

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Ana Paula França Barbosa Brunelli

**EFEITO DA ASSOCIAÇÃO DE CICLOS
EROSIVOS E ABRASIVOS NA RUGOSIDADE E
DUREZA DE COMPÓSITOS CONVENCIONAIS E
*BULK FILL***

Taubaté - SP
2018

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Ana Paula França Barbosa Brunelli

**EFEITO DA ASSOCIAÇÃO DE CICLOS
EROSIVOS E ABRASIVOS NA RUGOSIDADE E
DUREZA DE COMPÓSITOS CONVENCIONAIS E
*BULK FILL***

Dissertação apresentada para obtenção
do Título de Mestre pelo Programa de
Pós-Graduação em Odontologia do
Departamento de Odontologia da
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Dentística

Orientador: Prof. Dr. Anderson Catelan
Coorientadora: Profa. Dra. Priscila Christiane
Suzy Liporoni

Taubaté - SP
2018

**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi/UNITAU
Biblioteca Setorial de Odontologia**

- B894e Brunelli, Ana Paula França Barbosa
Efeito da associação de ciclos erosivos e abrasivos na rugosidade e dureza de compósitos convencionais e bulk fill / Ana Paula França Barbosa Brunelli. – 2018. 66f.
- Dissertação (mestrado) – Universidade de Taubaté, Departamento de Odontologia, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Anderson Catelan, Departamento de Odontologia.
Coorientação: Profa. Dra. Priscila Christiane Susy Liporoni, Departamento de Odontologia
1. Resinas compostas. 2. Propriedades de superfície. 3. Propriedades físicas. 4. Propriedades químicas. I. Título.
- CDD-617.672

ANA PAULA FRANÇA BARBOSA BRUNELLI

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Universidade

Assinatura _____

DEDICATÓRIA

A Deus, que em todo momento nos abençoa com sua infinita sabedoria e amor.

Aos meus amados pais, Maria Cristina e Paulo, eternos exemplos de vida, dedicação e amor, apoiando-me sempre em busca da conquista de seus sonhos. Obrigado pelo apoio, amor e carinho e por sempre acreditarem em mim. Dedico o que me tornei e minhas conquistas a vocês.

Meu esposo, Junior, meu companheiro, sempre presente em todos os momentos, apoiando-me com amor, carinho e compreensão, vibrando com cada vitória. A sua presença foi imprescindível para completar mais esta etapa, essa vitória é nossa.

A Maria Luiza, minha filha, obrigada por me tornar uma pessoa melhor, mais feliz, e me proporcionar viver esse amor infinito

A minha vó, Maria Idy, sempre presente espiritualmente em todos os momentos da minha vida.

A toda minha família, carrego todos vocês no meu coração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha verdade, obrigada por iluminar meus caminhos, me dando sabedoria para fazer boas escolhas.

À Universidade de Taubaté, com todo seu corpo docente e funcionários, pela realização do Programa de Pós-Graduação, que possibilita a ampliação dos nossos conhecimentos.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Anderson Catelan e Profa. Dra. Priscila Liporoni profissionais de competência inquestionável, minha eterna gratidão pela dedicação e disponibilidade, obrigada pelos ensinamentos ao longo desses dois anos.

À coordenadora adjunta do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Profa. Dra. Laís Regiane da Silva Concílio, por possibilitar o acontecimento deste curso.

Aos professores Programa de Pós-Graduação em Odontologia pela dedicação em transmitir os seus conhecimentos com excelência e boa vontade.

Aos funcionários do curso sempre dispostos, especialmente à secretária Danielle.

Aos colegas do curso, pela convivência.

Aos professores da banca de qualificação que contribuíram para a melhoria deste trabalho e aos membros da banca da defesa.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a conclusão, meu muito obrigado

BRUNELLI APFB. Efeito da associação de ciclos erosivos e abrasivos na rugosidade e dureza de compósitos convencionais e *bulk fill* [Dissertação de Mestrado]. Taubaté: Universidade de Taubaté, Departamento de Odontologia, 2018. 66p.

RESUMO

Objetivo: Neste estudo *in vitro* foi avaliado o efeito da ciclagem erosiva e abrasão por escovação na rugosidade de superfície e dureza Knoop de oito resinas compostas convencionais e *bulk fill*. **Método:** Espécimes foram confeccionados com auxílio de uma matriz circular de teflon (5mm de diâmetro e 2mm de espessura), posicionada sobre uma tira de poliéster apoiada a uma placa de vidro. As resinas compostas utilizadas foram: convencionais, Filtek P60 (P60 - 3M ESPE), Filtek Z250 (Z250 - 3M ESPE) e Filtek Z350 (Z350 - 3M ESPE); e *bulk fill*, Filtek Bulk fill (FBF - 3M ESPE), Tetric N-Ceram Bulk Fill (TBF - Ivoclar Vivadent), x-tra fil (XTF - Voco), Opus Bulk Fill (OBF - FGM) e Aura Bulk Fill (ABF - SDI), que foram inseridas na matriz em incremento único e fotoativadas usando luz LED *polywave* (Bluephase G2 - Ivoclar Vivadent) com irradiância de 1200mW/cm^2 , por 20s. Para obter os valores de dureza, os espécimes foram posicionados em microdurômetro (HMVT 2T - Shimadzu); a rugosidade de superfície dos espécimes foi mensurada utilizando um rugosímetro (Surftest SJ-301 - Mitutoyo). Após as leituras iniciais, os espécimes foram submetidos a três ciclos erosivos diários usando ácido cítrico (pH de 3,8) e dois ciclos abrasivos por escovação (40 *strokes*) logo após o primeira e terceira ciclagem erosiva, durante 15 dias. Após o método de envelhecimento utilizado, a rugosidade e dureza foram novamente avaliadas. Os dados foram submetidos à ANOVA dois critérios e ao teste de Tukey ($\alpha=0,05$). **Resultados:** Inicialmente, XTF apresentou a maior rugosidade, enquanto P60, Z250, Z350, FBF e ABF apresentaram menor rugosidade. OBF e TBF apresentaram valores intermediários de rugosidade, sendo que TBF não apresentou diferença estatística dos compósitos que evidenciara menor rugosidade. Após o envelhecimento, todos os compósitos mostraram aumento nos valores de rugosidade. OBF evidenciou a maior rugosidade; seguido por TBF e XTF, sem diferença significativa entre si; por FBF; por P60, Z250 e ABF, também sem diferença entre si; e Z350 que apresentou a menor rugosidade. Inicialmente, XTF mostrou a maior dureza, seguido por P60, por Z350 e Z250, este último sem diferença significativa com FBF, e este sem diferença estatística com TBF. Os menores valores de dureza foram observados para ABF, seguido por OBF. Após o envelhecimento, todos os compósitos apresentaram redução da dureza, com exceção de TBF. P60 mostrou a maior dureza, seguido por Z350, XTF e Z250, este último sem diferença significativa com FBF, e este sem diferença estatística com TBF. Os menores valores de dureza após o envelhecimento também foram observados para ABF, seguido por OBF. **Conclusão:** As resinas compostas convencionais P60, Z250 e Z350, e *bulk fill* FBF, TBF e XTF apresentaram valores de rugosidade e dureza dentro dos parâmetros clínicos aceitáveis, antes e após o desafio erosivo-abrasivo.

Palavras-chave: Resinas compostas; Propriedades de superfície, Propriedades físicas; Propriedades químicas.

BRUNELLI APFB. Effect of the association of erosive and abrasive cycles on the roughness and hardness of conventional and bulk fill composites [Dissertation of Master]. Taubaté: University of Taubaté, Department of Dentistry, 2018. 66p.

ABSTRACT

Aim: In this *in vitro* study the effect of erosive cycling and abrasion by brushing on surface roughness and Knoop hardness of eight conventional composite resins and bulk fill were evaluated. **Methods:** Specimens were carried out using a circular Teflon matrix (5mm in diameter and 2mm thick), placed on a polyester strip supported on a glass plate. The composite resins used were: conventional, Filtek P60 (P60 - 3M ESPE), Filtek Z250 (Z250 - 3M ESPE), and Filtek Z350 (Z350 - 3M ESPE); and bulk fill, Filtek Bulk Fill (FBF - 3M ESPE), Tetric N-Ceram Bulk Fill (TBF - Ivoclar Vivadent), x-trafil (XTF - Voco), Opus Bulk Fill (OBF - FGM), and Aura Bulk Fill (ABF - SDI), which were inserted into matrix in single increment and light cured using a polywave LED (Bluephase G2 - Ivoclar Vivadent) at irradiance of 1200mW/cm², for 20s. To obtain the hardness values, the specimens were placed in a microdurometer (HMVT 2T - Shimadzu); the surface roughness of specimens was measured using a rugosimeter (Surftest SJ-301 - Mitutoyo). After the initial readings, the specimens were submitted to three daily erosive cycles using citric acid (pH 3.8) and two abrasive cycles by toothbrushing (40 strokes) shortly after the first and third erosive cycling for 15 days. After the aging method used, the roughness and hardness were again evaluated. Data were submitted to two-way ANOVA and Tukey's test ($\alpha=0.05$). **Results:** Initially, XTF showed the highest roughness, while P60, Z250, Z350, FBF and ABF presented lower roughness. OBF and TBF presented intermediate values of roughness, and TBF did not present statistical difference of the composites that showed less roughness. After aging, all composites showed increase in roughness values. OBF showed the highest roughness; followed by TBF and XTF, with no significant difference between them; by FBF; by P60, Z250 and ABF, also with no difference between them; and Z350 which presented the least roughness. Initially, XTF showed the highest hardness, followed by P60, by Z350 and Z250, the latter without significant difference with FBF, and this without statistical difference with TBF. The lowest hardness values were observed for ABF, followed by OBF. After aging, all the composites presented reduction of hardness, with the exception of TBF. P60 showed the highest hardness, followed by Z350, XTF and Z250, the latter without significant difference with FBF, and this without statistical difference with TBF. The lowest values of hardness after aging were also observed for ABF, followed by OBF. **Conclusion:** The conventional composite resins P60, Z250 and Z350, and bulk fill FBF, TBF and XTF presented adequate values of roughness and hardness before and after erosive-abrasive challenge.

