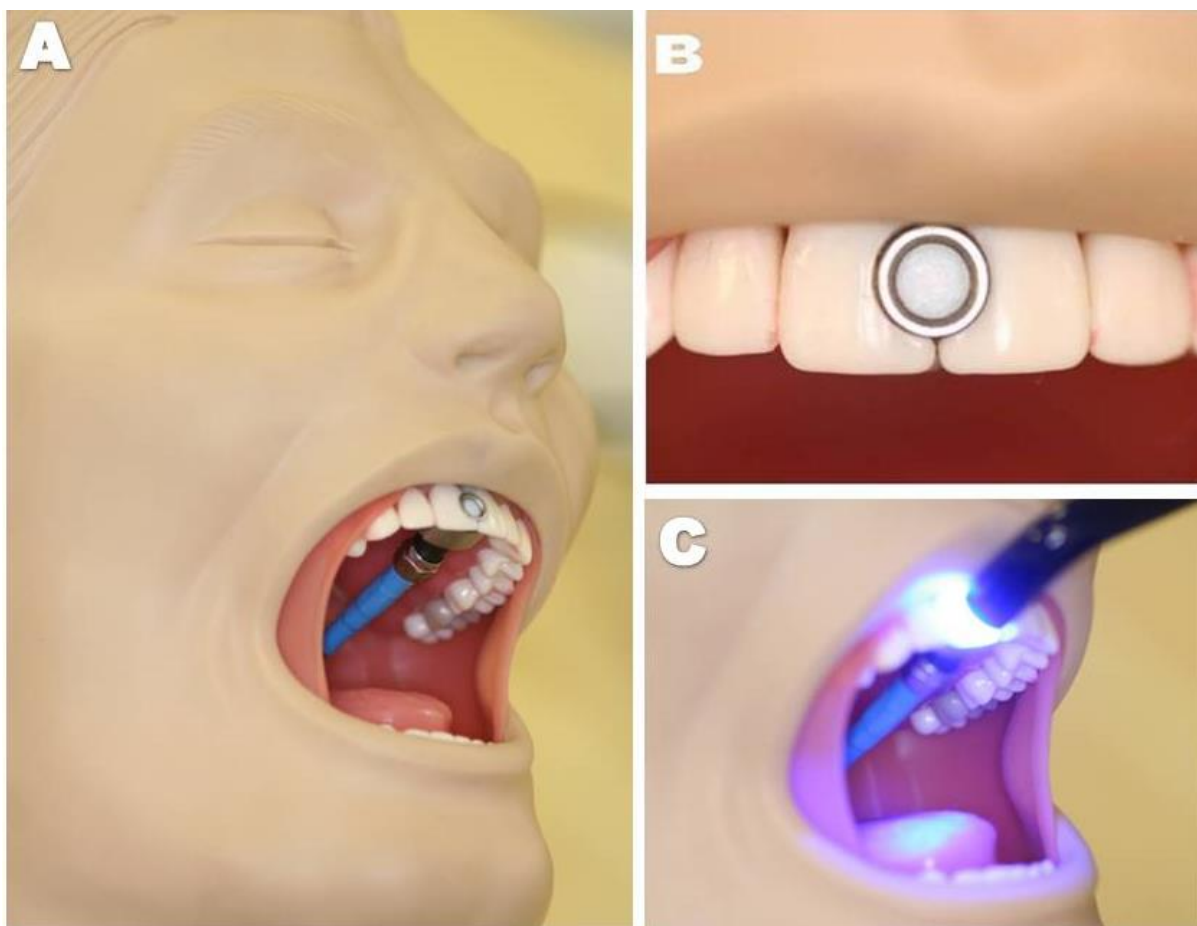
4.3 Medição da irradiância

A irradiância foi mensurada utilizando o Patient Simulator (MARC-PS) (Blue Light Analytics™, Inc., Halifax, Canadá), que possui um espectrorradiômetro de alta precisão, permitindo obter dados da irradiância, espectro, e a energia recebida pelas restaurações de resina em preparos simulados nos dentes dentro de uma cabeça de manequim (Figura 1A).

Este sistema nos permitiu ver a quantidade de irradiância recebida em tempo real devido ao sensor localizado no centro dos dentes incisivos do manequim (Figura 1B), verificando como a mudança no modo de fotopolimerização pode afetar a irradiância.

A ponteira foi orientada perpendicularmente e centralizada sobre o sensor, a irradiância foi registrada através da distância de medição de 0 mm (Figura 1C). Foram utilizados os equipamentos fotopolimerizadores LED 3M ESPE e Bluephase N selecionando dois modos (alta intensidade contínua e rampa), e o tempo de fotopolimerização foi 20 s. Foram realizadas 3 mensurações de cada condição experimental e obtenção de uma média.

Figura 1 – Medição da irradiância através do Patient Simulator (MARC-PS)



Legenda: A) Patient Simulator (MARC-PS) (BlueLightAnalytics TM); B) Sensor localizado no centro dos dois dentes incisivos; C) Medição da irradiância 0 mm de distância da ponta do aparelho fotopolimerizador.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4. Grau de conversão

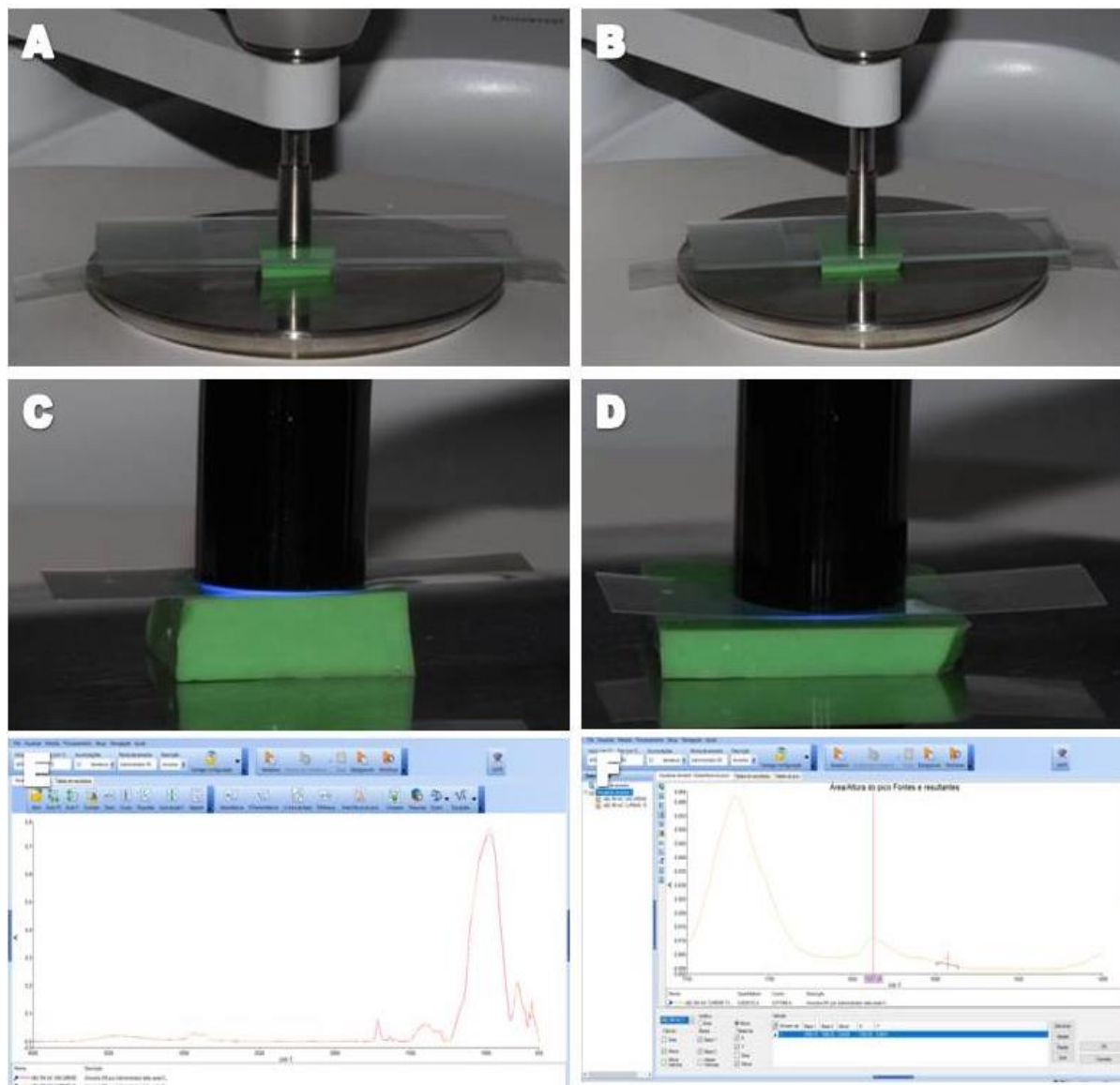
As medições do grau de conversão de monômero (GC%) foram monitoradas em tempo real por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) (Spectrum One, Perkin Elmer, Beaconsfield, Reino Unido), com o acessório ATR (Reflectância total atenuada - Nexus, ThermoNicolet, Madison, EUA).

Para tanto, a resina composta não polimerizada foi colocada diretamente em moldes de silicone de 2 mm (Figura 2A) (resinas convencionais) ou de 4 mm de espessura (Figura 2B) (resinas *bulk fill*) sobre o sensor ATR (ZnSe-cristal), para medir o grau de conversão na camada de base da amostra. A superfície superior da amostra (n = 5) foi coberta com uma tira de poliéster e lâmina de vidro, que foi pressionada contra o sensor ATR para assegurar o bom contato do espécime com a superfície do cristal. Com ajuda de uma estrutura de suporte que deu estabilidade ao aparelho fotopolimerizador (3M ESPE e Bluephase N) foi realizada a fotopolimerização por 20 s (Figura 2C) e (Figura 2D).

Os espectros foram registrados antes da fotopolimerização e 15 min após a fotopolimerização (Figura 2E). O grau de conversão foi calculado a partir dos picos alifáticos C=C na região 1634 cm⁻¹ e 1608 cm⁻¹ (Figura 2F), aplicando-se a seguinte fórmula.

$$\text{GC}\% = \left[1 - \frac{(1634 \text{ cm}^{-1}/1608 \text{ cm}^{-1}) \text{ altura do pico após a polimerização}}{(1634 \text{ cm}^{-1}/1608 \text{ cm}^{-1}) \text{ altura do pico antes da polimerização}} \right] \times 100$$

Figura 2 – Medição do grau de conversão utilizando o FTIR-ATR



Legenda: A) Colocação da resina composta não polimerizada em molde de silicone de 4 mm de espessura; B) Colocação da resina composta não polimerizada em molde de silicone de 2 mm de altura; C) Fotopolimerização por 20 s (4 mm de espessura). D) Fotopolimerização por 20 s (2 mm de espessura); E) Registro dos espectros antes e após a fotopolimerização; F) Medição dos picos.
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.5 Preparo dos espécimes

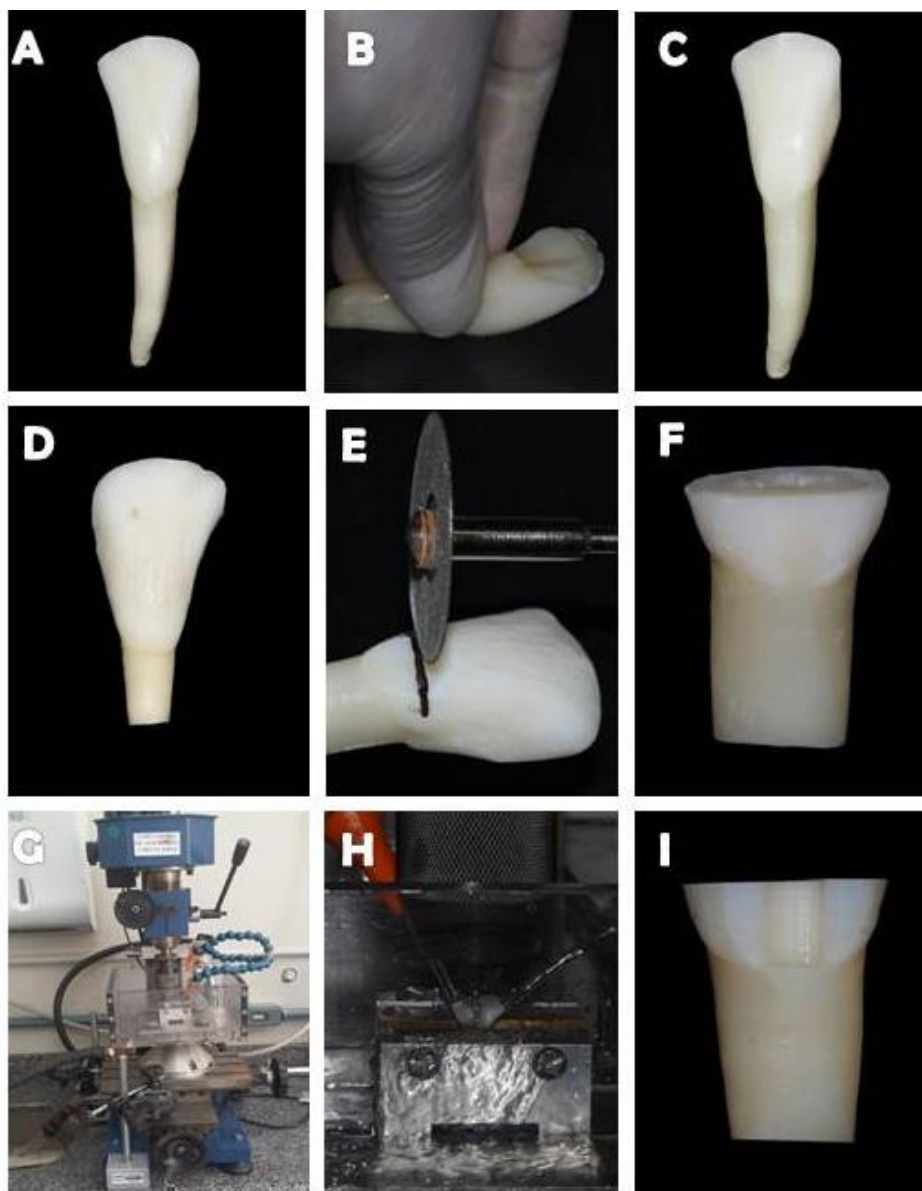
Os espécimes foram preparados baseando-se na metodologia proposta por Amaral et al. (2002) e Gutierrez (2016).

Foram selecionados 160 dentes incisivos bovinos (Figura 3A), os quais depois de serem limpos foram armazenados em solução de timol a 2%. Foi realizado desgaste na face vestibular dos dentes incisivos bovinos empregando lixa d'água de granulação P600 (Fepa-P, Panambra, São Paulo, SP, Brasil), acoplada a uma polítrix circular (DP-10, Panambra, São Paulo, SP, BR), (Figura 3B) a fim de se obter uma superfície de esmalte lisa, e onde a raiz e a coroa estivessem alinhadas em um mesmo plano (Figura 3C). Foi realizada uma marcação na coroa dental, a 4 mm da junção cimento-esmalte, considerando que a parede gengival ficasse no nível da dentina. Em seguida, dois cortes foram realizados com discos diamantados dupla-face (KG Sorensen) utilizando torno de alta rotação (Nevoni, São Paulo, SP, Brasil): o primeiro para a remoção de uma porção da raiz apenas para conseguir um correto posicionamento do espécime nas etapas posteriores do estudo (Figura 3D) e o segundo para remover a porção incisal (Figura 3E). Estes procedimentos foram realizados nos dentes incisivos bovinos a fim de que estes simulem um dente posterior humano, onde um preparo de Classe II tipo *slot* vertical foi realizado (Figura 3F).