Keywords: Composite resins; Surface properties, Physical properties; Chemical properties.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	09
2. REVISÃO DA LITERATURA	13
3. PROPOSIÇÃO	47
4. METODOLOGIA	48
4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	48
4.2 CONFECÇÃO DOS ESPÉCIMES	49
4.3 RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE	51
4.4 DUREZA KNOOP	51
4.5 CICLAGEM EROSIVA-ABRASIVA	52
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	53
5. RESULTADOS	54
6. DISCUSSÃO	57
7. CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A utilização das resinas compostas fotopolimerizáveis para restaurar cavidades em dentes posteriores têm sido extensivamente empregadas nos últimos anos (Rosatto et al., 2015). Mais de quinhentos milhões de restaurações diretas com compósitos são realizadas a cada ano em todo o mundo, evidenciando a busca pelos procedimentos restauradores estéticos (Garoushi et al., 2013; Rosatto et al., 2015).

As primeiras resinas compostas utilizadas eram quimicamente ativadas, apresentando estética e durabilidade aceitáveis, em relação aos materiais existentes na época, entretanto demonstravam como desvantagem tempo de trabalho reduzido, baixa estabilidade de cor e baixa resistência ao desgaste (Ferracane, 2011). O desenvolvimento dos compósitos ativados por luz facilitou a manipulação do material, aperfeiçoando suas características, e melhorando a qualidade das restaurações. Porém, limitações inerentes, tais como a contração e tensão de polimerização, continuam presentes nos compósitos atuais (Van Dijken & Pallesen, 2016). Apesar do avanço do material em relação a estética e adesão a estrutura dentária, a contração de polimerização pode atingir de 2% a 3%, podendo causar lacunas entre o material restaurador e estrutura dentária, contribuindo para a formação de cáries secundárias e até mesmo alterações pulpares (Jung & Park, 2017)

A composição das resinas compostas tem evoluído de forma significativa desde que foram introduzidos na Odontologia em 1960 (Ferracane, 2011). Alterações relacionadas às partículas de carga foram realizadas, contudo atualmente essas mudanças têm sido realizadas na matriz orgânica, objetivando

principalmente o desenvolvimento de compósitos com menor contração de polimerização e tensão de contração (Ferracane, 2011).

A tensão de contração pode resultar em deficiências marginais, fraturas de esmalte, deflexão de cúspides, fendas entre o material restaurador e elemento dentário, sensibilidade pós-operatória e cáries secundárias (Van Dijken & Pallesen, 2016). A inserção em incrementos (2mm) da resina composta nas cavidades tem sido preconizada para minimizar a contração de polimerização, promover maior grau de conversão e melhorar a adaptação marginal (Fronza et al., 2015; Al Sunbul et al., 2016).

Avanços recentes em materiais resinosos resultaram no desenvolvimento de uma nova classe de resina composta. Os compósitos de incremento único, conhecidos como *bulk fill*, que segundo os fabricantes podem ser inseridos em incremento único, de 4 a 5mm de espessura, em razão de apresentar baixa contração de polimerização, menor tensão de contração, maior profundidade de cura, propriedades mecânicas satisfatórias e boa adaptação as paredes da cavidade (Benetti et al., 2015). Tais vantagens são possíveis devido ao aumento da translucidez, permitindo maior penetração de luz nas camadas mais profundas da restauração, fotoiniciadores mais reativos e incorporação de diferentes partículas de cargas, como pré polímeros e fibras de vidro, que aumentam a resistência mecânica da restauração (Benetti et al., 2015; Fronza et al., 2015). A transmissão de luz pode ser afetada pela composição do material, dependendo do tamanho das partículas de carga, a luz pode sofrer dispersão, diminuindo a profundidade de cura (Fronza et al., 2017).

As resinas *bulk fill* foram desenvolvidas para simplificar a técnica restauradora, diminuindo o tempo clínico necessário para confecção das

restaurações e podem ser classificadas em baixa viscosidade (*flowable*), devendo receber uma cobertura com resina convencional, por apresentarem valores de dureza e módulo de elasticidade mais baixos, e as de média viscosidade, que não necessitam dessa cobertura de resina composta (Atalay et al., 2016).

Compósitos resinosos *bulk fill* com boas propriedades físico-químicas devem apresentar baixa contração de polimerização, alto grau de conversão, profundidade de cura de 4mm, e biocompatibilidade (Toh et al., 2015). O inovador sistema de iniciadores dos compósitos *bulk fill* permite essa maior profundidade de cura, em menor tempo (Moharam et al., 2017). Entretanto a longevidade das restaurações com resina composta vai depender de características do paciente, como as forças mastigatórias, hábitos oclusais, ingestão de alimentos abrasivos e quimicamente ativos, variação de temperatura, umidade, produtos bacterianos, enzimas salivares e também de propriedades dos materiais como a composição monomérica, quantidade de partículas de cargas presentes em sua composição e extensão de cura (Sunbul et al., 2016).

As restaurações estão sujeitas às tensões mecânicas e diferentes condições de umidade e temperatura ocorridas na cavidade bucal, aspectos que podem levar a degradação da interface dente-restauração, além das tensões geradas durante a polimerização, que ocasionam falhas adesivas, microfissuras entre o material restaurador e a dentina, e redução da longevidade das restaurações (Campos et al., 2014; Rauber et al., 2016).

Outro fator importante que também pode alterar a composição das resinas compostas é o meio bucal, as mudanças de pH que ocorrem com frequência devido a alimentação e consumo de bebidas ácidas, podem causar degradação na superfície dos compósitos, aumentar o desgaste e retenção de biofilme, diminuindo

assim a longevidade das restaurações (Valinoti et al., 2008; Silva et al., 2014). A exposição das resinas compostas à ácidos orgânicos podem reduzir sua dureza, promovendo a degradação da matriz resinosa, combinada à abrasão da escovação dos dentes e as forças mecânica da mastigação, poderia liberar partículas inorgânicas do compósito (Francisconi et al., 2008; Silva et al., 2014; Gazola et al., 2015; Cao et al., 2015). As partículas abrasivas presentes nos dentifrícios podem aumentar a rugosidade de superfície e diminuir o brilho, comprometendo a qualidade da restauração (Takahashi et al., 2013), quanto mais abrasivo o dentifrício utilizado, maior será a rugosidade presente na superfície dos compósitos, afetando consideravelmente a estética das restaurações (Roselino et al., 2015).

Considerando a disponibilidade das resinas *bulk fill*, que preconiza uma nova técnica de inserção dos compósitos resinosos, o objetivo nesse estudo foi avaliar a dureza e rugosidade de superfície de oito resinas compostas, avaliando sua efetividade e possível desempenho clínico.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Francisconi et al. (2008) avaliaram o efeito do ciclo erosivo na dureza e desgaste de diferentes materiais restauradores e esmalte bovino restaurado com estes materiais. Para este estudo foram utilizados 80 corpos de prova com dimensões de 4 x 4 x 2,5mm, os incisivos bovinos foram cortados em uma máquina de corte, polidos e posicionados em um microdurômetro, no qual foram realizadas cinco identações (Knoop). As cavidades foram preparadas, os materiais restauradores inseridos, fotoativados (Optilux, Kerr Corp) de acordo com as recomendações do fabricante e submetidos as indentações, realizadas à 50, 150 e 200µm de distância da margem externa. Os espécimes foram divididos aleatoriamente em oito grupos de acordo com os meios de imersão e materiais restauradores: ionômero de vidro modificado com resina, Vitremer (3M ESPE) (grupo I e V); ionômero de vidro convencional, Ketac Molar (3M ESPE) (grupo II e VI); resina composta, Z250 (3M ESPE) (grupo III e VII) e amálgama Dispersalloy (Dentsply) (grupo IV e VIII). Os grupos I e IV foram submetidos a ciclagem de pH utilizando bebida a base de cola, durante 5min, sendo realizados três ciclos todos os dias: às oito, catorze e vinte horas por sete dias. Já os e os grupos I e IV foram imersos em uma bebida a base de cola por 5min, 3x por dia e mantidos em saliva artificial entre ciclos erosivos, os grupos V e VIII foram imersos em saliva artificial, durante todo o período experimental (controle). Após análise estatística não foi observado diferenças significativas da dureza superficial entre os materiais, considerando apenas os meios de imersão. Foi verificado um desgaste maior para o ionômero modificado com resina, quando comparado ao cimento de ionômero convencional, mas essa diferença não foi significativamente. Para análises de

esmalte, o ciclo de pH promoveu maior porcentagem de desgaste em relação à saliva e não houve diferenças significativas nos valores de dureza do esmalte quando comparado com os diferentes materiais restauradores. Os autores concluíram que os materiais restauradores não influenciaram a erosão do esmalte adjacente.

Em 2008, Valinoti et al. avaliaram o efeito de medicamentos ácidos (Dimetapp e Claritin) e ciclagem de pH na degradação de superfície de quatro resinas compostas, sendo três microhíbridas: TPH 3 (Denstply), Concept Advanced Magic Kids (Vigodent), Opallis (FGM) e uma nanohíbrida: Supreme (3M/ESPE). Para esse estudo foram confeccionados trinta espécimes em forma de disco, com 5mm de diâmetro e 2,2mm de espessura, onde as resinas compostas foram inseridas, fotoativadas por 20s (Optilux 501, Kerr), e polidas com discos de óxido de alumínio. A rugosidade foi medida usando um perfilômetro (Surftest SJ 201, Mitutoyo Co, Kawasaki) e os espécimes foram distribuídos em três grupos de acordo com o meio de imersão (n=10): dois grupos experimentais: E1 = Claritin, E2 = Dimetapp e um controle = água deionizada. Após os espécimes foram submetidos a ciclagem de pH e imersão nos medicamentos ácidos durante 12 dias, a rugosidade da superfície foi medida novamente. Dois espécimes para cada material e grupo foram analisados por microscopia eletrônica de varredura, com ampliação de 5.000, antes e após a ciclagem de pH (JEOL-JSM; 6460LV). Os dados foram analisados pelo teste Student-t, ANOVA, teste de múltiplas áreas de Duncan e teste t pareado ($\alpha=0,05$). Foi observado que a rugosidade da TPH foi estatisticamente semelhante a Supreme e significativamente inferior a Concept e Opallis, entretanto a rugosidade da Supreme, Opallis e Concept não diferiu significativamente uma da outra. Os resultados do teste t pareado mostrou que somente a TPH e Supreme imersas em

Claritin e TPH imerso em água deionizada apresentaram um aumento significativo na rugosidade de superfície. Os autores concluíram que embora a rugosidade tenha sido ligeiramente afetada, a ciclagem de pH e os medicamentos ácidos causaram degradação na superfície das resinas compostas, além disso, compósitos com partículas de carga maiores foram mais suscetível à degradação quando submetido a desafios ácidos.

Em 2011, Ferracane realizou uma revisão de literatura, por meio de uma busca de artigos relevantes no Pubmed, que mostravam uma grande variedade de compósitos, suas propriedades mecânicas, características de manipulação e propriedade estética. A composição das resinas compostas evoluiu consideravelmente desde que foram introduzidos à Odontologia na década de 1960. As mudanças mais importantes foram observadas nas partículas de carga, que foram diminuindo de tamanho, com isso os materiais poderiam ser polidos mais facilmente e ao mesmo tempo demonstravam resistência ao desgaste. Atualmente as mudanças estão focadas na matriz orgânica, visando desenvolver sistemas com baixa contração de polimerização e maior adesão à estrutura dentária. Mesmo com a evolução dos compósitos, a técnica de inserção foi pouco modificada. A inserção em incrementos tem sido largamente preconizada com o objetivo de minimizar a tensão de contração, promover maior grau de conversão e obter adequada adaptação marginal. Entretanto não há uma resina composta ideal disponível para o clínico, mas os materiais encontrados no mercado são de alta qualidade e quando usados adequadamente, apresentam adequadas propriedades mecânicas, estética e longevidade.

Em 2013, Garoushi et al. avaliaram propriedades mecânicas e profundidade de cura da resina composta Ever X post (Voco), que apresentava uma nova fibra de

reforço, comparando com outros compósitos já utilizados em restaurações posteriores, que foram: Venus bulk fill (Heraus Kulzer), Filtek Superme (3M ESPE), TetricEvoCeram (Ivoclar Vivadent), SDR (Dentsply), Filtek Bulk Fill (3M ESPE), Alert (Jeneric/Pentron), Filtek Z250 (3M ESPE), SonicFill (Kerr Corp.), Xenius base (Stick Tech Ltd.). Para verificar a resistência mecânica e módulo de flexão, foram confeccionadas amostras de 2 x 2x 2,5mm em forma de barra (n=6), utilizando um molde de aço inoxidável, onde os materiais foram inseridos e fotoativados (TC-01, Spring Health Products) de acordo com as recomendações do fabricante, utilizando intensidade de luz de 1100mW/cm². O teste de flexão de três pontos foi realizado em uma máquina de ensaio universal (LRX, Lloyd Instrument Ltd.) de acordo com a norma ISO 4049 (intervalo de teste de 20mm, velocidade de cruzamento: 1mm/min, indentador de 2mm de diâmetro). A força de flexão (of) e o módulo de flexão (Ef) foram calculados a partir das seguintes fórmulas: $of=3Fml/2bh^2$ e $Ef=SI^3/4bh^3$. Para avaliar a resistência à fratura foram confeccionadas amostras retangulares (n=6), em um molde de metal com dimensões de 2 x 5 x 25mm e utilizada a fórmula: $KIC=[3PL/ BW^{3/2}]Y$. Para verificar a profundidade de cura foram confeccionados corpos de prova cilíndricos (n=3) com 10mm de altura. Em seguida, a parte curada restante foi medida com um calibrador digital com precisão de $\pm 0,1$ mm e o valor obtido foi dividido por dois, correspondendo a profundidade de cura para cada amostra. Os autores avaliaram a contração de polimerização confeccionando amostras com dimensões de 10x 10x1,5mm e utilizando o método "strain gauge" (KFG-2N-120, Kyowa Ltd., comprimento de calibre 2mm). A análise do comprimento da fibra foi feita apenas para a resina composta Xenius base e Alert, adicionando 2mL de Tetra-hidrafurano (THF, Riedel de Haen, Puriss 99,9%, Lot; 404750) as mesmas. Após a vaporização do THF, evidenciando as fibras secas, foram

realizadas imagens com um estereomicroscópio (Heerbrugg M3Z) em uma ampliação de 10x. Os autores concluíram que as resinas compostas com fibras de vidro curtas apresentam melhores propriedades físicas e bom desempenho em áreas de tensão.

Takahashi et al. (2013) mensuraram a rugosidade e brilho da superfície de resinas compostas antes e depois a abrasão utilizando escova de dentes. Foram avaliados quarenta espécimes de compósitos (n=8): dois nanohíbridos; IPS Empress Direct Enamel e IPS Empress Direct Dentin (Vivadent), dois microhíbridos; Clearfil AP-X (Kuraray) Filtek Z250 (3M ESPE) e um modificado por cerâmica; Admira (Voco). Os espécimes foram confeccionados em um molde com 25mm de comprimento, 13mm de largura e 2mm de espessura, no qual as resinas compostas foram inseridas, fotoativadas por 180s (Dentacolor XS, Heraeus Kulzer) e polidas. A rugosidade foi avaliada em um perfilômetro (Perthometer S3P, Mahr), sendo realizada dez medições para cada espécime. O brilho foi medido (Micro-TRI-gloss, BYK-Gardener) também antes e após escovação abrasiva com *slurry* na proporção de 1:1 (dentifrício/água da torneira) (Colgate Total, Colgate Palmolive), 12.000 ciclos em um simulador de escovação. Para observar as alterações morfológicas antes e após a escovação, duas amostras de cada grupo foram avaliadas em microscópio eletrônico de varredura. Houve um aumento significativo na rugosidade da superfície e uma redução no brilho após a abrasão em todos os compósitos, exceto Clearfil AP-X, e maior queda nos valores de brilho foi observada na Z250. Todos os materiais mostraram uma superfície lisa, no entanto após a abrasão, os mesmos demonstraram irregularidades superficiais. Os autores concluíram que a escovação causou um aumento na rugosidade e redução de brilho da IPS Empress Direct

Emanel, IPS Empress Direct Dentin, Filtek Z250 e Admira, já a Clearfil AP-X resistiu ao processo de desgaste e manteve o brilho superficial.

Cao et al. (2013) investigaram a resistência ao desgaste e dureza de cinco tipos de resinas compostas. Foram confeccionados sessenta e cinco espécimes, em um molde retangular, com 11mm de comprimento, 10mm de largura e 2mm de profundidade, onde foram inseridos e fotoativados por 40s, um compósito nanohíbrido, Charisma Diamante; dois microhíbridos, Z250, Clearfil AP-X e as resinas compostas P60, Surefil, sendo divididos de acordo com os testes realizados (n = 13), oito para teste de desgaste e cinco para o teste de dureza. Os compósitos foram submetidos a uma máquina de escovação, feita sob medida com uma bola de aço inoxidável como antagonista (cargas 3N, 1Hz, 6 × 10⁵ ciclos) e imersos em pasta de flúor de cálcio. O volume de desgaste, a dureza e a estrutura de superfície de cada material testado foram examinados por um perfilômetro óptico tridimensional e um microdurômetro (HXD-1000TM, Shanghai Taiming Optical Instrument) e uma amostra aleatória de cada compósito foi selecionada para avaliação em microscópio eletrônico de varredura (Type Quanta 200 FEG, FEI). A análise estatística mostrou a perda de volume, classificada da maior perda para a menor, seguindo: Charisma Diamond, P60, Z250, Clearfil AP-X e Surefil. Em relação à dureza, do mais alto ao menor da seguinte forma: Clearfil AP-X, P60, Surefil, Z250, Charisma Diamond. Os autores concluíram que os compósitos nanoparticulados podem ter um desgaste superior quando comparado a outras resinas compostas.