Os preparos foram realizados com ponta diamantada (FG 2096, KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil). A cada 10 preparos cavitários a ponta diamantada foi substituída por uma nova para que fosse possível manter a uniformidade dos preparos. Foi utilizada uma máquina que possui uma mesa de coordenadas para preparos padronizados onde acoplou-se no setor lateral e frontal da sua estrutura dois relógios comparadores digitais (modelo *absolute I D-S*, Mitutoyo, Kawasaki, Japão) obtendo-se assim uma mensuração exata do deslocamento da ponta diamantada durante ao preparo cavitário (Figura 3G). Os espécimes foram fixados em uma morsa, de tal maneira que a face planificada ficasse paralela ao longo eixo da ponta diamantada, e o longo eixo do espécime ficassem exatamente no sentido vertical. O preparo foi realizado em constante refrigeração (Figura 3H).

Assim, foi possível obter preparos tipo *slot* vertical com 4 mm de altura cérvico-oclusal, 1,5 mm de profundidade no sentido méso-distal e 3 mm de largura vestibulo-lingual (Figura 3I). Após o preparo, os espécimes foram mantidos em água destilada até o momento da restauração para evitar o seu ressecamento.

Figura 3 – Preparo dos espécimes



Legenda: A) Incisivo bovino; B) Aplainamento da face vestibular do dente; C) Superfície vestibular aplainada; D) Dente com porção radicular removida; E) Marcação a 4 mm da junção amelocementária e corte em torno de alta rotação; F) Dente pronto para a preparação da cavidade; G) Aparelho de corte com relógios acoplados; H) Preparação da cavidade em abundante refrigeração; I) Dente preparado.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.6 Divisões dos grupos experimentais

Os 160 espécimes foram divididos em 4 grupos, dependendo do material restaurador utilizado:

- Grupo TB: Tetric N-Ceram Bulk Fill (*bulk-fill*);
- Grupo AB: Admira Fusion X-tra (*bulk-fill*);
- Grupo TC: Tetric N-Ceram (convencional);
- Grupo GO: GrandioSO (convencional).

Todos os grupos foram divididos em 4 sub grupos, sendo cada sub grupo fotopolimerizado com aparelhos e com modos diferentes (n = 10).

4.7 Técnica restauradora

Foi confeccionado um dispositivo de resina acrílica com um dente já cortado e com a face vestibular planificada em esmalte para conseguir uma simulação do contato proximal. Ao lado deste dente foi realizada uma cavidade o que se assemelharia a um alvéolo artificial onde os dentes com as cavidades preparadas foram inseridos para sua restauração. Os espécimes com as cavidades preparadas foram posicionados em contato com o dente adjacente e fixados através do auxílio de adesivo termoplástico em bastão (Bali, Guangdong, China). derretido por aplicador térmico profissional (Western, Zhejiang, China).

Foi inserida entre os dentes uma tira matriz metálica de 5 mm (TVD, Santa Catarina, Brasil) (Figura 4A). Após o término da restauração, o espécime restaurado foi removido e um novo espécime foi posicionado. As cavidades foram secas com uma bolinha de algodão e o sistema adesivo Single Bond universal (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) foi aplicado com a técnica auto condicionante de forma ativa esfregando-se energeticamente por 20 s com um *microbrush* (Figura 4B), seguido da aplicação do jato de ar por 5 s para evaporação dos solventes e fotopolimerização

por 10 s com equipamento fotopolimerizador tipo LED 3M ESPE ou Bluephase N (Figura 4C). O procedimento restaurador foi realizado de acordo com o grupo, conforme descrito a seguir:

- Grupos TB (Tetric N-Ceram Bulk fill) e AB (Admira Fusion X-tra)

As resinas *bulk fill* de consistência regular foram aplicadas nas cavidades em incremento único de 4 mm (Figura E) seguida pela foto polimerização com o aparelho 3M ESPE por 20 s no modo alta intensidade contínua (n = 10) e rampa (n = 10) (Figura F). Os últimos subgrupos foram fotopolimerizados utilizando o Bluephase N por 20 s no modo alta intensidade contínua (n = 10) e rampa (n = 10).

- Grupo TC (Tetric N-Ceram) e GO (Grandioso)

As resinas convencionais foram aplicadas nas cavidades em 3 incrementos dois oblíquos e um horizontal; a foto polimerização foi realizada depois da inserção de cada camada de resina, sendo feita com o aparelho 3M ESPE por 20 s no modo alta intensidade contínua (n = 10) e rampa (n = 10), ou com o aparelho Bluephase N por 20 s no modo alta intensidade contínua (n = 10) e rampa (n = 10).

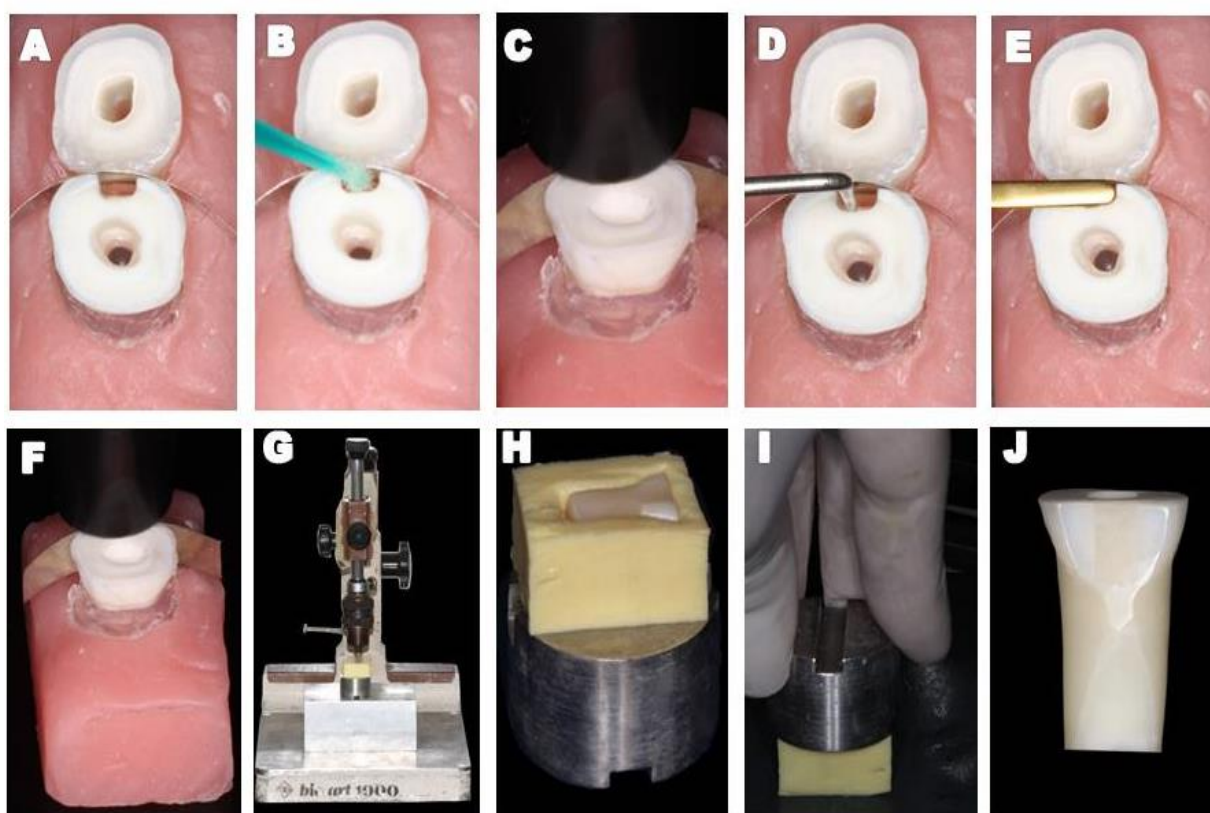
Foram seguidas as indicações dos fabricantes para determinar as espessuras dos incrementos em relação à profundidade de polimerização máxima de cada material. As resinas foram aplicadas nas cavidades e a quantidade correta de cada incremento de resina foi mensurada com o auxílio de uma sonda periodontal (Figura 4D).

Após a confecção das restaurações, os espécimes foram colocados sobre gazes umedecidas com água destilada, e armazenados em uma caixa com as divisões correspondentes para cada grupo e posteriormente colocados numa estufa a 37°C, por 24 h.

Em seguida os espécimes foram levados para a realização do polimento da restauração. Para facilitar o manuseio dos dentes, os mesmos foram adaptados a um dispositivo metálico, com o auxílio de um delineador e de um molde individual feito com silicone de condensação pasta densa (Optosil® Comfort Putty, Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) (Figura 4G). Os espécimes foram posicionados de tal forma que a superfície planificada dos dentes, correspondente ao longo eixo da restauração, ficasse paralela ao solo (Figura 4H). As superfícies das restaurações

foram polidas com lixas d'água, adaptadas a uma politriz circular (DP-10, Panambra, São Paulo, SP, BR) que rotacionava a 300 rpm sob abundante refrigeração. O protocolo de polimento foi o seguinte: 30 s com lixa P1200, 30 s com lixa P2400, e lixa P4000 (Extec, Enfield, CT- EUA) por 2 min (Figura 4I). Em seguida foram levados para banho ultrassônico por 5 min.

Figura 4 – Protocolo restaurador empregado



Legenda: A) Espécime posicionado no dispositivo que simulava o dente vizinho; B) Aplicação sistema adesivo; C) Polimerização do adesivo; D) Mensuração com sonda periodontal; E) Aplicação da resina; F) Polimerização da resina G) Posicionamento no delineador do espécime no dispositivo metálico; H) Espécime pronto para polimento; I) Polimento da restauração; J) Aspecto final da restauração polida.

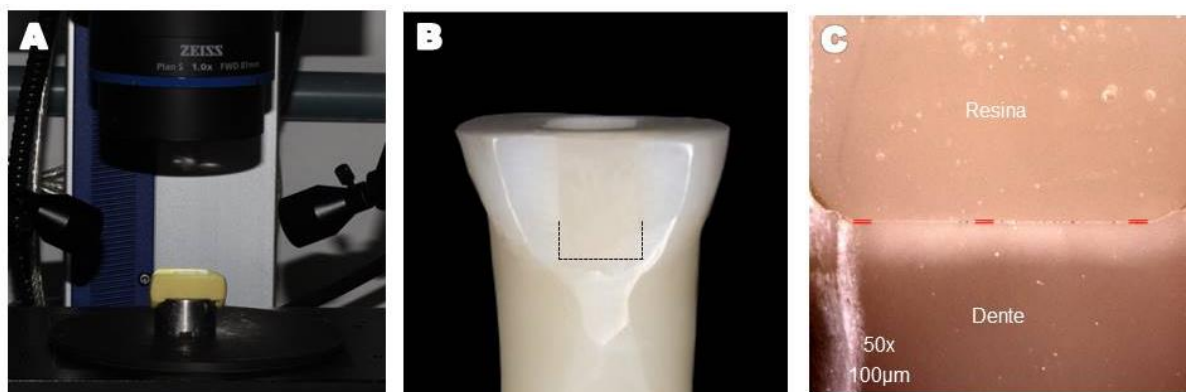
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.8 Avaliação da fenda marginal gengival

Os espécimes montados foram levados para avaliação das interfaces em Estereomicroscópio (Discovery V20, Zeiss; Gottingen, Germany) com 50x de aumento (Figura 5A). A mensuração da fenda marginal foi realizada na parede gengival (Figura 5B).

Foi calculada a média de três mensurações por espécime, uma no centro e outras duas próximas aos ângulos diedros. Cada espécime foi avaliado duas vezes, uma antes e uma após a ciclagem termomecânica.

Figura 5 – Leitura das fendas



Legenda: A) Espécime posicionado no Estereomicroscópio (50x); B) Local onde foram feitas as medições das fendas; C) Medição das fendas.

Fonte: Elaborada pelo autor.

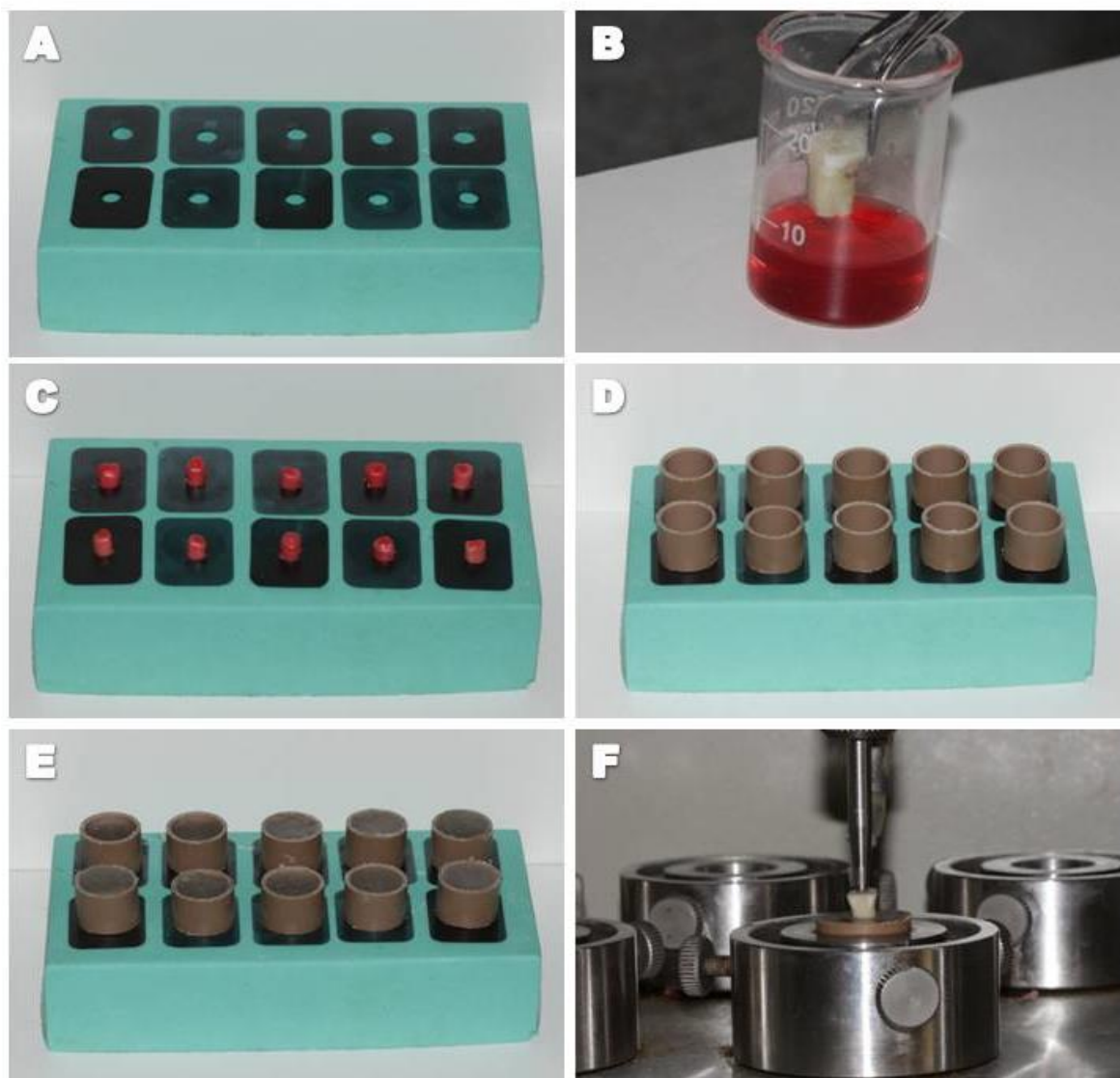
4.9 Envelhecimento artificial por ciclagem termomecânica