Ilie et al. (2013) pesquisaram a influência de vários processos de irradiação nas propriedades mecânicas e cinéticas de resinas *bulk fill*. Os autores utilizaram duas resinas que foram: Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) e x-tra base (Voco) e o grau de conversão foi verificado em um espectômetro FTIR (Nexus). Os

compósitos foram inseridos em moldes com 0, 1, 2, 4, 6mm de altura e 3mm de diâmetro, fotopolimerizados (Elipar Freelight 2) à uma distância de 0 e 7mm, com tempo de irradiação de 10, 20 e 40s, e divididos em 48 grupos (n=6). As propriedades micro-mecânicas: dureza Vickers (HV) e módulo de elasticidade foram avaliadas utilizando as amostras de 6mm, que haviam sido preparadas para avaliação do grau de conversão, de acordo com DIN 50359-1: 1997-10.13. As medições foram realizadas em um microdurômetro (Fischerscope H100C), com velocidade constante 0,4 e 500mN. A análise da variação de irradiância foi feita com um espectrômetro USB4000 (Bluelight Analytics Inc.). Os resultados do estudo demonstraram que tanto a resina composta Tetric EvoCeram Bulk Fill e x-tra base permitiram um incremento de 4mm. Em uma distância de fotoativação de 7mm, a dureza e módulo de elasticidade de ambos se tornam comparáveis, mostrando menor susceptibilidade à menor irradiância em Tetric EvoCeram e melhor polimerização em profundidade para x-base.

Campos et al. (2014) avaliaram a adaptação marginal de cavidades classe II restauradas com compósitos *bulk fill*. Foram utilizados 40 molares humanos extraídos, nos quais preparou-se cavidades classe II mésio-oclusal (MO) padronizadas com margens de esmalte chanfradas, 1mm abaixo da junção cimento-esmalte, com 5mm de largura, 4mm de profundidade na caixa oclusal, 5mm de largura e 2mm de profundidade na caixa proximal. Os dentes foram restaurados com dois incrementos horizontais de compósito (4mm e 2mm de espessura) e utilizando o sistema adesivo Optibond FL (Kerr Co.), conforme a recomendação do fabricante, sendo que cada um foi fotoativado por 40s (LED Demi Plus, Kerr Co.), com irradiação de aproximadamente 1100mW/cm², e o compósito SonicFill foi inserido usando a peça de mão SonicFil. As amostras foram

aleatoriamente distribuídos em 5 grupos (n=8). Os grupos experimentais foram: grupo A - Venus Bulk Fill, Venus Diamond (Heraeus Kulze); grupo B - Tetric EvoCeram BulkFill, Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent); grupo C - Surefil SDR, Ceram-X (Dentsply); grupo D – SonicFill (Kerr Co.) ; grupo E (controle) - Ceram-X (Dentsply). Após os procedimentos de acabamento, as impressões foram feitas usando um polivinil siloxano (President light body, Coltène/Whaledent) e resina epóxi (Epofix, Struers), obtendo réplicas dos dentes. Foi realizada a termociclagem (240,000 ciclos oclusais e simultâneos, 600 ciclos térmicos em água a 5 e 50°C), e a microscopia eletrônica de varredura com 200x ampliação (Digital SEM XL20, Philips). Foi observado que os valores médios da integridade do esmalte variaram de 71,96% (grupo A) para 87,22% (grupo C) e de 53,65% (grupo A) para 68,27% (grupo controle) antes e depois do carregamento termo-mecânico. Os resultados mostraram que todos os materiais investigados apresentaram adaptação marginal satisfatória antes da carga termodinâmica, mas não foi mantida após o carregamento, tendo uma redução significativa na adaptação marginal, atingindo o valor médio de 19,89%. Os pesquisadores concluíram que os materiais *bulk fill* permitiram uma melhor adaptação marginal quando comparados aos compósitos convencionais.

Em 2014 Flury et al. estudaram a influência da espessura de incrementos na microdureza e resistência adesiva da dentina utilizando resinas *bulk fill*. Para esse estudo foram utilizadas uma resina convencional: Filtek Supreme XT (XTE) e quatro *bulk fill*: SDR (SDR), Filtek Bulk Fill (FBF), x-tra fil (XFIL), e Tetric EvoCeram Bulk Fill (TEBF) (n=8). Para avaliar a dureza Vickers, foi utilizado um molde de teflon com 15mm de comprimento e 4mm de diâmetro. Após o armazenamento os corpos de prova foram levados ao microdurômetro (Fischerscope HM2000, Helmut Fischer),

onde foram realizadas 6 indentações no mesmo eixo e com profundidades de 1, 2, 3, 4 e 6mm, ou seja, com carga entre 0,4 e 50mN por 50s e velocidade constante. Outras 210 amostras foram confeccionadas para avaliar a dureza na superfície oposta à irradiada, n=14 (15 grupos) e foram mensuradas três espessuras de incrementos (2, 4 e 6mm). As medições foram realizadas na superfície oposta a irradiada, sendo executadas 5 indentações e verificado o valor médio, obtendo 14 valores de dureza por grupo. Para avaliação da resistência ao cisalhamento foram utilizados 255 molares extraídos sem restaurações ou cáries, n=17 (15 grupos: 5 compósitos e 3 espessuras de incremento). A dentina foi preparada utilizando adesivo de 3 passos Optibond, os moldes foram preenchidos da mesma forma descrita anteriormente, e fixados à superfície dentinária de cada amostra e levados para máquina de ensaio universal (Zwick Z010, Zwick). Para classificar a fratura foi utilizado um estereomicroscópio (Leica ZOOM 2000, Leica) com aumento de 40x. Foi constatado que tanto o compósito convencional, quanto as resinas compostas *bulk fill* mostraram uma diminuição na microdureza com o aumento da espessura dos incrementos, sendo que ocorreu uma queda maior na Filtek Supreme, e os compósitos SDR e FBF apresentaram menores valores de dureza que XFIL. As falhas coesivas na dentina foram maiores, independente da espessura do incremento ou resina utilizada. Os autores concluíram que a dureza e resistência ao cisalhamento da Filtek Supreme diminui quando se aumenta a espessura do incremento; a dureza diminuiu com o aumento de espessura dos incrementos para TEBF e permaneceu constante para SDR, FBF e XFIL; e que a força de cisalhamento permaneceu constante para os quatro compósitos *bulk fill*.

Silva et al., 2014 avaliaram a influência da escovação e ciclagem com enxaguatório bucal na rugosidade e topografia de superfície de três compósitos com:

Z350, nanoparticulada; Durafill, microparticulada e Empress Direct, microhíbrida. Foram confeccionadas 20 espécimes, fotoativada por 40s (Optilux 501, Demetron) e aleatoriamente divididos em quatro grupos (n=5) de acordo com os enxaguatórios: sem álcool (Plax), contendo álcool (Listerine e Plax Fresh Mint) e saliva artificial (controle). Os espécimes foram submetidos à escovação e ciclagem com enxaguatório por nove semanas, a rugosidade foi mensurada em um rugosímetro (Surftest SJ 201, Mitutoyo). A análise topográfica foi realizada usando um perfilômetro tridimensional (Form Talysurf 60i, Taylor Hobson). Na primeira semana, os espécimes foram submetidos diariamente ao armazenamento por 4h em 2mL de saliva, escovação 20 *strokes* (Oral B 30, Procter & Gamble), armazenamento em saliva por 8h, escovação novamente e armazenamento em saliva artificial durante a noite (12h). A escovação foi realizada em uma máquina de escovação e utilizando o dentífrício (Paradontax, Glaxo Smith Kline) na proporção de 1:2 em peso. Da segunda a nona semana, os espécimes foram submetidos a 280 *strokes* e imersão por 28min em enxaguatório ou saliva. A rugosidade foi reavaliada no final de cada semana e a topografia reavaliada após a nona semana. Em todos os meios, a resina microhíbrida apresentou maiores valores de rugosidade quando comparada a nanohíbrida. O maior valor de rugosidade foi apresentado pela resina microhíbrida imersa em Listerine. Os menores valores de rugosidade foram apresentados pelo compósito microhíbrido. Os três compósitos apresentaram a maior rugosidade após a imersão em Plax Fresh e Listerine. Para as três resinas, o aumento da rugosidade foi notável após a quinta semana. A análise topográfica mostrou que as superfícies mais lisas estavam presentes após imersão em saliva artificial.