Para o envelhecimento artificial os dentes tiveram ligamento periodontal simulado realizada pelo método de Soares et al. (2005). Assim, os espécimes foram embutidos individualmente em canos de PVC (Tigre, Rio Claro, SP, Brasil). Foram utilizados filmes radiográficos (Kodak, Nova York, EUA) com um orifício circular no centro para posicionar os dentes a 2,0 mm da Junção cimento-esmalte(Figura 6A). As superfícies das raízes foram mergulhadas por 2 s em cera base (Lysanda, São

Paulo, SP, Brasil) derretida a 60°C, até 2,0 mm abaixo da junção cimento esmalte JCE (Figura 6B), resultando em uma camada de cera de 0,2 a 0,3 mm de espessura considerada adequada por diversos autores na literatura (Soares et al., 2005; Bortoluzzi et al., 2007; Marchionatti et al., 2014) (Figura 6C) medindo a espessura da raiz antes e depois da imersão. Este conjunto dente e filme radiográfico foram posicionados para baixo sobre um molde de silicone furado, e os canos de PVC de 25 mm de diâmetro e comprimento de 10 mm foi posicionado e fixado com cera (Figura 6D). Em seguida, realizou-se o preenchimento com resina acrílica transparente ativada quimicamente (Jet Clássico, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 6E). Finalizado o tempo de polimerização da resina, os dentes foram removidos do cano de PVC e a cera foi removida da superfície da raiz e da cavidade onde foi encaixado "alvéolo" utilizando uma cureta. Então, a raiz foi reposicionada no espaço alveolar simulado com um material a base de mercaptana (Permlastic, Kerr Corp., Orange, CA, EUA) o excesso de material elastomérico foi removido com uma lâmina de bisturi.

A aplicação da carga foi feita perpendicularmente à superfície oclusal da restauração, a qual foi marcada para facilitar o correto posicionamento do pistão responsável pela ciclagem mecânica (Figura 6F). Todos os espécimes de cada grupo foram submetidos à ciclagem termomecânica na máquina de desgaste termomecânico (ER 3700 ERIOS Equipamentos técnicos e Científicos Ltda., São Paulo - SP, Brasil). Foram realizados 120.000 ciclos mecânicos à uma carga de 88,4 N, que foi aplicada no centro da superfície oclusal da restauração. Simultaneamente, foram realizados 5.000 ciclos térmicos com banhos em água nas temperaturas de 5 ($\pm 2^\circ\text{C}$), 37 ($\pm 2^\circ\text{C}$) e 55 ($\pm 2^\circ\text{C}$), durante 30s para cada temperatura, com intervalo de 10 s entre cada banho. Após a ciclagem, a avaliação da fenda marginal foi realizada novamente conforme o descrito no item 4.8.

Figura 6 – Confeção do ligamento periodontal simulado para o envelhecimento artificial por ciclagem termomecânica

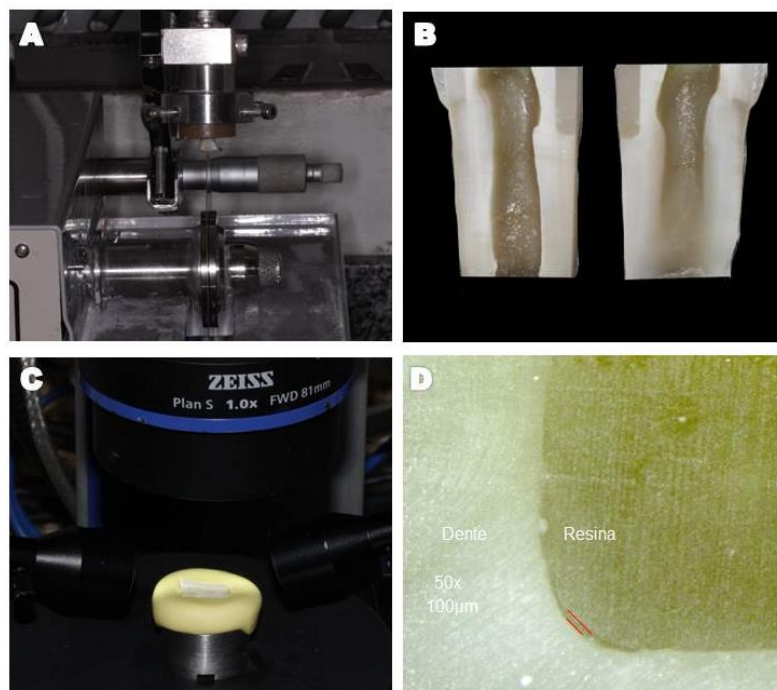


Legenda: A) Colocação dos filmes radiográficos com orifício central sobre molde de silicone; B) Imersão da raiz do espécime em cera; C) Raízes dos dentes posicionadas e com uma camada de 0,2 a 0,3 mm de cera; D) Canos de PVC posicionados sobre o conjunto filme e dente; E) Preenchimento com resina acrílica; F) Aplicação de carga sobre o dente reencaixado com mercaptana.
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.10 Avaliação da fenda interna

Para mensuração da fenda interna, os espécimes foram seccionados no centro da restauração em uma cortadeira de precisão (Labcut, Extec, Enfield, CT, EUA) (Figura 7A). Para isso, eles foram novamente colocados no cilindro de resina acrílica, do qual haviam sido removidos após a ciclagem, sendo fixados com cera pegajosa e então levados à cortadeira. Foi realizada uma secção perpendicular ao longo eixo de cada espécime. O disco iniciou o corte na região central da parte oclusal da restauração em direção à raiz, separando o espécime em dois segmentos, um vestibular e um lingual. Como resultado obtivemos duas interfaces dente/resina por espécime, (Figura 7B) cujas fendas foram avaliadas no Estereomicroscópio utilizando um aumento de 50x (Figura 7C). A largura da fenda no ângulo áxio-gengival foi mensurada em μm (Figura 7D). A média dos dois segmentos foi calculada para cada espécime.

Figura 7– Avaliação da fenda interna



Legenda: A) Secção do espécime na cortadeira de precisão; B) Segmentos gerados após o corte; C) Análise do segmento no Estereomicroscópio 50x; D) Mensuração da largura da fenda interna.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.10 Planejamento estatístico

Com o objetivo de analisar o efeito dos tipos de fotopolimerização sobre a irradiância, foi delineado um experimento que segue um esquema a 1 fator, com 4 condições experimentais sob 3 repetições.

Assim, foi considerada uma variável independente (ou experimental): tipo de fotopolimerização. Este representa 4 categorias ou níveis: *Monowave* (3M)/Alta intensidade contínua, *Monowave* (3M)/Rampa, *Polywave* (Bluephase)/Alta intensidade contínua e *Polywave* (Bluephase)/Rampa. A variável dependente (ou resposta) foi irradiância, medida operacionalmente por meio de espectrômetro.

A estatística descritiva consistiu no cálculo de médias e desvio padrão. A estatística inferencial consistiu nos testes de análise de variância e teste de comparações múltiplas.

Com o objetivo de analisar o efeito dos tipos foto ativação e dos tipos de resina composta sobre o grau de conversão, foi delineado um experimento que segue um esquema fatorial (4X4), totalizando 16 condições experimentais sob 5 repetições.

Foram consideradas 2 variáveis independentes (ou experimentais): tipo de foto ativação e tipo de material restaurador. A variável dependente (ou resposta) foi o grau de conversão, medido operacionalmente por espectroscopia.

A estatística descritiva consistiu no cálculo de médias e desvio padrão. A estatística inferencial consistiu nos testes de Análise de variância a 2 fatores e teste de comparações múltiplas.

Com o objetivo de analisar a influência do tipo de foto ativação, e do tipo de resina composta sobre a formação de fendas marginais externas em restaurações classe II, foi delineado um experimento que segue um esquema fatorial (4X4), totalizando 16 condições experimentais sob 10 repetições.

Nesse estudo, cujas restaurações tipo classe II foram a unidade experimental, foram consideradas duas variáveis independentes (ou experimentais): tipo de foto ativação e tipo de material restaurador. A variável dependente (ou resposta) foi a fenda marginal externa, medida operacionalmente por meio de Estereomicroscópio.

A estatística descritiva consistiu no cálculo de médias e desvio padrão. A estatística inferencial consistiu nos testes de Análise de Variância a dois fatores e teste de comparações múltiplas.

Com o objetivo de analisar a influência do envelhecimento artificial termomecânico, tipo de foto ativação, e do tipo de resina composta sobre a formação de fendas marginais externas em restaurações classe II, foi delineado um experimento que segue um esquema fatorial (4X4), totalizando 16 condições experimentais sob 10 repetições.

Nesse estudo, cujas restaurações tipo classe II foram a unidade experimental, foram consideradas duas variáveis independentes (ou experimentais): tipo de foto ativação e tipo de material restaurador. A variável dependente (ou resposta) foi variação da fenda marginal externa após o envelhecimento, em relação aos valores de fenda inicial, expressos em porcentagem.

A estatística descritiva consistiu no cálculo de médias e desvio padrão das variações das fendas. A estatística inferencial consistiu nos testes de Análise de Variância a dois fatores e teste de comparações múltiplas.

Com o objetivo de analisar o efeito dos tipos de foto ativação e dos tipos de resina composta sobre a formação de fendas internas em restaurações classe II, foi delineado um experimento que segue um esquema fatorial (4X4), totalizando 16 condições experimentais sob 10 repetições.

Foram consideradas 2 variáveis independentes (ou experimentais): modo de foto ativação e tipo de material restaurador. A variável dependente (ou resposta) foi a fenda interna, medida operacionalmente por meio de Estereomicroscópio.

A estatística descritiva consistiu no cálculo de médias e desvio padrão. A estatística inferencial consistiu nos testes de Análise de variância a 2 fatores e teste de comparações múltiplas.

Para todos os testes o nível de significância escolhido foi o valor convencional de 5%.

5 RESULTADOS

5.1 Irradiância

A estatística descritiva dos dados de irradiância encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Média \pm Desvio padrão (DP) de irradiância (mW/cm²) e Densidade de energia (J/cm²)

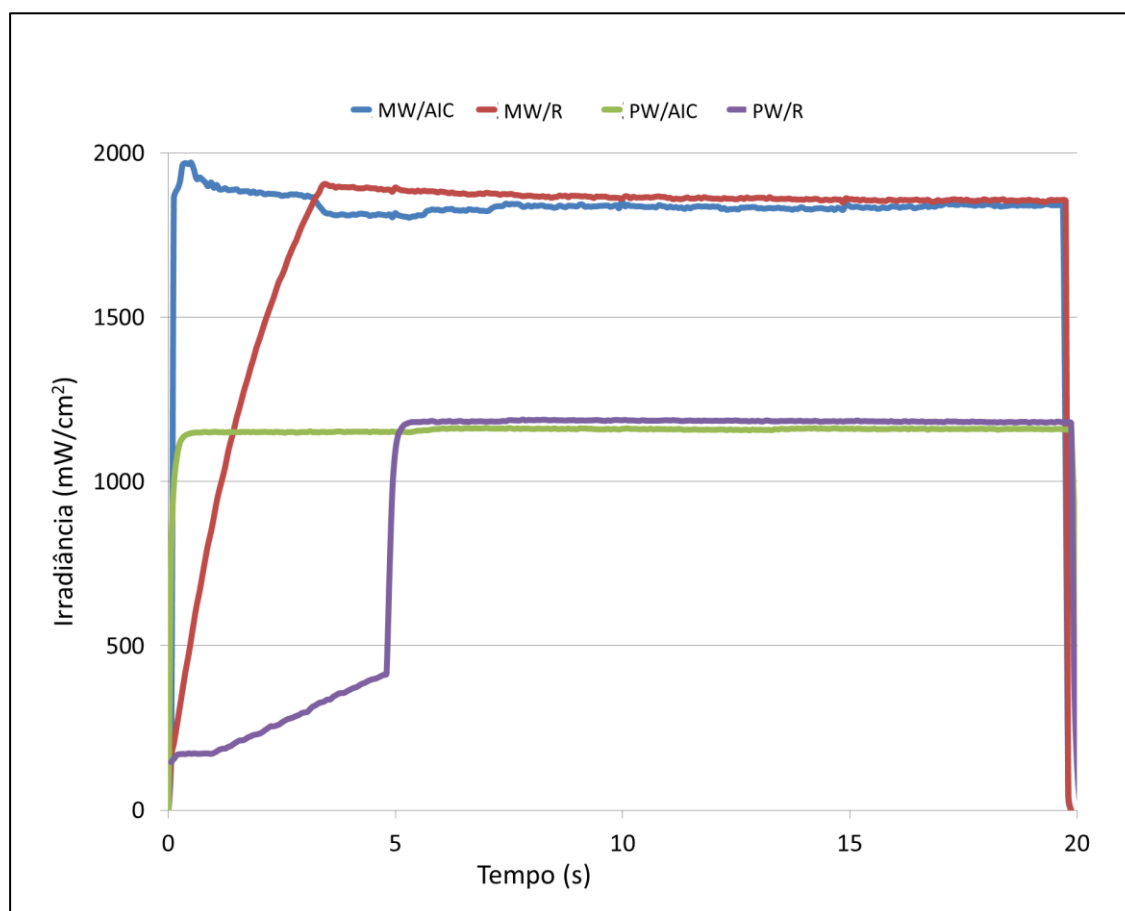
Fotopolimerização		Irradiância (mW/cm ²)		Densidade de energia (J/cm ²)	
Fotopolimerizador	Modo	Média	\pm DP	Média	\pm DP
Monowave (3M ESPE)	AIC	1822,2	88,81	36,44	1,82
	Rampa	1748,1	8,52	34,96	0,16
Polywave (Bluephase N)	AIC	1145,3	33,9	22,99	0,69
	Rampa	952,14	8,22	19,04	0,17

Legenda: AIC - Alta intensidade contínua.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 8 é dada a representação gráfica da irradiância emitida pelos fotopolimerizadores 3M ESPE e Bluephase N durante 20 s. Observa-se que no modo rampa a emissão de luz vai aumentando nos primeiros 5 s, até atingir o valor máximo e se mantém constante até 20 s. Já no modo alta intensidade contínua inicia-se do valor mínimo e chega ao pico máximo antes de 1 s e se mantém constante até o final do teste.

Figura 8 – Irradiância emitida pelos fotopolimerizadores



Legenda: MW/AIC – *Monowave*/Alta intensidade contínua; MW/R – *Monowave*/Rampa; PW/AIC – *Polywave*/Alta intensidade contínua; PW/R – *Polywave*/Rampa.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 2 apresenta o Resultado do Teste de ANOVA a 1 fator para a irradiância.

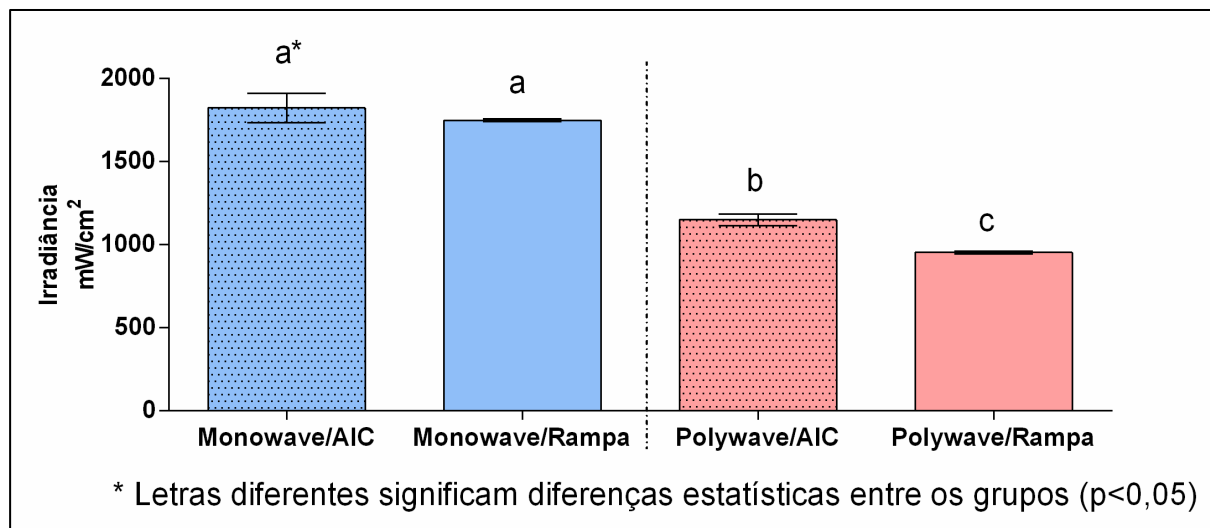
Tabela 2 – ANOVA a 1 fator para os dados de Irradiância

Fator	Graus de Liberdade	F	p-valor
Fotopolimerização	3	242,87	<0,001

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 9 mostra os resultados do Teste de Tukey.

Figura 9 – Resultado do Teste de Tukey para a Irradiância



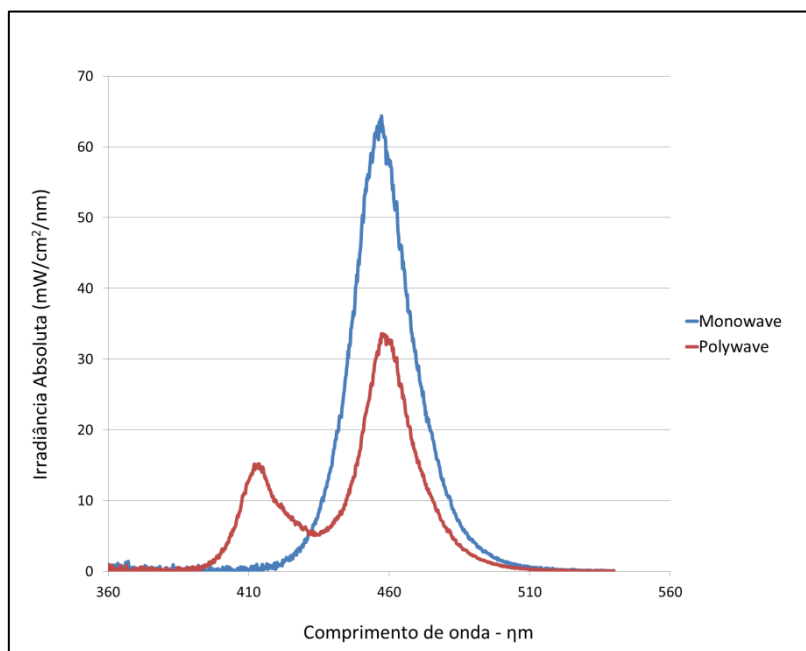
Legenda: AIC - Alta intensidade contínua.

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a Figura 9 observa-se que o fotopolimerizador do tipo *Monowave* (3M ESPE) apresentou maiores valores de irradiância, independentemente do modo de ativação, sendo significativamente diferente do fotopolimerizador do tipo *Polywave* (Bluephase N).

Na figura 10 apresentam-se a medição do espectro de luz emitido pelos fotopolimerizadores.

Figura 10 – Gráficos dos espectros de emissão dos aparelhos fotopolimerizadores LED (*Monowave* - 3M ESPE e *Polywave* – Bluephase N)



Fonte: Elaborada pelo autor

5.2 Grau de conversão

Os dados descritivos da porcentagem do grau de conversão das resinas 15 min após a fotopolimerização encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de Grau de Conversão (%) e \pm Desvio padrão (DP) para cada condição experimental (n = 5)

RESINAS	FOTOPOLIMERIZAÇÃO							
	<i>Monowave</i> (3M ESPE)				<i>Polywave</i> (Bluephase N)			
	AIC		Rampa		AIC		Rampa	
	Média	\pm DP	Média	\pm DP	Média	\pm DP	Média	\pm DP
Tetric N-Ceram Bulk Fill (TB)	49,61	1,27	50,65	3,69	45,99	2,36	46,70	3,31
Admira Fusion X-tra (AB)	60,61	4,89	67,25	10,60	59,62	6,47	61,11	11,12
Tetric N-Ceram (TC)	56,60	4,84	52,60	5,88	53,73	2,30	53,77	7,09
GrandioSO (GO)	59,26	4,70	51,35	6,67	54,53	2,61	53,45	1,67

Legenda: AIC - Alta intensidade continua.

Fonte: Elaborada pelo autor

Os resultados do teste de ANOVA adis fatores para avaliação do grau de conversão podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados da ANOVA a dois fatores para grau de conversão

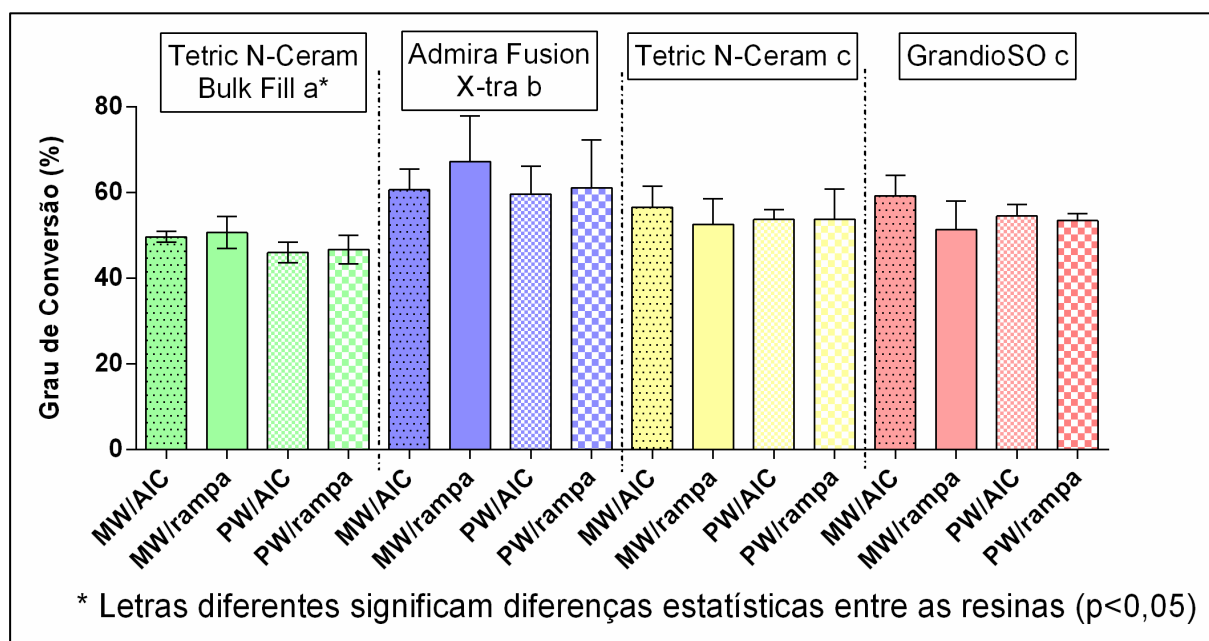
Fatores	Graus de Liberdade	F	p-valor
Resina	3	19,858	<0,001*
Fotopolimerização	3	1,275	0,290333
Resina x Fotopolimerização	9	1,160	0,335722

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 4 mostra que o fator resina apresentou diferença estatística significativa; já o fator fotopolimerização e a interação entre os fatores não mostrou diferenças significativas.

A Figura 11 mostra o resultado do Teste de Tukey para o fator Resina.

Figura 11 – Resultado do Teste de Tukey para o Grau de Conversão – Fator Resina



Legenda: MW – Monowave; PW – Polywave; AIC - Alta intensidade contínua.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se na Figura 11 que a resina Admira Fusion X-tra apresentou o maior grau de conversão e foi significativamente diferentes das resinas convencionais Tetric N-Ceram e GrandioSO que apresentaram grau de conversão semelhante; a resina Tetric N-Ceram Bulk Fill apresentou menor valor de grau de conversão, não havendo diferença entre os tipos de fotopolimerização.

5.3 Fenda Marginal

Os dados descritivos da medição da fenda marginal externa das restaurações, antes do envelhecimento, encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores da medição da fenda marginal externa (μm) para cada condição experimental (n = 10)

RESINAS	FOTOPOLIMERIZAÇÃO							
	<i>Monowave</i> (3M ESPE)				<i>Polywave</i> (Bluephase N)			
	AIC		Rampa		AIC		Rampa	
	Média	$\pm\text{DP}$	Média	$\pm\text{DP}$	Média	$\pm\text{DP}$	Média	$\pm\text{DP}$
Tetric N-Ceram Bulk Fill (TB)	13,09	2,94	12,11	1,24	13,57	3,05	12,48	1,27
Admira Fusion X-tra (AB)	12,59	1,36	10,77	1,35	12,88	2,26	12,54	2,85
Tetric N-Ceram(TC)	9,59	1,16	11,80	2,28	13,94	3,38	13,18	2,97
GrandioSO (GO)	11,92	2,01	11,34	1,86	12,29	1,61	11,07	2,24

Legenda: AIC - Alta intensidade continua.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados do teste de ANOVA a dois fatores para avaliação da fenda marginal externa, antes do envelhecimento, podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados da ANOVA a dois fatores para fenda marginal externa

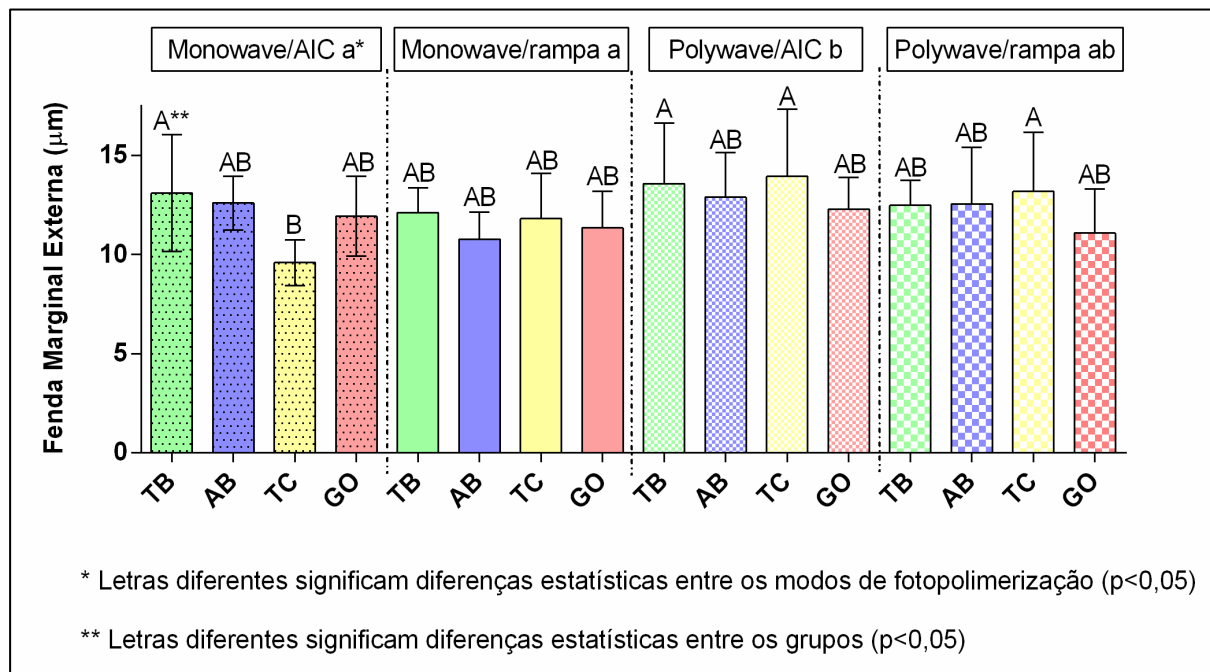
Fatores	Graus de Liberdade	F	p-valor
Resina	3	1,806	0,148652
Fotopolimerização	3	4,279	0,006307*
Resina x Fotopolimerização	9	2,114	0,031839*

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 6 mostra que o fator fotopolimerização e a interação Resina x Fotopolimerização apresentaram diferenças significativas. Os diferentes tipos de resinas utilizados não foram significantes para esta variável.

A Figura 12 mostra o resultado do Teste de Tukey para o fator Fotopolimerização e para a interação entre os fatores.

Figura 12 – Resultado do Teste de Tukey para a fenda marginal externa, antes do envelhecimento



Legenda: AIC - Alta intensidade contínua; TB – Tetric N-Ceram Bulk Fill; AB – Admira Fusion X-tra; TC – Tetric N-Ceram; GO - GrandioSO.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se na Figura 12 que ambas resinas *bulk fill* utilizadas Tetric N-Ceram Bulk Fill e Admira Fusion X-tra não mostraram diferenças estatisticamente significantes na formação de fendas externas iniciais em relação às resinas convencionais.

Os dados descritivos da medição da fenda marginal externa após o envelhecimento termomecânico encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores da medição da fenda marginal (μm) após o envelhecimento termomecânico para cada condição experimental ($n = 10$)

RESINAS	FOTOPOLIMERIZAÇÃO							
	<i>Monowave</i> (3M ESPE)				<i>Polywave</i> (Bluephase N)			
	AIC		Rampa		AIC		Rampa	
	Média	\pm DP	Média	\pm DP	Média	\pm DP	Média	\pm DP
Tetric N-Ceram Bulk Fill (TB)	14,34	2,11	13,60	0,66	14,97	2,17	13,17	0,96
Admira Fusion X-tra (AB)	14,25	1,23	12,02	1,20	14,52	1,78	13,35	2,25
Tetric N-Ceram (TC)	13,05	1,83	14,91	1,85	17,36	3,62	15,23	2,03
GrandioSO (GO)	15,94	2,48	15,57	2,36	13,94	1,83	15,88	2,47

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 8 mostra os valores da porcentagem da variação da fenda após o envelhecimento, em relação aos valores de fenda inicial.