Alshali et al. (2015) investigaram a dureza pós irradiação, amolecimento químico e estabilidade térmica dos sistemas resinosos *bulk fill* e convencionais. Os

autores empregaram 6 resinas *bulk fill*: SureFil SDR, Venus bulk fill, x-tra base, Filtek bulk fill flowable, SonicFill, Tetric EvoCeram bulk-fill e 8 convencionais: Grandioso flow, Venus Diamond flow, X-flow, Filtek Supreme Ultra Flowable, Grandioso, Venus Diamond, TPH Spectrum, e Filtek Z250. Para analisar a dureza dos compósitos convencionais, os autores confeccionaram amostras cilíndricas de 6mm de diâmetro e 2mm de altura e para os compósitos *bulk fill* amostras apresentaram 4mm de altura (n=5), realizando a fotoativação por 20s (Elipar, 3 M ESPE; 1200mW/cm² e intervalo de comprimento de onda 430-480 nm). Para análise da dureza foi utilizado o microdurômetro (FM-700, Future Tech Corp) com carga de 50g e 15s, realizando três indentações na superfície superior e inferior dos corpos de prova. Consequentemente as amostras foram armazenadas por 37°C por 24h e novas medições foram realizadas para avaliação da polimerização pós irradiação. Para avaliação do amolecimento químico (densidade das ligações cruzadas), as mesmas amostras foram armazenadas em etanol 75%, em temperatura ambiente por 24h e a dureza foi medida novamente. Para análise termogravimétrica foram confeccionadas amostras em um molde de 4mm de diâmetro e 1mm de espessura, fotoativadas por 20s, e colocadas em uma micro-balança térmica, aquecida a 25° a 900°C, com uma taxa de 20°C/min, sob um argônio de alta pureza (50mL/min) e o software foi utilizado para gerar curvas termo-analíticas TGA, que calculam a perda de peso em função do aumento da temperatura. Foi observado que de todos os materiais testados a VBF e VDF tiveram os valores de dureza significativamente menores, após 24h de armazenamento a seco, indicando propriedades mecânicas inferiores em relação aos demais compósitos. A SF mostrou o maior valor de dureza entre as resinas compostas *bulk fill*, enquanto a GR mostrou o maior valor entre todos os materiais testados. Todos os materiais tiveram um aumento significativo da

microdureza após 24h de armazenamento seco a 37°C, aumentando lentamente até atingir seu máximo dentro de uma semana e também não mostraram diferenças significativas entre a dureza nas superfícies superiores e inferiores da amostra. Uma significativa diminuição da microdureza após 24h de armazenamento em etanol foi encontrada para todos os materiais testados. GRF e SF apresentaram a menor queda de dureza, enquanto que a maior diminuição foi encontrada na SDR). Os autores concluíram que as resinas compostas *bulk fill* apresentaram relação de dureza na superfície superior e inferior das amostras, semelhantes aos compósitos convencionais, apesar da sua maior espessura de incremento, a dureza, o conteúdo inorgânico e a decomposição térmica foram afetados após armazenamento.

Benetti et al. (2015) investigaram a contração de polimerização, profundidade de cura e *gap* presente na interface dente-restauração de 6 resinas compostas, sendo uma convencional: Tetric Evo Ceram (Ivoclar Vivadent), e cinco *bulk fill*: Tetric Evo Ceram bulk fill (Ivoclar Vivadent), Sonic fill (Kerr), x-tra Base (Voco), Venus Bulk Fill (Haraeus), Surefill (Dentsply). Para avaliação da profundidade de cura, cada material foi inserido em um molde metálico de 12mm de diâmetro e 4mm de espessura, a superfície superior da amostra foi fotoativada por 20s (950mW/cm², Bluephase, Ivoclar Vivadent), e o material não fotopolimerizado na superfície inferior dos corpos de prova foi removido com uma espátula plástica, sendo que a altura perdida foi medida com um micrômetro no centro da amostra e dividida por dois. Para avaliar a contração de polimerização, as amostras foram confeccionadas da mesma forma descrita anteriormente e foi utilizado método do transdutor LVDT. O *gap* foi avaliado em cavidades de classe II, realizadas em molares humanos, nos quais foram executadas 96 cavidades padronizadas com dimensões de 60,5mm, onde largura corresponde à 4mm, 2 mm de profundidade e 6mm de altura. As

amostras foram divididas em seis grupos (n=16), sendo cinco grupos experimentais (cavidades foram preenchidas com resina *bulk fill*), e um grupo controle (cavidades preenchidas com a resina convencional). Após o preparo das mesmas, foi realizado o condicionamento ácido, por 30s em esmalte e 10s em dentina, aplicação do primer (Optibond FL, Kerr) e fotoativação por 20s. Em seguida a resina composta foi inserida nas cavidades preparadas, utilizando técnica de incremento único (incrementos de 4mm, resina *bulk fill*) e técnica incremental oblíqua (incrementos de 2mm, resina convencional), sendo avaliados em microscópio óptico (Orthoplan, Ernst Leitz), com 510X de ampliação. Na avaliação da contração de polimerização, os autores relataram que a resina composta Tetric Evo Ceram apresentou menor contração de polimerização quando comparada a Tetric Evo Ceram Bulkfill, já a Venus Bulkfill apresentou os maiores valores. A profundidade de cura da Venus Bulk Fill, Surefil, x-tra Base, Tetric bulk fill, EvoCeram Bulk Fill, foi maior que a resina composta convencional. As resinas *bulk fill* fluídas, apresentaram maior formação de gap, quando comparada a resina composta convencional, principalmente nas paredes gengivais. A SonicFill e Tetric Evo Ceram Bulk Fill (alta viscosidade) apresentaram formação de lacunas, entre material restaurador e estrutura dentária, semelhantes a Tetric Evo Ceram. Os autores concluíram que os compósitos estudados (Tetric Evo Ceram Bulk Fill, Sonic Fill) apresentaram contração de polimerização e formação de gap semelhantes as resinas compostas convencionais, entretanto alguns materiais como X-tra Base e Venus Bulkfill, demonstraram maiores valores de contração de polimerização e formação de gap em relação aos compósitos convencionais.

Fronza et al (2015) avaliaram o grau de conversão, microdureza, adaptação marginal e tensão de contração de cinco resinas compostas: Herculite Classic, Kerr

(HER), Surefil SDR flow, Dentsply (SDR), Filtek Bulk Fill, 3M ESPE (FBF), Tetric EvoCeram Bulk Fill Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein (TEC), EverX Posterior, GC Corporation (EXP). O compósito HER foi inserido na cavidade utilizando a técnica incremental, sendo o controle positivo, e também em incremento único, sendo o controle negativo. Para esse estudo foram utilizados trinta molares humanos, onde foram preparadas cavidades classe I com largura méso-distal de 4mm, largura vestibulo-lingual de 3mm e profundidade de 4mm. Os dentes foram aleatoriamente divididos em seis grupos de acordo com o sistema restaurador e técnica de preenchimento. O compósito HER foi testado utilizando duas técnicas de inserção, sendo em incrementos oblíquos de aproximadamente 2mm de espessura, e a técnica de incremento único com 4mm de espessura, e fotoativados por 40 segundos (VALO, Ultradent, 995mW/cm²). As resinas compostas *bulk fill* (SDR, FBF, TEC e EXP) foram inseridas nas cavidades em incremento único e fotoativadas por 20s. Os dentes restaurados foram seccionados e divididos, sendo uma metade submetida à espectroscopia confocal de Raman (Skin Analyzer-model 3510, River Diagnosis BV), avaliando o grau de conversão em diferentes profundidades (1, 2, 3 e 4mm) e ao teste de dureza Knoop, utilizando um microdurômetro (HMV 2000, Shimadzu), com carga estática de 100g por 10s, sendo obtida uma média de três indentações. A outra metade foi duplicada em resina epóxi e utilizada para avaliar a adaptação interna das restaurações através de microscopia eletrônica de varredura. Para avaliar a tensão de polimerização foram confeccionadas 5 hastes de cada material com 13mm e 28mm de comprimento e 4mm de largura, que foram anexadas a uma máquina de ensaio universal (model 5565, Instron). A resina composta Herculite, quando inserida na cavidade de forma incremental, não apresentou diferença nos valores de grau de conversão, e apenas a SDR e FBF

demonstraram grau de conversão uniforme ao longo de 4mm de profundidade. Quanto a dureza Knoop, todos os materiais apresentaram valores semelhantes, o maior valor de grau de polimerização foi observado na EXP, as resinas compostas SDR e FBF obtiveram valores de grau de conversão semelhante a HER inserida em incrementos. Os compósitos *bulk fill* apresentaram maior contração volumétrica, e a melhor adaptação marginal foi observada na resina composta EXP. Os autores concluíram que o grau de conversão não foi uniforme até 4mm de profundidade em todos os materiais, apenas para SDR e FBF e o uso da técnica convencional levou a menor formação de *gap*, e SDR e TEC não apresentaram diferença significativa na porcentagem de formação de *gap*.