Tabela 8 – Valores da porcentagem da variação da fenda após o envelhecimento, em relação aos valores de fenda inicial, para cada condição experimental ($n = 10$)

RESINAS	FOTOPOLIMERIZAÇÃO							
	<i>Monowave</i> (3M ESPE)				<i>Polywave</i> (Bluephase N)			
	AIC		Rampa		AIC		Rampa	
	Média	\pm DP	Média	\pm DP	Média	\pm DP	Média	\pm DP
Tetric N-Ceram Bulk Fill (TB)	11,51	13,53	13,10	10,63	12,15	11,98	5,92	6,39
Admira Fusion X-tra (AB)	14,71	20,24	12,12	8,42	14,32	15,82	8,30	13,69
Tetric N-Ceram (TC)	39,32	33,90	28,59	18,31	26,20	17,89	18,56	16,98
GrandioSO (GO)	36,05	29,09	39,12	23,23	13,57	6,96	48,54	37,17

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados do teste de ANOVA a dois fatores para avaliação da porcentagem de variação da fenda marginal externa após o envelhecimento termomecânico podem ser observados na Tabela 9.

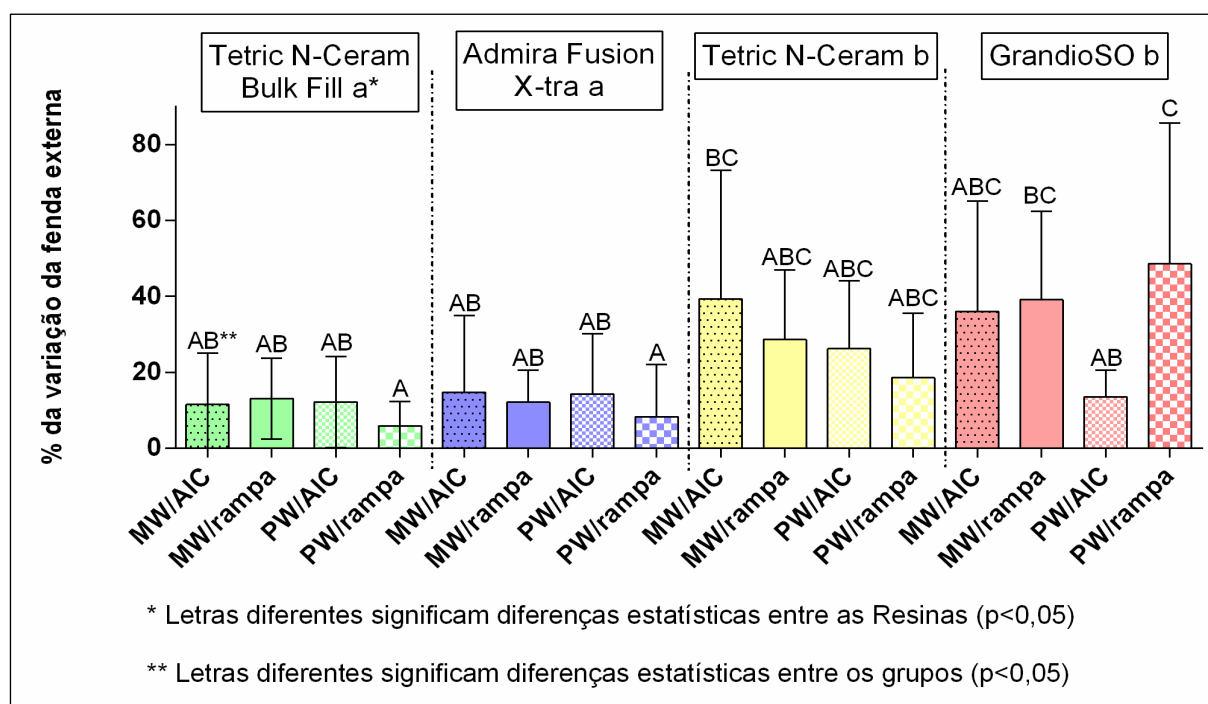
Tabela 9 – Resultados da ANOVA a dois fatores para porcentagem de variação da fenda marginal externa

Fatores	Graus de Liberdade	F	p-valor
Resina	3	13,8524	<0,01
Fotopolimerização	3	1,4847	0,221222
Resina x Fotopolimerização	9	2,1455	0,029

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 13 mostra o resultado do Teste de Tukey para o fator Resina e para a interação entre os fatores.

Figura 13 – Resultado do Teste de Tukey para a % da variação da fenda marginal externa, após o envelhecimento



Legenda: MW – Monowave; PW – Polywave; AIC - Alta intensidade contínua.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se na Figura 13 que após o envelhecimento a resina GrandioSO fotopolimerizadas com aparelho *Polywave* no modo rampa (R) apresentou maior

porcentagem de fenda marginal sendo estatisticamente diferente que a resina Tetric N-Ceram Bulk Fill que apresentou menor porcentagem de fenda marginal.

Os dados descritivos da medição da fenda interna das restaurações encontra-se na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores da medição da fenda interna (μm) para cada condição experimental (n = 10)

RESINAS	FOTOPOLIMERIZAÇÃO							
	Monowave (3M ESPE)				Polywave (Bluephase N)			
	AIC		Rampa		AIC		Rampa	
	Média	$\pm\text{DP}$	Média	$\pm\text{DP}$	Média	$\pm\text{DP}$	Média	$\pm\text{DP}$
Tetric N-Ceram Bulk Fill (TB)	27,05	10,79	12,70	6,08	27,90	12,55	17,40	14,15
Admira Fusion X-tra (AB)	15,65	8,26	41,00	20,59	20,45	7,05	36,35	20,12
Tetric N-Ceram (TC)	30,60	11,82	52,90	13,51	23,05	7,42	29,50	15,54
GrandioSO (GO)	85,05	61,03	36,90	5,82	40,00	25,10	37,15	11,59

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados do teste de ANOVA a dois fatores para avaliação da fenda interna podem ser observados na Tabela 11

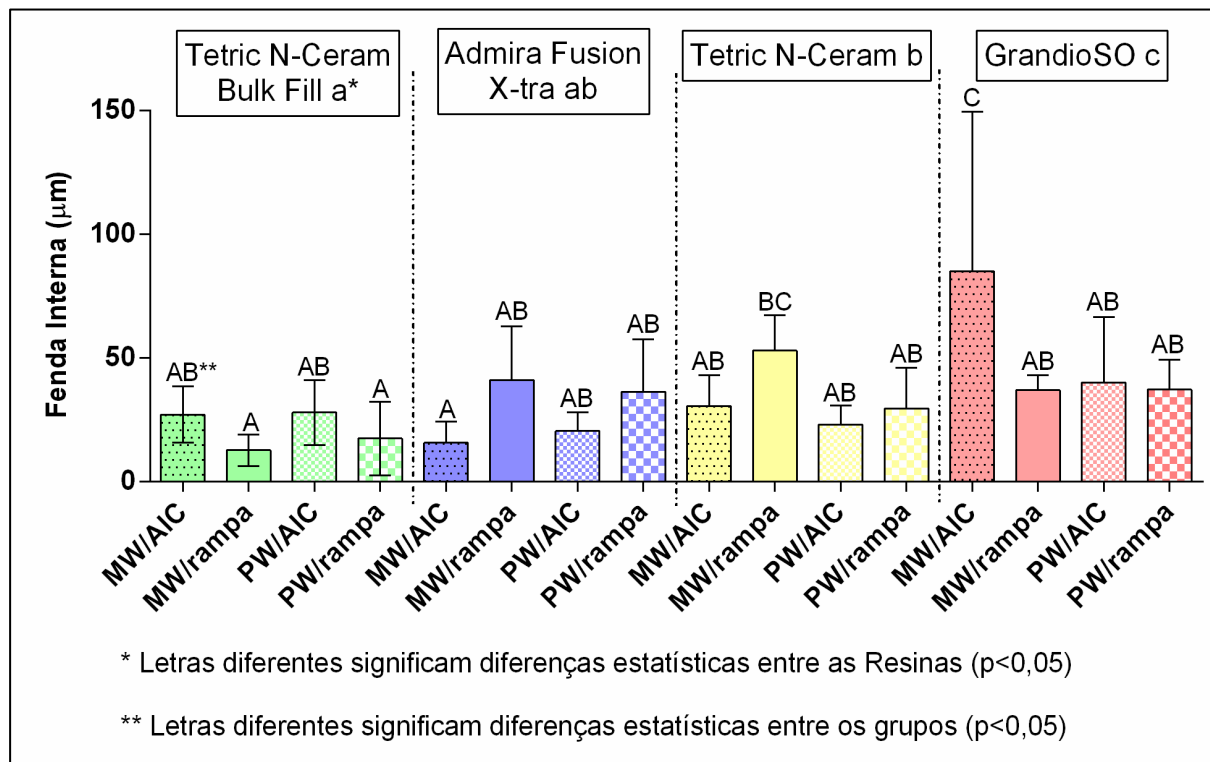
Tabela 11 – Resultados da ANOVA a dois fatores para a fenda interna

Fatores	Graus de Liberdade	F	p-valor
Resina	3	12,8374	<0,01
Fotopolimerização	3	2,5050	0,061518
Resina x Fotopolimerização	9	5,9237	<0,01

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 14 mostra o resultado do Teste de Tukey para o fator Resina e para a interação entre os fatores.

Figura 14 – Resultado do Teste de Tukey para a fenda interna, após o envelhecimento



Legenda: MW – *Monowave*; PW – *Polywave*; AIC - Alta intensidade contínua.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se na Figura 14 que a resina GrandioSO apresentou maior fenda interna quando fotopolimerizadas com aparelho *Monowave* no modo AIC e foram significativamente diferente das resinas *bulk fill*.

6 DISCUSSÃO

A longevidade das restaurações com resina composta depende de diversos fatores; como a seleção adequada da técnica restauradora, eficácia da polimerização e a composição do tipo de resina utilizada (Krejci et al., 2005). Além disso, outro fator a ser considerado são os desafios ambientais orais tais como a degradação térmica e de pH, carga oclusal, e atividades bioquímicas bacterianas (Pallesen et al., 2014; Demarco et al., 2012; Leprince et al., 2013).

Unidades fotopolimerizadoras tem sido desenvolvidas, incluindo luz de quartzo-tungstênio-halogênio (QTH), laser argônio, arco de plasma e os aparelhos de luz emitida por diodo (LED) cada uma com o objetivo de garantir uma fotopolimerização eficiente melhorando a qualidade das restaurações dentais (Leprince, et al., 2010). A tecnologia LED atualmente é a mais utilizada para a fotopolimerização de resinas compostas. Os LEDs de primeira e segunda geração emitem luz para o espectro de absorção da canforoquinona (430-500 nm) (Lee, et al., 2012) eles pode não fornecer cura adequada de resinas compostas contendo iniciadores alternativos na sua composição. É assim que surgiram as unidades de cura LED de "terceira geração" considerados aparelhos fotopolimerizadores de amplo espectro, contendo dois ou mais comprimentos de onda diferentes de emissores LED (Polywave) sendo os comprimentos de onda mais curtos (violeta) para ativar iniciadores alternativos e os comprimentos de onda mais longos (azul) para ativar canforoquinona (Price, et al., 2009).

O fotopolimerizador *Monowave* 3M ESPE utilizado em nosso estudo apresentou maior valor de irradiância e foi significativamente diferente que o fotopolimerizador *Polywave* Bluephase N. Tal resultado pode estar relacionado a uma das características na evolução dos aparelhos fotopolimerizadores LED de terceira geração *Polywave* que promove o amplo comprimento de onda numa faixa espectral ampla e coincide com a faixa para ativar a canforoquinona e foto iniciadores alternativos presentes nas resinas atuais (Santini et al., 2012) ao contrário dos fotopolimerizadores LED de segunda geração *Monowave* que emitem

valores altos de irradiância. Porém, valores elevados de irradiância pode gerar calor e como consequência dano à polpa (Whabi et al., 2012).

No aparelho *Monowave*, os diferentes modos de ativação testados não mostraram diferenças na irradiância. Já para o aparelho *Polywave* o modo rampa apresentou uma irradiância significativamente menor que o modo alta intensidade contínua. Segundo Costa et al. (2009) isto não representaria uma desvantagem, pois a quantidade de irradiância emitida no modo rampa de aparelhos fotopolimerizadores LED seria suficiente para assegurar adequado grau de conversão.

O modo de polimerização em rampa foi idealizado para prolongar a fase pré-gel. Em teoria uma rede de polímero que se desenvolve a uma taxa mais lenta permaneceria mais tempo no estágio pré-gel e, conseqüentemente, haveria mais tempo disponível para o relaxamento das tensões, adiando o início do desenvolvimento das tensões e reduzindo sua magnitude (Sakaguchi, Berge, 1998). Isto poderia ter conseqüências na adaptação do material à cavidade, e conseqüente formação de fendas marginais.

A densidade de energia recebida pela resina é o produto matemático de irradiância e tempo de exposição. A entrega de insuficiente energia afeta negativamente as propriedades físicas das resinas compostas (Xu et al., 2006; Caldas et al., 2003; Vandewalle et al., 2004), reduz a força de ligação (Xu et al., 2006; Kim et al., 2006), aumenta o desgaste marginal e degradação (Ferracane et al., 1997; Vandewalle et al., 2004), diminui a biocompatibilidade (de Souza 2003; Brambilla et al., 2009), e aumenta a colonização bacteriana (Brambilla et al., 2009). Por outro lado, igualmente indesejável, é a entrega de muita energia para o dente, que pode causar danos térmicos à polpa e os tecidos orais expostos (Baroudi et al., 2009). O uso de uma variedade de tipos de fotopolimerizadores e modos de fotopolimerização pode ter efeito na profundidade de cura e formação de fendas (Lazarchik et al., 2007; dos Santos et al., 2009; Campodonico et al., 2011).

Sabe-se também que a eficiência da foto ativação diminui com a espessura, à medida que a emitância radiante é reduzida por causa da absorção e espalhamento da luz dentro do compósito (Leprince et al., 2013; dos Santos et al., 2009). A atenuação da luz é maior para os comprimentos de onda inferiores (nm),

como o violeta (380 - 420 nm), em comparação com os maiores comprimentos de onda azuis (420 - 495 nm) (Rocha et al., 2017).

Neste estudo, os diferentes tipos de polimerização não afetaram o grau de conversão das resinas estudadas. Somente o fator resina foi influenciado (tabela 4). Os valores de grau de conversão variaram de 45,99% a 67,25%, obtidos 15 min após a fotopolimerização. Sabe-se que a conversão dos monômeros acontece em grande parte durante a foto ativação e logo após a retirada da luz, mas não há um consenso por quanto tempo ainda ocorra esta conversão. Sendo assim, não há uma padronização no tempo de leitura do grau de conversão após a fotopolimerização. Encontramos na literatura trabalhos que analisaram o grau de conversão em diferentes tempos. Ilie (2017) avaliou o grau de conversão 5 min após a fotopolimerização. Magne et al. (2015) avaliaram imediatamente e após 24 h da fotopolimerização e observaram um aumento do grau de conversão após 24 h, somente para um dos materiais estudados. Al-Ahdal et al. (2015) mediu o grau de conversão após 5 min, 30 min, 60 min e 24 h após a irradiação da resina e observaram o impacto da pós-polimerização das resinas é material dependente.

Em relação ao grau de conversão, de acordo com Leprince et al. (2013) há de se considerar os componentes do material (quantidade e tipo de carga, matriz orgânica e foto iniciadores) e em que condições tais componentes são ativados ou polimerizados (Sideridou et al., 2002; Dewaele et al., 2006; Ozturk et al., 2013; Al-Ahdal et al., 2015). O grau de conversão está correlacionado com várias outras características importantes das resinas compostas, tais como propriedades mecânicas (Ferracane, Greener 1986; Li et al., 2009), contração volumétrica (Dewaele et al., 2006), resistência ao desgaste (Ferracane et al., 1997), eluição de monômeros (Ferracane, 1994), módulo de elasticidade, e estabilidade de cor (Li et al., 2009). Ainda não foram determinados valores ideais do grau de conversão para garantir eficiência clínica. Segundo Ferracane et al. (1997), a deterioração de uma resina composta causada por desgaste abrasivo está correlacionado com valores inferiores a 55 - 65% do grau de conversão.

Neste estudo a Resina Tetric N-Ceram Bulk Fill apresentou grau de conversão significativamente menor que as outras resinas estudadas (45,99-50,65). Esta resina, segundo o fabricante, contém diferentes foto iniciadores que são ativados com diferentes comprimentos de onda. Desta maneira, esperávamos que o

fotopolimerizador *Polywave* pudesse promover uma maior polimerização deste compósito, e conseqüentemente um maior grau de conversão. Porém, isto não foi verificado. Como relatado por Rocha et al. (2017) há a atenuação maior para os comprimentos de onda menores conforme a luz é transmitida dentro da resina. E, como medimos a base do corpo de prova, nesta região, luz com comprimentos de onda menores, capazes de ativar os foto-iniciadores adicionais deste material não foram suficientes para ativá-los. Rocha et al. (2017) mediu o grau de conversão da resina Tetric N-Ceram Bulk fill da base ao topo das amostras, e observou uma efetividade maior do fotopolimerizador *Polywave* no topo das amostras até uma espessura de 2mm. Depois dessa profundidade, os fotopolimerizadores *Monowave* e *Polywave* proporcionaram o mesmo grau de conversão, corroborando com os dados do nosso estudo.

Como as condições de polimerização não influenciaram estatisticamente neste estudo (Tabela 4) as diferenças no grau de conversão dos materiais podem estar relacionadas com os componentes inclusos na matriz de cada resina utilizada (Sideridou et al., 2002). Demonstrou-se que o grau de conversão em materiais baseados em metacrilato diminui progressivamente ao aumentar a concentração de partículas de carga (Ilie, 2017).

A resina Tetric N-Ceram Bulk Fill contém partículas de carga semelhantes às resinas compostas convencionais (Ilie et al., 2013) o que explica a translucidez reduzida deste material em comparação com outras resinas *bulk fill*. Estudos anteriores analisaram o efeito das características de partículas de carga no grau de conversão das resinas compostas e relacionaram a diminuição do grau de conversão com o aumento de partículas de carga opacas (Turssi et al., 2005; Baroudi et al., 2007; Amirouche-Korichi et al., 2009).

Para garantir uma polimerização eficiente os fabricantes desenvolveram um sistema iniciador adicional Ivocerin, sistema iniciador baseado em germânio com uma maior reatividade de fotopolimerização do que a clássica canforoquinona utilizada em quase todas as resinas compostas, devido à sua maior absorção na região entre 400 e 450 nm. Além disso, o iniciador pode ser usado sem a adição de uma amina como co-iniciador, e forma pelo menos dois radicais capazes de iniciar a polimerização, sendo assim mais eficiente que a canforoquinona com sistemas de amina com apenas um radical capaz de iniciar polimerização (Mozner et al., 2008).

Segundo Ilie et al. (2013) o sistema foto iniciador adicional (Ivocerin) da resina Tetric EvoCeram Bulk Fill não é capaz de compensar a menor translucidez em camadas mais profundas na mesma medida sendo uma maior dispersão da luz responsável pela diminuição do grau de conversão (Shah, Stansbury, 2014).

Resina Tetric N-Ceram Bulk Fill e resinas convencionais utilizadas neste estudo são baseadas em metacrilatos a diferença da resina Admira Fusion X-tra é que é um material baseado em ORMOCER e que apresentou maior grau de conversão.

ORMOCER (*organically modified ceramics*), são polímeros de estrutura molecular híbrida, pois possuem tanto uma rede orgânica como uma rede inorgânica (Moszner, et al., 2008). Sendo esta incorporação de grupos orgânicos ligados ao esqueleto inorgânico sua principal característica (Wolter, et al., 1994). Os materiais a base de ORMOCER foram formulados na tentativa de superar os problemas criados pela contração de polimerização de resinas compostas convencionais. Este material vem mostrando também uma alta resistência à abrasão, biocompatibilidade e proteção contra cáries (Kalra, et al., 2012). Inicialmente foram usados em conjunto com dimetacrilatos, mas Admira Fusion X-tra foi desenvolvido com uma matriz de resina à base de puro ORMOCER em combinação inovadora com a tecnologia nano-híbrida.

Segundo Sakaguchi (1998) quanto maior for o grau de conversão, maior será a contração de polimerização. Neste estudo os valores mais altos de grau de conversão foram para Admira Fusion X-tra Bulk fill material baseado em ormocer, mas o componente inorgânico da estrutura ORMOCER não apresenta contração durante a polimerização, como resultado a contração e a tensão de materiais baseados em ORMOCER seriam mínimos, a quantidade de carga também demonstrou influenciar na contração de polimerização do que BisEMA e TEGDMA associados ao BisGMA em materiais à base de metacrilato.(Bacchi, et al., 2015) Características como uma melhor retenção e força de ligação de ORMOCER pode também ter relação com o tamanho de partículas de carga progressivamente decrescente que auxilia em uma melhor dispersão e maior área interfacial entre a matriz e carga (Viotti, et al., 2009).

Uma das consequências da fotopolimerização é a tensão gerada pela contração de polimerização, que pode resultar na formação de fendas tanto internamente na interface entre a restauração e o dente, quanto nas margens do cavo superficial (Ferracane, 2005; Van Ende et al., 2012; Moorthy et al., 2012; Kim, Park, 2014). Isto é particularmente importante nas margens cervicais de cavidades de classe II, onde o problema da microinfiltração torna-se mais pronunciado (Al-Harbi, 2016). O desenvolvimento das fendas marginais podem vir a comprometer a durabilidade em longo prazo da restauração favorecendo a sensibilidade pós-operatória e irritação pulpar (Garcia-Godoy et al., 2010; Roggendorf et al., 2011), aumentando a incidência de cáries secundárias e manchamento marginal (Carvalho et al., 2012; Nedeljkovic et al., 2015).

Em relação à técnica restauradora inicialmente foram propostos incrementos oblíquos ou horizontais de 2 mm de espessura (Lutz et al., 1986; Hilton, Ferracane, 1999). Porém, atualmente é possível incrementos únicos de até 4 mm de espessura devido às modificações das resinas compostas (*bulk fill*) que permitem maior transmissão de luz (Bucuta, Ilie, 2014).

Neste estudo foram utilizados dentes incisivos bovinos, nos quais foram preparadas cavidades, simulando cavidades do tipo Classe II. A utilização de dentes bovinos em pesquisas *in vitro* tem algumas vantagens como facilidade de obtenção, de padronização, pela grande quantidade de dentes utilizados e por motivos éticos. Há vários trabalhos na literatura que utilizaram incisivos bovinos simulando cavidades do tipo Classe II (Amaral et al., 2002; Cavalcanti et al. 2008; Gutierrez, 2016).

Os resultados mostraram que ambas as resinas *bulk fill* utilizadas Tetric N-Ceram Bulk Fill e Admira Fusion X-tra não mostraram diferenças na formação de fendas externas iniciais em relação às resinas convencionais em incrementos de 2 mm (Czasch, Ilie 2013; Ilie, et al., 2013).

Após o envelhecimento a resina GrandioSO fotopolimerizadas com aparelho *Polywave* no modo rampa (R) apresentaram maior porcentagem de fenda marginal; e apresentou maior fenda interna quando fotopolimerizadas com aparelho *Monowave* no modo AIC e foram significativamente diferente das resinas *bulk fill*. Observamos que tanto o tipo de aparelho fotopolimerização (*Monowave* ou

Polywave) como o modo (AIC e R) podem ter influenciado na formação de fendas assim como também a composição específica de cada resina composta utilizada.

A contração da resina composta dentro de uma cavidade pode levar ao desenvolvimento de tensões na interface de união (Boaro et al., 2010; Braga et al., 2005). Outros fatores como o grau de converso, a profundidade de cura (Van Ende et al., 2010) e as propriedades visco elásticas do material (Davidson et al., 1984) também podem influenciar no desenvolvimento destas tensões que podem afetar o selamento marginal (Braga et al., 2003; Ferracane, 2005; Stavridakis et al., 2007; Moorthy et al., 2012).

Neste sentido, um dos objetivos da técnica de inserção incremental é a diminuição do número de paredes aderidas e conseqüentemente, das tensões desenvolvidas (Lutz et al., 1986; Pollack, 1987; Hilton, Ferracane, 1999). Tendo em conta este conceito em nosso estudo utilizamos a técnica incremental com a inserção de 2 incrementos oblíquos de 2 mm na cavidade utilizando resinas compostas convencionais.

Estudos realizados por Owens e Johnson. (2005), Poskus et al. (2004) e Kwon et al. (2012) demonstraram melhor qualidade marginal com técnicas de inserção incremental das resinas compostas. No entanto, outros estudos realizados por Duarte et al. (2007, 2008) desafiaram este conceito já que não encontraram diferenças significativas em qualidade de margens nas restaurações usando diferentes métodos de estratificação. A técnica incremental pode ser importante para uma adequada penetração de luz, mas existe possibilidade de incorporar bolhas e vazios entre camadas. A técnica de aplicação em incrementos únicos de 4 mm reduz este risco e o número de passos clínicos (El safty et al., 2012). Porém, um estudo realizado por Moorthy et al. (2012) evidenciou níveis semelhantes de microinfiltração em restaurações com resinas *bulk fill* (Surefill SDR e X-tra base) e resina convencional (GrandioSO, VOCO).

Furness et al. (2014) observaram que o uso de um material restaurador *bulk fill* em comparação com um material resinoso convencional resultou em uma proporção similar de formação de fendas interna e externa nas áreas da dentina e do esmalte. Benneti et al. (2015) observaram que as resinas *bulk fill* (Tetric EvoCeram Bulk Fill e SonicFill) demonstraram valores de contração de polimerização e formação de fendas semelhante a resinas compostas

convencionais, e a resina *bulk fill* (SDR) apresentou maior a profundidade de cura e comparativamente menor formação de fendas, apesar de apresentar maior contração de polimerização. Benneti et al. (2015) também pontuaram que o *slot* vertical, por outro lado, é um modelo mais rígido com menor mobilidade da cavidade paredes e tensões induzidas são, portanto, mais prováveis para resultar na ruptura da ligação, com formação subsequente de fendas.

Alguns estudos observaram que a contração durante a polimerização de um material não é o único fator no desenvolvimento de tensões (Boaro et al., 2010; Tantbirojn et al., 2011) e formação de fendas em torno das margens da cavidade (Moorthy et al., 2012). Os efeitos do uso de uma variedade de tipos de aparelhos fotopolimerizadores com diferente emissão de feixes de luz e várias técnicas ou modos de fotopolimerização sobre o seu potencial para gerar ou minimizar a formação de fenda marginal e a profundidade de cura também foi estudado. (Lazarchik et al., 2007; Campodonico et al., 2011; dos Santos et al., 2009).

Gamarra et al. (2017) investigaram a adaptação marginal de restaurações classe II em resina *bulk fill* com diferentes técnicas de fotopolimerização. As cavidades classe II resultaram em margens não contínuas e microinfiltração, especialmente na dentina na margem cervical, independentemente da técnica de fotopolimerização empregado. Além disso, o tipo de técnica de fotopolimerização empregado foi um fator importante para a porcentagem de margens contínuas para dentina, mas não esmalte; e o modo rampa resultou em uma maior porcentagem de margens contínuas para dentina na margem cervical. No entanto, houve uma perda de continuidade de margens após termociclagem, independentemente da técnica de fotopolimerização empregada.

Embora o fabricante recomende fotopolimerização adicional nas margens cervicais após a remoção de a matriz nas restaurações de classe II, este procedimento não foi realizado neste estudo. Semelhante a outros estudos, a fotopolimerização foi realizada apenas na superfície oclusal (Benetti et al., 2015; Campos et al., 2014; Kalmowicz et al., 2015).

Tendo como conhecimento que os estudos laboratoriais mostram diferentes graus de relevância clínica, uma prova mais clinicamente relevante de integridade marginal requer a simulação dos fatores ambientais orais, como mudanças na temperatura, forças mastigatórias e outros. (Van Meerbeek et al., 2010; Heintze et

al., 2013). O presente estudo usou envelhecimento termomecânico para simular a degradação da interface de ligação que ocorre ao longo do tempo em a cavidade oral. A eficácia do termociclagem como simulador de envelhecimento clínico tem sido controverso (Yap, 1998). Além disso, nenhuma evidência do número de ciclos que simularia condições clínicas reais é completamente aceita, mas uma estimativa de aproximadamente 10.000 ciclos térmicos para simular um ano (Galé et al., 1999). Em nosso estudo, foram aplicados 5000 ciclos aos espécimes, e esses ciclos térmicos foram efetivos para aumentar o tamanho de fendas marginais externas. As restaurações também foram submetidas ao teste de carga mecânica que tenta simular as cargas mastigatórias aplicadas nas restaurações (Amaral et al., 2007). Infelizmente umas das limitações do presente estudo, foi não conseguir visualizar o comportamento das fendas internas antes do desgaste termomecânico realizado.

Kim e Park (2014) compararam adaptação interna entre as resinas compostas e o fundo da cavidade, a contração de polimerização e tensão de contração de resinas compostas. Eles relataram que a adaptação interna era melhor quando a cavidade foi restaurada com incrementos de 2 mm com resinas compostas convencionais do que quando era restauradas em único incremento de 4 mm com resinas *bulk fill* fluidas. Embora os autores tenham utilizado marcas comerciais de resinas diferentes das que utilizamos, nossos resultados evidenciaram o oposto, com menores fendas internas para as resinas de incremento único *bulk-fill*. Jung et al. (2017) demonstrou que as resinas *bulk fill* de consistência regular apresentaram melhor adaptação marginal do que resinas *bulk fill flow*.

Uma das limitações de um estudo *in vitro* é saber se as diferenças encontradas serão significativas também clinicamente. Desta forma a realização de estudos clínicos que confirmem estes resultados é necessária e relevante.

Apesar das limitações deste estudo *in vitro*, foi possível observar o bom desempenho das resinas *bulk fill* com valores de grau de conversão aceitáveis tendo em conta que foram comparados com incrementos de 2 mm de resina composta convencional vs incrementos de 4 mm de resinas *bulk fill*, assim como menores porcentagens de aumento de fenda marginal após o envelhecimento, e menores valores de fenda interna.

7 CONCLUSÃO

Mediante os resultados desde estudo in vitro conclui-se que:

- O tipo de aparelho fotopolimerizador e o modo de foto ativação influenciaram na irradiância emitida, com o aparelho *Monowave* apresentando os maiores valores de irradiância;
- O grau de conversão foi significativamente diferente entre as resinas testadas, porém não foi influenciado pelo tipo de fotopolimerização;
- Na formação da fenda marginal externa, o tipo de fotopolimerização influenciou significativamente no tamanho da fenda, com os maiores valores para o aparelho *Polywave* no modo alta intensidade contínua;
- O envelhecimento termomecânico promoveu um aumento das fendas marginais externas em todas as condições estudadas, com valores significativamente maiores para as resinas convencionais;
- A fenda interna foi influenciada pelo tipo de resina, com as resinas convencionais apresentando significativamente maiores valores de fenda interna.