Em 2015 Rosatto et al avaliaram as propriedades mecânicas, tensão de contração e resistência à fratura de cúspides de molares restaurados com resina composta *bulk fill* e resina composta convencional utilizando a técnica incremental. Os autores utilizaram quatro resinas *bulk fill*: Tetric EvoCeram bulk fill (TEC) (Ivoclar Vivadent), Venus bulk fill (VBF) (Heraeus-Kuzer), Filtek bulk fill (FBF) (3M-ESPE), SDR (SDR) (Dentsply), e três convencionais: Esthet X HD (EXT-X) (Dentsply), Charisma Diamond (CHA) (Heraeus-Kuzer), Filtek Z350XT (Z350XT) (3M-ESPE). Para preparar as cavidades foram utilizados 75 molares humanos, no quais as raízes foram cobertas com uma camada de 0,3mm de material de impressão de poliéter, com o objetivo de simular o ligamento periodontal e após incorporados em resina de poliestireno, até 2mm abaixo da junção cimento-esmalte, simulando o osso alveolar. Foram preparadas cavidades de classe II méso-ocluso-distal (MOD) com 4/5 da largura intercuspal, 4mm de profundidade oclusal e 1mm de caixa proximal, em seguida os dentes foram restaurados utilizando resina composta *bulk fill* na região da dentina (4mm de espessura), posteriormente foram recobertos com resina

composta convencional na região do esmalte (1mm de espessura) e fotoativados por 40s (luz halôgena de quartzo-tungstênio, 800mW/cm²; Optilux 501, Kerr) para Filtek Bulk Fill e 20s para todos os outros compósitos. A Tetric EvoCeram Bulk Fill foi utilizado para restaurar dentina e esmalte em incremento único e as cavidades realizadas no grupo controle foram preenchidas com resina convencional, usando a técnica incremental (6 incrementos). As amostras foram divididas em 5 grupos (n=15), sendo que em 5 dentes de cada grupo foram avaliados dureza Vickers e módulo de elasticidade e 10 dentes de cada grupo foram avaliados deflexão de cúspide, transluminação, fadiga mecânica, adaptação marginal e resistência a fratura. Na avaliação da tensão de cúspide durante o processo restaurador (CSt-Re) foi utilizado um medidor de tensão (PA-06-060CC- 350L, Excel Sensores), sendo os “strain gauges” fixados na região onde o modelo de elementos finitos indicou a presença de alta polimerização e tensão. Para o estudo de propagação de fissuras no esmalte, nas cúspides vestibular e lingual, as amostras foram avaliadas em três níveis: dente intacto antes da preparação, após a preparação da cavidade; e 24 h após ser realizada a restauração. As imagens obtidas foram capturadas a uma ampliação de 1.5x (com luz de transiluminação LED com a fibra óptica posicionada na superfície oclusal do dente e as fissuras foram classificadas como (I) nenhuma fissura visível, (II) rachaduras visíveis menor que 3 mm, e (III) fissuras visíveis maiores que 3mm. Após as medições da deformação de cúspide, as amostras foram submetidas à fadiga mecânica, simulando ciclos mastigatórios (1.200,000 vezes, carregamento compressivo axial de 50N, esfera de 8mm de diâmetro, frequência de 2Hz). Para avaliar a tensão e resistência à fratura presente nas cúspides, os autores empregaram uma carga compressiva axial com esfera de aço inoxidável de 8 mm em diâmetro a uma velocidade de cruzamento de 0,5mm/min em uma máquina de

Teste universal (DL2000; EMIC) com uma célula de carga 5000N. As fraturas foram classificadas em: (I) fraturas envolvendo uma pequena porção da estrutura dentária coronal; (II) que envolvem uma pequena porção de estrutura dentária coronal e falha coesiva da restauração; (III) fraturas envolvendo a estrutura do dente, coesão e / ou falha adesiva da restauração, com envolvimento radicular que pode ser restaurado em associação com cirurgia periodontal; e (IV) fratura grave de raiz e coroa, que requerem extração dentária. Os cinco corpos de prova restantes de cada grupo foram utilizados para avaliar as propriedades mecânicas (dureza Vickers e módulo de elasticidade) da resina composta. Cada dente restaurado foi seccionado de mesial para distal, sendo separados em duas metades, incorporadas em resina de metacrilato e em seguida as indentações foram realizadas (CSM Micro-Hardness Tester) entre 0 e 500mN em intervalos de 20s. O módulo de elasticidade foi calculado a partir da inclinação da tangente da curva de profundidade de indentação na força máxima. A contração linear pós-gel foi determinada usando dez amostras para cada resina composta e um medidor de tensão biaxial, que mensurou a contração em duas direções perpendiculares. A resistência à tração e compressão diametral também foram calculadas neste estudo, inserindo a resina composta em um molde de teflon cilíndrico de 6mm de altura e 3mm de diâmetro para o teste de compressão e em um molde de 2mm de altura e 4mm de diâmetro para o teste de tensão diametral (n=10) e posicionadas em uma máquina de teste universal (DL2000, EMIC) a uma velocidade de 0,5mm/min até ocorrer uma falha. Este estudo mostrou que SDR obteve o menor valor de resistência à compressão e tração, enquanto a FBF apresentou os maiores valores, e a contração do compósito convencional Z350XT foi maior quando comparada às resinas compostas *bulk fill* testadas. A resina composta Z350 XT, CHA, VBF apresentaram maiores valores de

deflexão de cúspides, e 80 a 100% das microfaturas avaliadas foram do tipo III, os menores valores de dureza foram observados na resina composta SDR e VBF e menores valores de módulo de elasticidade foram observados na FBF. Os autores concluíram que as resinas *bulk fill* apresentam propriedades mecânicas inferiores em comparação as resinas convencionais, mas que a contração de polimerização pós gel foi menor e maior resistência a fratura e técnica restauradora mais simples.

Em 2015, Toh et al. avaliaram a biocompatibilidade *in vitro* das resinas *bulk fill*, utilizando 2 resinas convencionais: Filtek Z350 (ZFR), Filtek Z350 fluida (ZFF) (3M ESPE); 2 resinas *bulk fill* com ionômero de vidro (PRG): Beautiful bulkfill ret (BBR), Beautiful bulk flow (BBF) (Dentsply); 3 resinas compostas *bulk fill*: SDR (Dentsply), Ever post (EXP) (GC Europe), Tetric N Ceram bulkfill (TNC) (Ivoclar Vivadent). Foram confeccionados 4 corpos de prova por material (n=4) em um molde com 4mm de comprimento, 4mm de largura e 4mm de profundidade. Os moldes foram preenchidos usando um único incremento das resinas compostas, e fotoativados durante 20s por uma luz BlueShot (LED) com uma irradiação de 700mW/cm². As amostras foram inseridas em um meio de cultura de células (DMEM-high glucose supplemented 10% FBS e 1% P/S) e incubadas à 37°C, em uma atmosfera humidificada de 95% de ar e 5% de CO₂ por 24h. Os fibroblastos dos ratos foram avaliados após serem incubados e então as alterações morfológicas das células foram observadas por microscopia (DMI3000B, Leica). Os autores observaram que com excessão de BBR e BBF (PRG) as resinas *bulk fill* tiveram maior viabilidade celular em comparação as resinas convencionais. Os compósitos ZFR e ZFF tiveram efeitos citotóxicos quando fotoativados na espessura de 4mm, resultando na liberação de substâncias citotóxicas, ou seja monômeros lixiviáveis, a BBF foi mais citotóxica do que BBR, e nos compósitos SDR, EXP, TNC foram

observadas alterações morfológicas nos fibroblastos dos ratos. Entre as resinas *bulk fill*, apenas SDR e EXP demonstraram viabilidade celular aceitável, com valores de 70%, sendo que esta aumenta com a diluição do extrato. Os pesquisadores constataram que quando a proporção foi de 1:10 todas as resinas compostas, com exceção da BBR, mostraram 100% de viabilidade celular. As conclusões observadas neste estudo foram que a composição, espessura das amostras e concentração do extrato dos compósitos têm efeito na viabilidade e morfologia celular. Entre as resinas *bulk fill* estudadas, a BBR e BBF apresentaram citotoxicidade, podendo ser atribuída à liberação de flúor e outros íons associados à tecnologia PRG. Apenas SDR e EXP demonstraram biocompatibilidade aceitável quando utilizadas em incrementos de 4mm de espessura.

Roselino et al (2015) avaliaram o efeito do tempo de escovação mecânica utilizando dentífricos com diferentes abrasividades na cor e rugosidade de superfície de resinas compostas: nanoparticulada; Z350 (3M ESPE), nanohíbrida; Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent) e cerâmica IPS e.max Ceram (Ivoclar Vivadent) considerada como controle. Para esse estudo foram confeccionados 16 espécimes de cada material e fotoativados por 20s (FlashLite 1401; Discus - 1100mW/cm²). Os espécimes cerâmicos foram confeccionados de acordo com a técnica de condensação de acordo com as normas do fabricante. Após leituras iniciais de cor mensuradas em espectrofotômetro (PCB 6807, Byk Gardner) e rugosidade (Surfcorder SE 1700, Kosalab, Tokyo, Japan). Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos (n=8) de acordo com a abrasividade dos dentífricos: Colgate e Colgate Total Plus Whitening (Colgate-Palmolive Company), esses foram diluídos em água destilada na proporção de 1:1. Os espécimes foram então submetidos a escovação mecânica (58.400 ciclos), então os espécimes foram

submetidos a novas leituras de cor e rugosidade. A estabilidade da cor foi calculado pelo CIEDE2000. Os dados demonstraram que a abrasividade do dentífrício e o tempo de escovação afetou a cor dos compósitos nanoparticulados, porém não foi observado diferença na rugosidade dos materiais. Os autores concluíram que quanto mais tempo de escovação e maior a abrasividade do dentífrício, maior é a alteração de cor da resina composta nanohíbrida, já a rugosidade de superfície não foi influenciada pela abrasividade do dentífrício.

Gazola et al., em 2015, avaliaram a dureza Knoop (KHN) de compósitos a base de metacrilato e silorano após serem submetidos ao processo de erosão e abrasão. Para esse estudo foram confeccionadas 40 amostras para cada resina composta: Filtek Z250 (3M ESPE), fotoativada por 20s e Filtek P90 (3M ESPE), fotoativada por 40s, e divididas em oito grupos (n=10): G1-G4, metacrilato; G5-G8, silorano e as bebidas envolvidas no processo de erosão: G1 e G5 - Controle (C), sem erosão, com abrasão; G2 e G6 - suco de laranja (SL), abrasão; G3 e G7 - Smirnoff Ice (SI), abrasão; G4 e G8 - Gatorade (GA), abrasão. Para os ciclos de erosão, as amostras dos grupos 2, 3, 4, 6, 7 e 8 foram imersos em 120mL de uma bebida ácida, por 2min, após foram lavadas em água destilada e imersas em 120mL de saliva artificial por 60min, e então submetidas ao processo de abrasão, sendo este realizado pelo mesmo operador que simulou uma escovação manual com 40 repetições em cada amostra. Os ciclos de erosão/abrasão foram realizados três vezes por dia durante 5 dias, e durante os intervalos entre ciclos todos os grupos experimentais foram armazenados em saliva artificial. Após todos os ciclos, as amostras foram submetidas ao teste de dureza utilizando um microdurômetro (HMV-2, Shimadzu). Os menores valores de KHN foram observados no grupo SI quando comparados aos grupos C e SL, porém os grupos da resina composta a base de

silorano, não foram encontradas diferenças significativas. Compósitos a base de metacrilato, quando submetido a desafio erosivo de bebidas ácidas combinado com o processo abrasivo, podem apresentar alteração na dureza. No entanto, as bebidas utilizados no presente estudo não foram capazes de interferir na dureza da resina composta a base de silorano.

Al Sunbul et al (2016) pesquisaram a cinética da tensão da contração de polimerização de 18 resinas com diferentes viscosidades: Gradia direct posterior (GDP) (GC Corp.), G-aenial posterior (GA-P) (GC Corp.), G-aenial anterior (GA-A) (GC Corp.), G-aenial universal flow (GA-F) (GC Corp.), Ever X posterior (EVX) (GC Corp.), Venus diamond (VD) (Heraeus Kulzer), Venus bulk fill (V-BF) (Heraeus Kulzer), Tetric Evoceram (TEC) (Ivoclar Vivadent), Tetric Evoceram bulk fill (TEC-BF) (Ivoclar Vivadent), Smart dentin replacement (SDR) (Dentsply), Spectrum TPH (STPH) (Dentsply), Filtek supreme XTE (FSE) (3M ESPE), Estelite flow quick (EFQ) (Tokuyama Dental Corp.), Beautifil flow plus (BFP) (Shofu Inc.), Grandio SO heavy flow (GSO) (Voco), X-tra base (XB) (Voco), N'Durance (ND) (Septodont), Premise (PR) (Kerr Corp.). Para mensurar a contração de polimerização os autores utilizaram o método "bonded-disk", confeccionando corpos de prova de cada material em formato de disco com 8mm de largura e 1mm de altura, que foram irradiados por 20s ($1200\text{mW}/\text{cm}^2$) usando uma luz de cura LED Elipar (3M ESPE) e um transdutor de deslocamento variável linear (LVDT) foi utilizado para as medições, durante 60min. Os pesquisadores observaram que a TEC-BF apresentou a menor tensão de contração (2,27%), e a SDR bulk fill a taxa mais elevada (0,48%), não diferindo da taxa da BFP (0,59%). A tensão de polimerização da TEC-BF foi de 4,10MPa, não apresentando diferença estatística da TEC, que apresentou valor de 3,94MPa. A GSO apresentou uma contração de polimerização de 3,34%, não demonstrando

uma diferença significativa em relação a XB: 3,39%. TEC mostrou baixo valor de contração, comparável com PR,VD,GDP. A EVX reforçada com fibra de vidro apresentou menor módulo de elasticidade, quando comparada a V-BF e SDR e GSO. Os compósitos BFP, GA-F e GSO mostraram baixo grau de conversão, baixa contração de polimerização, e maior flexibilidade. Os autores concluíram que os compósitos investigados demonstraram que a contração de polimerização está relacionada com os diferentes monômeros e cargas, sendo que a composição do material determina a quantidade de contração de polimerização. O resultado das resinas *bulk fill* foram bons, exceto V-BF que apresentou valor elevado de contração e tensão de polimerização, quando comparada aos compósitos tradicionais. GSO apesar de ser um material líquido apresentou maior módulo de elasticidade em comparação aos outros materiais.

Atalay et al. (2016) avaliaram a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente e restaurados com resina composta *bulk fill*, *bulk fill flowable*, reforçada com fibra e resina composta convencional. Para esse estudo foram utilizados 72 pré molares humanos, extraídos com finalidade ortodôntica, com distância méso-distal entre 6,38 e 8,19mm e distância vestibulo-lingual: entre 8,47 e 10,59mm. Foram realizados preparos MOD com as seguintes dimensões: assoalho gengival com 1mm acima da junção cimento-esmalte, largura da cavidade com 1/3 da distância entre cúspides, ângulos arredondados, ângulo cavo-superficial de 90°, e os condutos foram preparados com instrumentos rotatórios ProTaper (Dentsply-Maillefer). As amostras foram randomizadas em 6 grupos, sendo que cada grupo continha 12 dentes. Grupo I: dentes sem preparo cavitário, que foram usados como controle negativo; Grupo II: dentes com preparo MOD, que não receberam restaurações, sendo controle positivo; Grupo III: cavidades foram condicionadas

durante 30s em esmalte e por 15s em dentina com ácido fosfórico 35%, lavadas por 15s, e suavemente secas, deixando o dente úmido, o adesivo Single Bond Universal (3M ESPE) foi aplicado durante 20s e fotopolimerizado por durante 10s (Cromalux 1200, MegaPhysik, 1400mW/cm²). Após as cavidades foram restauradas com um resina composta Filtek Bulk Fill (3M ESPE). Cada camada tinha aproximadamente 5mm de espessura, e fotoativadas durante 40s; Grupo IV: nos preparos cavitários foi aplicado o adesivo de 2 passos Prime & Bond NT (Dentsply), fotoativado por 10s, As cavidades foram preenchidas com compósito fluido (SureFil SDR Flow, Dentsply) em até 4 mm de espessura e foram então fotoativados por 40s. O restante das cavidades foram restauradas com resina composta nanohíbrida (Ceram.X Mono, Dentsply), com incrementos de 2mm, e fotopolimerizados por 40s; Grupo V: foi utilizado adesivo de passo único G-aenial Bond (GC Corp.), que foi aplicado e fotoativado por 10s, as cavidades foram restauradas com resina composta reforçada com fibra (GC EverX posterior, GC Corp.) em incrementos de 4mm e sobre esse compósito foi colocado a resina composta G-aenial Posterior (GC Corp.) em incremento de 2mm e fotoativado por 40s; Grupo VI: foi utilizado adesivo de 2 passos Excite F (Ivoclar Vivadent), fotopolimerizado por 10s e o compósito convencional Tetric N-Ceram, (Ivoclar Vivadent) com incrementos de 2mm e fotoativados por 40s. Os corpos de prova foram armazenados submetidos a termociclagem entre 5°C e 55°C (tempo de espera 30s) para 1000 ciclos (MTE 101 Thermocycling Machine). Os dentes estavam incluídos em bases de resina acrílica autopolimerizável até 1mm da junção cimento-esmalte, e o espaço pertencente ao ligamento periodontal foi preenchido com polivinil siloxano (Vinylight, BMS Dental), simulando o ligamento periodontal. As amostras foram submetidas compressão em uma máquina de ensaio universal (Instron, Lloyd), com uma esfera de aço de 8mm

de diâmetro, que permaneceu em contato com a superfície oclusal, aplicando uma carga perpendicular ao longo eixo do dente, à uma velocidade de 1mm/min, até a ocorrência de fratura. Essas foram avaliada por um estereomicroscópio (40x), sendo classificadas da seguinte forma: Modo I, destruição mínima dos dentes; Modo II, fratura de uma cúspide, restauração intacta; Modo III: fratura de pelo menos uma cúspide, envolvendo até metade da restauração; Modo IV, fratura de pelo menos uma cúspide, envolvendo mais da metade da restauração; e Modo V, fratura severa, envolvendo completamente a estrutura do dente e/ou fratura longitudinal. Nesse estudo a resina Filtek bulk fill apresentou-se valor de contração de polimerização de 1,39%, a Tetric N Ceram valor de 2% e a SureFil valor de 3,5%, mas a resistência à fratura foi semelhante. O módulo de elasticidade das resinas compostas variou entre 85 e 124MPa, mas a resistência a fratura foi semelhante. Os autores concluíram que a resistência à fratura dos dentes restaurados com resina nanohíbrida não foi diferente das resinas *bulk fill*, *bulk fill* fluída e reforçada com fibra de vidro.