REFERÊNCIAS*

- Al-Ahdal K, Ilie N, Silikas N, Watts DC. Polymerization kinetics and impact of post polymerization on the Degree of Conversion of bulk-fill resin-composite at clinically relevant depth. *Dent Mater.* 2015 Oct;31(10):1207-13. doi:10.1016/j.dental.2015.07.004. Epub 2015 Aug 19. PubMed PMID: 26296813.
- Al-Harbi F, Kaisarly D, Bader D, El Gezawi M. Marginal integrity of bulk versus incremental fill Class II composite restorations. *Oper Dent.* 2016 Mar-Apr;41(2):146-56. doi: 10.2341/14-306-L. Epub 2015 Aug 12. PubMed PMID: 26266653.
- Al Qahtani MQ, Michaud PL, Sullivan B, Labrie D, Al Shaafi MM, Price RB. Effect of high irradiance on depth of cure of a conventional and a bulk fill resin-based composite. *Oper Dent.* 2015 Nov-Dec;40(6):662-72. doi: 10.2341/14-244-L. Epub 2015 Aug 3. PubMed PMID: 26237638.
- Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater.* 2013 Sep;29(9):e213-7. doi: 10.1016/j.dental.2013.05.011. Epub 2013 Jul 8. PubMed PMID: 23845799.
- Alkurdi RM, Abboud SA. Clinical evaluation of class II composite: Resin restorations placed by two different bulk-fill techniques. *J Orofac Sci.* 2016 May;8(1):34- 9. doi:10.4103/0975-8844.181926.
- Amaral C, Castro A, Pimenta L, Ambrosano G. Efeito das técnicas de inserção e ativação da resina composta sobre a microinfiltração e microdureza. *Pesqui Odontol Bras.* 2002;16(3):257-62.
- Amirouche-Korichi A, Mouzali M, Watts DC. Effects of monomer ratios and highly radiopaque fillers on degree of conversion and shrinkage strain of dental resin composites. *Dent Mater.* 2009 Nov;25(11):1411-8. doi:10.1016/j.dental.2009.06.009. Epub 2009 Aug 15. PubMed PMID: 19683808.
- Bacchi A, Feitosa VP, da Silva Fonseca AS, Cavalcante LMA, Silikas N, Schneider LFJ. Shrinkage, stress, and modulus of dimethacrylate, ormocer, and silorane composites. *J Conserv Dent.* 2015 Sep-Oct; 18(5): 384–388. doi: 10.4103/0972-0707.164051.
- Baroudi K, Silikas N, Watts DC. In vitro pulp chamber temperature rise from irradiation and exotherm of flowable composites. *Int J Paediatr Dent.* 2009 Jan;19(1):48-54. doi: 10.1111/j.1365-263X.2007.00899.x. Epub 2008 Feb 19. PubMed PMID: 18298542.

* Baseado em: International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [atualizado 04 nov 2015; acesso em 25 jun 2017]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Disponível em: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

Bayraktar Y, Ercan E, Hamidi MM, Çolak H. One-year clinical evaluation of different types of bulk-fill composites. *J Invest Clin Dent*. 2017 May;8(2).doi: 10.1111/jicd.12210. Epub 2016 Jan 22. PubMed PMID: 26800647.

Baroudi K, Saleh AM, Silikas N, Watts DC. Shrinkage behaviour of flowable resin-composites related to conversion and filler-fraction. *J Dent*. 2007 Aug;35(8):651-5. Epub 2007 Jun 26. PubMed PMID: 17597283.

Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honoré D, Pedersen MK, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent*. 2015 Mar-Apr;40(2):190-200. doi: 10.2341/13-324-L. Epub 2014 Sep 11. PubMed PMID: 25216940.

Boaro LC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Versluis A, Braga RR. Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dent Mater*. 2010 Dec;26(12):1144-50. doi: 10.1016/j.dental.2010.08.003. Epub 2010 Sep 15. PubMed PMID: 20832850.

Bortoluzzi EA, Souza EM, Reis JM, Esberard RM, TanomaruFilho M. Fracture strength of bovine incisors after intra-radicular treatment with MTA in an experimental immature tooth model. *Int Endod J*. 2007 Sep;40(9):684-91. doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01266.x

Braga RR, Hilton TJ, Ferracane JL. Contraction stress of flowable composite materials and their efficacy as stress-relieving layers. *J Am Dent Assoc*. 2003 Jun;134(6):721-8. PubMed PMID: 12839408.

Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dent Mater*. 2005 Oct;21(10):962-70. Review. PubMed PMID: 16085301

Brambilla E, Gagliani M, Lonescu A, Fadini L, García-Godoy F. The influence of light-curing time on the bacterial colonization of resin composite surfaces. *Dent Mater*. 2009 Sep;25(9):1067-72. doi: 10.1016/j.dental.2009.02.012. Epub 2009 Apr 17. PubMed PMID: 19375790.

Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Investig*. 2014 Nov;18(8):1991-2000. doi: 10.1007/s00784-013-1177-y. Epub 2014 Jan 11. PubMed PMID: 24414570.

Caldas DB, de Almeida JB, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, Consani S. Influence of curing tip distance on resin composite Knoop hardness number, using three different light curing units. *Oper Dent*. 2003 May-Jun;28(3):315-20. PubMed PMID: 12760705.

Campodonico CE, Tantbirojn D, Olin PS, Versluis A. Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques. *J Am Dent Assoc*. 2011 Oct;142(10):1176-82. PubMed PMID: 21965491.

Campos EA, Ardu S, Lefever D, Jassé FF, Bortolotto T, Krejci I. Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *J Dent.* 2014 May;42(5):575-81. doi: 10.1016/j.jdent.2014.02.007. Epub 2014 Feb 18. PubMed PMID: 24561041.

Carvalho AA, Moreira Fdo C, Fonseca RB, Soares CJ, Franco EB, Souza JB, et al. Effect of light sources and curing mode techniques on sorption, solubility and biaxial flexural strength of a composite resin. *J Appl Oral Sci.* 2012 Mar-Apr;20(2):246-52. PubMed PMID: 22666845; PubMed Central PMCID: PMC3894771.

Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent.* 1996 Jan-Feb;21(1):17-24. Review. PubMed PMID: 8957911.

Cavalcanti AN, Mitsui FH, Silva F, Peris AR, Bedran-Russo A, Marchi GM. Effect of cyclic loading on the bond strength of class II restorations with different composite materials. *Oper Dent.* 2008 Mar-Apr;33(2):163-8. doi: 10.2341/07-65. PubMed PMID: 18435190.

Ceballos L, Fuentes MV, Tafalla H, Martínez A, Flores J, Rodríguez J. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2009 Jan 1;14(1):E51-6. PubMed PMID: 19114957.

Costa T, Rezende M, Sakamoto A, Bittencourt B, Dalzochio P, Loguercio AD et al. Influence of adhesive type and placement technique on postoperative sensitivity in posterior composite restorations. *Oper Dent.* 2017 Mar/Apr;42(2):143-54. doi: 10.2341/16-010-C. Epub 2016 Nov 28. PubMed PMID: 27892839.

Costa S, Martins M, Franscisoni P, Bagnatoc V, Saada J, Rastellia A. Influence of different light sources and photo activation methods on degree of conversion and polymerization shrinkage of a nanocomposite resin. *Laser Physics.* 2009 Oct;19(12):2210–2218.

Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig.* 2013 Jan;17(1):227-35. doi:10.1007/s00784-012-0702-8. Epub 2012 Mar 14. PubMed PMID: 22411261.

Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res.* 1984 Dec;63(12):1396-9. PubMed PMID: 6239886.

Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater.* 2012 Jan;28(1):87-101. doi: 10.1016/j.dental.2011.09.003. Review. PubMed PMID:22192253.

de Souza Costa CA, Hebling J, Hanks CT. Effects of light-curing time on the cytotoxicity of a restorative resin composite applied to an immortalized odontoblast-cell line. *Oper Dent.* 2003 Jul-Aug;28(4):365-70. PubMed PMID: 12877421.

Dewaele M, Asmussen E, Peutzfeldt A, Munksgaard EC, Benetti AR, Finné G, et al. Influence of curing protocol on selected properties of light-curing polymers: degree of conversion, volume contraction, elastic modulus, and glass transition temperature. *Dent Mater.* 2009 Dec;25(12):1576-84. doi:10.1016/j.dental.2009.08.001. Epub 2009 Sep 10. PubMed PMID: 19747719.

Dewaele M, Truffier-Boutry D, Devaux J, Leloup G. Volume contraction in photocured dental resins: the shrinkage-conversion relationship revisited. *Dent Mater.* 2006 Apr;22(4):359-65. Epub 2005 Sep 6. PubMed PMID: 16143380.

dos Santos GO, dos Santos ME, Sampaio EM, Dias KR, da Silva EM. Influence of C-factor and light-curing mode on gap formation in resin composite restorations. *Oper Dent.* 2009 Sep-Oct;34(5):544-50. doi: 10.2341/08-035-L. PubMed PMID:19830968.

Duarte S Jr, Dinelli W, da Silva MH. Influence of resin composite insertion technique in preparations with a high C-factor. *Quintessence Int.* 2007 Nov-Dec;38(10):829-35. PubMed PMID: 18197322.

Duarte S Jr, Saad JR. Marginal adaptation of Class 2 adhesive restorations. *Quintessence Int.* 2008 May;39(5):413-9. PubMed PMID: 19088956.

El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent.* 2014 Jul-Aug;39(4):374-82. doi: 10.2341/13-017-L. Epub 2013 Jul 18. PubMed PMID: 23865582.

El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dent Mater.* 2012 Aug;28(8):928-35. doi: 10.1016/j.dental.2012.04.038. Epub 2012 May 30. PubMed PMID: 22656273.

Feilzer AJ, Dauvillier BS. Effect of TEGDMA/BisGMA ratio on stress development and visco elastic properties of experimental two-paste composites. *J Dent Res.* 2003 Oct;82(10):824-8. PubMed PMID: 14514764.

Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater.* 2005 Jan;21(1):36-42. PubMed PMID: 15681000.

Ferracane JL. Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil.* 1994 Jul;21(4):441-52. Review. PubMed PMID: 7965355.

Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res.* 1986 Jan;20(1):121-31. PubMed PMID: 3949822

Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, Todd R. Wear and marginal break down of composites with various degrees of cure. *J Dent Res.* 1997 Aug;76(8):1508-16. PubMed PMID: 9240388.

Ferracane J, Hilton T, Korpak A, Gillette J, McIntyre PS, Berg J, et al. Use of caries prevention services in the Northwest PRECEDENT dental network. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2011 Feb;39(1):69-78. doi:10.1111/j.1600-0528.2010.00570.x. Epub 2010 Nov 29. PubMed PMID: 21114514; PubMedCentral PMCID: PMC3031425.

Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LE, Martin AA, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater.* 2015 Dec;31(12):1542-51. doi: 10.1016/j.dental.2015.10.001. Epub 2015 Nov 20. PubMed PMID: 26608118.

Furness A, Tadros MY, Looney SW, Rueggeberg FA. Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *J Dent.* 2014 Apr;42(4):439-49. doi: 10.1016/j.jdent.2014.01.005. Epub 2014 Jan 27. PubMed PMID: 24480086.

Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent.* 1999 Feb;27(2):89-99. Review. PubMed PMID: 10071465.

Gamarra VS, Borges GA, Júnior LH, Spohr AM. Marginal adaptation and microleakage of a bulk-fill composite resin photopolymerized with different techniques. *Odontology.* 2017 Feb 3. doi: 10.1007/s10266-017-0294-5. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 28160094.

Garcia-Godoy F, Krämer N, Feilzer AJ, Frankenberger R. Long-term degradation of enamel and dentin bonds: 6-year results in vitro vs. in vivo. *Dent Mater.* 2010 Nov;26(11):1113-8. doi: 10.1016/j.dental.2010.07.012. Epub 2010 Aug 25. PubMed PMID: 20800270.

Gonulol N, Ozer S, Tunc ES. Effect of a third-generation LED LCU on microhardness of tooth-colored restorative materials. *Int J Paediatr Dent.* 2016 Sep;26(5):376-82. doi: 10.1111/ipd.12213. Epub 2015 Nov 9. PubMed PMID: 26548449.

Gutierrez NC. Análise da efetividade de polimerização, adaptação marginal e interna de restaurações Classe II de resinas compostas de inserção em bloco utilizando diferentes matrizes [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2016.

Harlow JE, Rueggeberg FA, Labrie D, Sullivan B, Price RB. Transmission of violet and blue light through conventional (layered) and bulk cured resin-based composites. *J Dent.* 2016 Oct;53:44-50. doi: 10.1016/j.jdent.2016.06.007. Epub 2016 Jun 30. PubMed PMID: 27373167.

Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater.* 2013 Jan;29(1):59-84. doi: 10.1016/j.dental.2012.07.158. Epub 2012 Aug 21. PubMed PMID: 22920539.

Hilton TJ, Ferracane JL. Cavity preparation factors and microleakage of Class II composite restorations filled at intraoral temperatures. *Am J Dent.* 1999 Jun;12(3):123-30. PubMed PMID: 10649934.

Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent*. 2013 Nov-Dec;38(6):618-25. doi: 10.2341/12-395-L. Epub 2013 Apr 9. PubMed PMID: 23570302.

Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR™ technology. *Dent Mater*. 2011 Apr;27(4):348-55. doi:10.1016/j.dental.2010.11.014. Epub 2010 Dec 30. PubMed PMID: 21194743.

Ilie N. Impact of light transmittance mode on polymerisation kinetics in bulk-fill resin-based composites. *J Dent*. 2017 Aug;63:51-59. doi: 10.1016/j.jdent.2017.05.017. Epub 2017 May 30. PubMed PMID: 28576660

Ilie N, Jelen E, Hickel R. Is the soft-start polymerisation concept still relevant for modern curing units? *Clin Oral Investig*. 2011 Feb;15(1):21-9. doi:10.1007/s00784-009-0354-5. Epub 2009 Nov 24. PubMed PMID: 19937074.

Ilie N, Keßler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *J Dent*. 2013 Aug;41(8):695-702. doi: 10.1016/j.jdent.2013.05.008. Epub 2013 May 21. PubMed PMID: 23707645.

Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. *J Dent*. 2014 Aug;42(8):977-85. doi: 10.1016/j.jdent.2014.05.012. Epub 2014 Jun 2. PubMed PMID: 24887360.

Ilie N, Stark K. Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites. *Clin Oral Invest*. 2015 Mar;19(2):271-9. doi: 10.1007/s00784-014-1262-x.

Ivoclar Vivadent [internet]. Tetric N-ceram bulk fill [acesso em 2017 May 30]. Disponível em: <http://www.ivoclarvivadent.co/es-co/p/todos/composites/tetric-n-ceram-bulk-fill>

Ivoclar Vivadent [internet]. Tetric N-ceram [acesso em 2018 Dec 30]. Disponível em: <http://www.ivoclarvivadent.com.br/zoolu-website/media/document/5637/Tetric+N-Collection>

Jung JH, Park SH. Comparison of polymerization shrinkage, physical properties, and marginal adaptation of flowable and restorative bulk fill resin-based composites. *Oper Dent*. 2017 Jul/Aug;42(4):375-86. doi: 10.2341/16-254-L. Epub 2017 Apr 12. PubMed PMID: 28402737

Kalmowicz J, Phebus JG, Owens BM, Johnson WW, King GT. Microleakage of class I and II composite resin restorations using a Sonic-resin placement system. *Oper Dent*. 2015 Nov-Dec;40(6):653-61. doi: 10.2341/15-006-L. Epub 2015 Aug 3. PubMed PMID: 26237636.

Kalra S, Singh A, Gupta M, Chadha V. Ormocer: an aesthetic direct restorative material; an in vitro study comparing the marginal sealing ability of organically

modified ceramics and a hybrid composite using an ormocer-based bonding agent and a conventional fifth-generation bonding agent. *Cont Clin Dent*. 2012 Jan/Mar;3(1):48–53. doi: 10.4103/0976-237X.94546.

Kim HJ, Park SH. Measurement of the internal adaptation of resin composites using micro-CT and its correlation with polymerization shrinkage. *Oper Dent*. 2014 Mar-Apr;39(2):E57-70. doi: 10.2341/12-378-L. Epub 2013 Oct 10. PubMed PMID:24111809.

Kim SY, Lee IB, Cho BH, Son HH, Um CM. Curing effectiveness of a light emitting diode on dentin bonding agents. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2006 Apr;77(1):164-70. PubMed PMID: 16193487.

Krejci I, Planinic M, Stavridakis M, Bouillaguet S. Resin composite shrinkage and marginal adaptation with different pulse-delay light curing protocols. *Eur J Oral Sci*. 2005 Dec;113(6):531-6. PubMed PMID: 16324145.

Kwon TY, Bagheri R, Kim YK, Kim KH, Burrow MF. Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *J Investig Clin Dent* 2012 Feb; 3(1):3–16. doi:10.1111/j.2041-1626.2012.00114.x

Knezević A, Tarle Z, Meniga A, Sutalo J, Pichler G, Ristić M. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. *J Oral Rehabil*. 2001 Jun;28(6):586-91. PubMed PMID: 11422686.

Krämer N, Lohbauer U, García-Godoy F, Frankenberger R. Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent*. 2008 Jun;21(3):135-42. Review. PubMed PMID: 18686762.

Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater*. 2001 Jul;17(4):309-15. PubMed PMID: 11356207.

Lazarchik DA, Hammond BD, Sikes CL, Looney SW, Rueggeberg FA. Hardness comparison of bulk-filled/transtooth and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. *J Prosthet Dent*. 2007 Aug;98(2):129-40. PubMed PMID: 17692594

Lee DS, Jeong TS, Kim S, Kim HI, Kwon YH. Effect of dual-peak LED unit on the polymerization of coinitiator-containing composite resins. *Dent Mater J*. 2012;31(4):656-61. PubMed PMID: 22864221.

Leprince J, Devaux J, Mullier T, Vreven J, Leloup G. Pulpal-temperature rise and polymerization efficiency of LED curing lights. *Oper Dent*. 2010 Mar-Apr;35(2):220-30. doi: 10.2341/09-203-L. PubMed PMID: 20420066.

Leprince JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J, Leloup G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. *Dent Mater*. 2013

Feb;29(2):139-56. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.005. Epub 2012 Nov 27. Review. Erratum in: Dent Mater. 2013 Apr;29(4):493. PubMed PMID: 23199807.

Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. J Dent. 2014 Aug;42(8):993-1000. doi: 10.1016/j.jdent.2014.05.009. Epub 2014 May 27. PubMed PMID: 24874951.

Li J, Li H, Fok AS, Watts DC. Multiple correlations of material parameters of light-cured dental composites. Dent Mater. 2009 Jul;25(7):829-36. doi:10.1016/j.dental.2009.03.011. Epub 2009 Apr 22. PubMed PMID: 19395077.

Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. Dent Mater. 2002 Sep;18(6):436-44. PubMed PMID: 12098572.

Lutz E, Krejci I, Oldenburg TR. Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. Quintessence Int. 1986 Dec;17(12):777-84. PubMed PMID: 3468527.

Magne P, Malta DA, Enciso R, Monteiro-Junior S. Heat treatment influences monomer conversion and bond strength of indirect composite resin restorations. J Adhes Dent. 2015 Dec;17(6):559-66. doi: 10.3290/j.jad.a35258. PubMed PMID: 26734681.

Manhart J, Hickel R. [Bulk-fill-composites. Modern application technique of direct composites for posterior teeth]. Swiss Dent J. 2014;124(1):19-37. French, German. PubMed PMID: 24665478.

Marchionatti AME, Wandscher VF, Broch J, Bergoli CD, Maier J, Valandro LF. Influence of periodontal ligament simulation on bond strength and fracture resistance of roots restored with fiber posts. J. Appl. Oral Sci. 2014 Sep;22(5):450-58. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-775720140067>.

Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. Dent Mater 2008 Jul;24(7):901-7. doi:10.1016/j.dental.2007.11.004

Moszner N, Gianasmidis A, Klapdohr S, Fischer UK, Rheinberger V. Sol-gel materials 2. Light-curing dental composites based on ormocers of cross-linking alkoxysilane methacrylates and further nano-components. Dent Mater. 2008 Jun;24(6):851-6. Epub 2007 Nov 28. PubMed PMID: 18045680.

Moorthy A, Hogg CH, Dowling AH, Grufferty BF, Benetti AR, Fleming GJ. Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. J Dent. 2012 Jun;40(6):500-5. doi:10.1016/j.jdent.2012.02.015. Epub 2012 Mar 3. PubMed PMID: 22390980.

Nedeljkovic I, Teughels W, De Munck J, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Is secondary caries with composites a material-based problem? Dent Mater. 2015

Nov;31(11):e247-77. doi: 10.1016/j.dental.2015.09.001. Epub 2015 Sep 26. Review. PubMed PMID: 26410151.

Ogunyinka A, Palin WM, Shortall AC, Marquis PM. Photoinitiation chemistry affects light transmission and degree of conversion of curing experimental dental resin composites. *Dent Mater.* 2007 Jul;23(7):807-13. Epub 2006 Aug 17. PubMed PMID: 16914191.

Owens BM, Johnson WW. Effect of insertion technique and adhesive system on microleakage of Class V resin composite restorations. *J Adhes Dent.* 2005 Winter;7(4):303-8. PubMed PMID: 16430011.

Ozturk B, Cobanoglu N, Cetin AR, Gunduz B. Conversion degrees of resin composites using different light sources. *Eur J Dent.* 2013 Jan;7(1):102-9. PubMed PMID: 23407765; PubMed Central PMCID: PMC3571517

Pallesen U, van Dijken JW, Halcken J, Hallonsten AL, Höigaard R. A prospective 8-year follow-up of posterior resin composite restorations in permanent teeth of children and adolescents in Public Dental Health Service: reasons for replacement. *Clin Oral Investig.* 2014 Apr;18(3):819-27. doi: 10.1007/s00784-013-1052-x. Epub 2013 Jul 20. PubMed PMID: 23873326.

Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dent Mater.* 2008 Nov;24(11):1501-5. doi: 10.1016/j.dental.2008.03.013. Epub 2008 Apr 22. PubMed PMID: 18433857. Pollack BF. Class II composites: 1987 thoughts and techniques. *N Y State Dent J.* 1987 May;53(5):25-7. PubMed PMID: 3472126

Poskus LT, Placido E, Cardoso PE. Influence of adhesive system and placement technique on microleakage of resin-based composite restorations. *J Adhes Dent.* 2004 Autumn;6(3):227-32. PubMed PMID: 15536853.

Price RB, Felix CA. Effect of delivering light in specific narrow bandwidths from 394 to 515nm on the micro-hardness of resin composites. *Dent Mater.* 2009 Jul;25(7):899-908. doi: 10.1016/j.dental.2009.01.098. Epub 2009 Feb 24. PubMed PMID: 19243817.

Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A review of what we need to know. *J Dent Res.* 2015 Sep;94(9):1179-86. doi: 10.1177/0022034515594786. Epub 2015 Jul 8. Review. PubMed PMID: 26156516.

Rocha MG, de Oliveira D, Correa IC, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti M, Ferracane JL, et al. Light-emitting diode beam profile and spectral output influence on the degree of conversion of bulk fill composites. *Oper Dent.* 2017 Apr 12. doi:10.2341/16-164-L. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 28402730.

Roggendorf MJ, Krämer N, Appelt A, Naumann M, Frankenberger R. Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. *J Dent.* 2011

Oct;39(10):643-7. doi: 10.1016/j.jdent.2011.07.004. Epub 2011 Jul 27. PubMed PMID: 21801799.

Rueggeberg FA. State-of-the-art: dental photocuring--a review. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):39-52. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.021. Epub 2010 Nov 30. Review. PubMed PMID: 21122903.

Sakaguchi RL, Berge HX. Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. *J Dent.* 1998 Nov;26(8):695-700. PubMed PMID: 9793292.

Shah PK, Stansbury JW. Role of filler and functional group conversion in the evolution of properties in polymeric dental restoratives. *Dent Mater.* 2014 May;30(5):586-93. doi: 10.1016/j.dental.2014.02.015. Epub 2014 Mar 24. PubMed PMID: 24674340; PubMed Central PMCID: PMC4034263.

Santini A, Miletic V, Swift MD, Bradley M. Degree of conversion and microhardness of TPO-containing resin-based composites cured by polywave and monowave LED units. *J Dent.* 2012 Jul;40(7):577-84. doi: 10.1016/j.jdent.2012.03.007. Epub 2012 Mar 29. PubMed PMID: 22465876.

Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials.* 2002 Apr;23(8):1819-29. PubMed PMID: 11950052.

Singh T, Ataide I, Fernandes, Rajan M, Lambor T. Light curing devices-a clinical review. *JOFR.* 2011 Jul;1(1).

Soares CJ, Pizi EC, Fonseca RB, Martins LR. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz Oral Res.* 2005 Mar;19(1):11-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-83242005000100003>.

Stavridakis MM, Kakaboura AI, Ardu S, Krejci I. Marginal and internal adaptation of bulk-filled Class I and Cuspal coverage direct resin composite restorations. *Oper Dent.* 2007 Sep-Oct;32(5):515-23. PubMed PMID: 17910230.]

Tantbirojn D, Pfeifer CS, Braga RR, Versluis A. Do low-shrink composites reduce polymerization shrinkage effects? *J Dent Res.* 2011 May;90(5):596-601. doi:10.1177/0022034510396217. Epub 2011 Jan 31. PubMed PMID: 21282725.

Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig.* 2015 May;19(4):831-40. doi: 10.1007/s00784-014-1302-6

Tauböck TT, Feilzer AJ, Buchalla W, Kleverlaan CJ, Krejci I, Attin T. Effect of modulated photo-activation on polymerization shrinkage behavior of dental restorative resin composites. *Eur J Oral Sci.* 2014 Aug;122(4):293-302. doi:10.1111/eos.12139. PubMed PMID: 25039287.

Totiam P, González-Cabezas C, Fontana MR, Zero DT. A new in vitro model to study the relationship of gap size and secondary caries. *Caries Res.* 2007;41(6):467-73. Epub 2007 Sep 7. PubMed PMID: 17827964.

Turssi CP, Ferracane JL, Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials.* 2005 Aug;26(24):4932-7. PubMed PMID: 15769527.

Vandewalle KS, Ferracane JL, Hilton TJ, Erickson RL, Sakaguchi RL. Effect of energy density on properties and marginal integrity of posterior resin composite restorations. *Dent Mater.* 2004 Jan;20(1):96-106. PubMed PMID: 14698779.

van Dijken JW, Pallesen U. A randomized controlled three year evaluation of "bulk-filled" posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dent Mater.* 2014 Sep;30(9):e245-51. doi:10.1016/j.dental.2014.05.028. Epub 2014 Jun 21. PubMed PMID: 24958689.

van Dijken JW, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent.* 2016 Aug;51:29-35. doi:10.1016/j.jdent.2016.05.008. Epub 2016 May 26. PubMed PMID: 27238052.

Van Ende A, De Munck J, Mine A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does low-shrinking composite induce less stress at the adhesive interface? *Dent Mater.* 2010 Mar;26(3):215-22. doi: 10.1016/j.dental.2009.10.003. Epub 2009 Nov 11. PubMed PMID: 19906417.

Van Ende A, Mine A, De Munck J, Poitevin A, Van Meerbeek B. Bonding of low-shrinking composites in high C-factor cavities. *J Dent.* 2012 Apr;40(4):295-303. doi: 10.1016/j.jdent.2012.01.004. Epub 2012 Jan 16. PubMed PMID: 22273743

Van Ende A, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Peumans M, Van Meerbeek B. Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dent Mater.* 2013 Mar;29(3):269-77. doi:10.1016/j.dental.2012.11.002. Epub 2012 Dec 8. PubMed PMID: 23228335.

Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* 2010 Feb;26(2):e100-21. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.148. Epub 2009 Dec 16. Review. PubMed PMID: 20006379.

Viotti RG, Kasaz A, Pena CE, Alexandre RS, Arrais CA, Reis AF. Microtensile bond strength of new self-adhesive luting agents and conventional multistep systems. *J Prosthet Dent.* 2009 Nov;102(5):306-12. doi: 10.1016/S0022-3913(09)60180-3. PubMed PMID: 19853172.

VOCO [internet]. Admira fusion: materiais de restauração de Ormocer: nano-híbridos [acesso em 2017 Mai 30]. Disponível em: <http://www.voco.com.br/br/product/AdmiraFusion/VC-84-002750-BR.pdf>

VOCO [internet]. Grandioso: material nano-híbrido e universal [acesso em 2018 Dec 30]. Disponível em:

<http://www.voco.es/es/product/GrandioSO/VC-84-002600-ES.pdf>

Watts DC, Amer OM, Combe EC. Surface hardness development in light-cured composites. *Dent Mater.* 1987 Oct;3(5):265-9. doi:10.1016/S0109-5641(87)80085-4. PubMed PMID: 3479364.

Wahbi MA, Aalam FA, Fatiny FI, Radwan SA, Eshan IY, Al-Samadani KH. Characterization of heat emission of light-curing units. *Saudi Dent J.* 2012 Apr;24(2):91-8. doi: 10.1016/j.sdentj.2012.01.003. Epub 2012 Mar 9. PubMed PMID: 23960535; PubMed Central PMCID: PMC3723364.

Wolter H, Storch W, Ott H. New inorganic/organic copolymers (ORMOCER® s) for dental applications. *Mater Res Soc Symp Proc.* 1994;346:143–9.

Xu X, Sandras DA, Burgess JO. Shear bond strength with increasing light-guide distance from dentin. *J Esthet Restor Dent.* 2006;18(1):19-27; discussion 28. PubMed PMID: 16426505.

Yaman BC, Efes BG, Dörter C, Gömeç Y, Erdilek D, Büyükgökçesu S. The effects of halogen and light-emitting diode light curing on the depth of cure and surface microhardness of composite resins. *J Conserv Dent.* 2011 Apr;14(2):136-9. doi: 10.4103/0972-0707.82613. PubMed PMID: 21814353; PubMed Central PMCID: PMC3146104.

Yap AU. Effects of storage, thermal and load cycling on a new reinforced glass-ionomer cement. *J Oral Rehabil.* 1998 Jan;25(1):40-4. PubMed PMID: 9502125.

Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, et al. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater.* 2015 Mar;31(3):293-301. doi: 10.1016/j.dental.2014.12.010. Epub 2015 Jan 9. PubMed PMID: 25582061.