Rauber et al. (2016) realizaram uma comparação *in vitro* da resistência à fadiga de dentes restaurados com resina *bulk fill* e dentes restaurados com resina convencional. Os autores utilizaram para este estudo 28 pré molares com distância de 4-6mm entre as cúspides. As raízes de todos os dentes foram incluídas em um cilindro de 25mm de diâmetro, com resina autopolimerizável, sendo que a superfície oclusal ficou paralela à base do cilindro e a junção cimento-esmalte posicionada 2mm da resina, simulando o tecido ósseo. Os dentes foram aleatoriamente divididos em 4 grupos: grupo I: controle (C), no qual os dentes não foram preparados; grupo II: técnica incremental oblíqua, utilizando resina convencional (Tetric N Ceram), com incrementos de 2mm de espessura; grupo III (BF3); 3 incrementos da resina bulk fill

(Tetric N Ceram Bulk fill); e grupo IV (BF1): incremento único, utilizando resina *bulk fill*. As cavidades MOD foram preparadas com caixa oclusal de 2mm de profundidade, caixa proximal com 2,5mm de largura e 4mm de profundidade, foi realizado o condicionamento ácido por 15s em dentina e 30s em esmalte, realizou-se a aplicação do sistema adesivo (Tetric N Bond, Ivoclar; Vivadent) e fotoativação por 10s. Para o teste de fadiga foi utilizado uma máquina ElectroForce Series II 3330 (Bose) com dinâmica eletromagnética para simular as forças mastigatórias de um dente antagonista. O carregamento da amostra foi feito com uma esfera de aço inoxidável de 3mm de diâmetro no centro da superfície oclusal, atingindo também as cúspides vestibular, lingual e restauração de resina composta, com a mesma imersa em água à 37°C. A magnitude de força variou entre 50 e 200N e 5Hz de frequência para 5000 ciclos. Depois foram aplicados 30.000 ciclos com carga de 400, 600, 800,1000, 1200 e 1400N, sendo o teste considerado completo quando 185.000 ciclos foram alcançados. A análise de fratura foi realizada por microscópio óptico, ampliação de 10x, sendo as fraturas acima da junção cimento-esmalte consideradas restauráveis, já as fraturas abaixo da junção cimento-esmalte foram consideradas não restauráveis. Os autores observaram que os grupos BF3 e BF1 obtiveram resistência a fadiga similar ao grupo C, e que independente da técnica utilizada a resistência à fratura diminuiu, sendo assim os materiais restauradores não foram capazes de devolver ao dente a sua força original, no entanto, os compósitos apresentaram bom desempenho, considerando o valor médio de 181-608N. Os dentes restaurados com a resina composta *bulk fill* em ambas as técnicas de inserção apresentaram valores de resistência à fadiga similares àqueles dos dentes restaurados com a resina composta convencional pela técnica incremental.

Sunbul et al. (2016) investigaram a microdureza e resistência a tração diametral de quatro resinas *bulk fill* e quatro resinas convencionais após armazenamento em solventes: Smart Dentin Replacement (SDR) (Dentsply), Venus bulk Fill (V-BF) (Heraeus Kulzer), Tetric Evoceram (TEC) (Ivoclar Vivadent), Tetric Evoceram Bulk fill (TEC-BF) (Ivoclar Vivadent), Ever X Posterior (EVX) (GC Corp.), G-aenial Universal flow (GA-F) (GC Corp.), G-aenial Anterior (GA-A) (GC Corp.), G-aenial Posterior (GA-P) (GC Corp.). Para análise da microdureza, foram confeccionadas 120 amostras em forma de disco, 15 espécimes de cada resina, utilizando um molde de teflon com 10mm de diâmetro e 2mm de espessura, e fotoativação por 20s (1200 mW/cm^2 using an Elipar S10 LED, 3M ESPE) na superfície superior e inferior. Para análise da dureza foi utilizado um microdurômetro, com indentador em forma piramidal, com carga de 300g por 15 segundos (5 indentações a uma distância de 1mm entre elas e a margem da amostra, obtendo a média). Após as amostras foram armazenadas aleatoriamente em três meios: água deionizada, etanol 75% metiletilcetona (MEK) (10mL) a 37°C e as medições foram feitas novamente após sete, trinta e noventa dias. Para o teste de resistência a tração diametral os materiais foram confeccionados 120 corpos de prova em forma de disco, com diâmetro de 6mm e 2mm de espessura (n=15), que foram armazenadas aleatoriamente, em um frasco de vidro contendo 10mL dos meios de armazenamento já citados, incubadas a 37°C por 30 dias, secas e colocadas na máquina de ensaio universal, sob velocidade de 0,5mm/min. No presente estudo os valores de dureza e tração diametral menores, foram obtidos com o etanol e MEK em comparação com os grupos armazenados em água. A correlação da dureza Vickers e carga foi confirmada, pois a V-BF e SDR mostraram valores de dureza menores e a resina EVX apresentou valor de dureza mais alto, ocorrendo uma

diminuição desses valores após 90 dias de 30% em água, 51% em etanol e 55% em MEK. Os três compósitos nanohíbridos estudados: GA-F, TEC, TEC-BF apresentaram valores elevados de dureza, diminuindo após 90 dias de 50% em etanol e 75% em MEK, com exceção da TEC-BF. O impacto do solvente nos valores de tração diametral foi semelhante aos valores de dureza. SDR teve queda nos valores de tração diametral de 53% em etanol e 75% em MEK e V-BF obteve 36% em etanol e 59% em MEK. A EVX não apresentou diferença significativa de tração diametral após armazenamento em etanol e MEK. TEC-BF demonstrou menores valores de tração diametral após armazenamento em solventes e GA-F, apresentando propriedades mecânicas comparáveis as resinas convencionais. Os autores concluíram que os compósitos *bul kfill* fluídos apresentaram valores de dureza mais baixos que as resinas convencionais e *bulk fill* de média fluidez, sendo necessário recobrimento, o tipo, tempo de armazenamento e composição dos materiais afetam a extensão da degradação das resinas compostas.

Van Dijken & Pallesen (2016) realizaram um estudo randomizado controlado, durante cinco anos, para avaliar a durabilidade das restaurações em cavidades classe I e II, comparando resina *bulk fill* e resina convencional nanohíbrida. Foram realizadas 38 pares de restaurações de classe I, 62 pares de restaurações de classe II, em pacientes com idade média de 52,4 anos. Os autores realizaram duas ou quatro restaurações profundas no mesmo paciente, com características semelhantes e foram divididos aleatoriamente em dois grupos. Para o grupo experimental as cavidades foram restauradas com resina SureFil (Dentsply) em incremento de 4mm e essas receberam uma cobertura de 2mm da resina convencional Ceram X (Dentsply), e o para o grupo controle foi realizado restaurações com resina convencional inserida em incrementos de 2mm. Para executar as restaurações os

autores removeram a cárie, realizaram a preparação da cavidade sem bisel, isolamento absoluto, utilizaram sistema adesivo de passo único (Xeno V), volatilizaram e fotoativaram por 10s, realizaram a inserção da resina composta, fotoativaram por 20s cada incremento e após foi feito o ajuste oclusal e polimento. As restaurações foram analisadas anualmente pelos seguintes parâmetros: forma anatômica, adaptação marginal, pigmentação marginal, rugosidade de superfície e cárie secundária. Ao final do estudo foram avaliadas 183 restaurações: 68 classe I e 115 classe II. Os resultados mostraram que 10 restaurações falharam (5,5%), todas classe II, sendo 4 realizadas com compósito convencional e 6 com compósito de incremento único. As principais falhas ocorreram por fratura (6) e cárie secundária (4). Todas as falhas observadas neste estudo foram apresentadas nas restaurações de classe II. Não foi observado diferença nos valores de deflexão de cúspide nas restaurações realizadas com resina convencional e *bulk fill*. Os autores concluíram que as resinas *bulk fill* mostraram boa durabilidade durante os cinco anos de acompanhamento.

Fronza et al. (2017) caracterizaram o conteúdo inorgânico (IC), transmissão de luz (LT), resistência à flexão biaxial (BFS) e módulo de flexão (FM) de 1 compósito convencional (inserção em incrementos): Herculite Classic (HER) (Kerr) e 4 *bulk fill*: Surefil SDR flow (SDR) (Dentsply), Filtek Bulk Fill (FBF) (3M ESPE), Tetric EvoCeram Bulk Fill (TEC) (Ivoclar Vivadent) e EverX Posterior (EXP) (GC Corp.) em diferentes profundidades. Análise de raios-X e microscopia eletrônica de varredura foram utilizados para caracterizar a composição e morfologia das partículas inorgânicas. Aproximadamente 1g do compósito não polimerizado foi lavado em 6mL de acetona e centrifugado a 1000rpm por 5min. O conteúdo inorgânico foi imerso em 6mL de etanol absoluto por 24h, e mantido em uma incubadora. As partículas de

carga recuperadas foram revestidas com carbonato de carbono e submetidas a espectrometria de dispersão de energia (EDX) acoplado a um microscópio eletrônico de varredura (MEV) (JSM-5600LV, Jeol). Para medir a LT foram utilizados moldes em formato de discos com 6mm de diâmetro e espessuras de 1, 2, 3 e 4mm. Cada material foi fotopolimerizado por 20s para os compósitos de incremento único e 40s para o compósito convencional (VALO, Ultradent, irradiância de 1153Mw/cm^2) com a ponta do fotopolimerizador o mais próximo possível da superfície da amostra, mas sem tocá-la. A SDR demonstrou partículas mais irregulares do que as observadas em TEC ou HER, as partículas inorgânicas da FBF foram esféricas, enquanto as da EXP eram compostas de fibra de vidro. O LT diminuiu com o aumento da espessura dos incrementos para todos os materiais, mas as resinas *bulk fill* permitiram maior LT do que a HER e os compósitos SDR, FBF e TEC apresentaram FM reduzido com aumento da profundidade. Para avaliar resistência à flexão biaxial e módulo de flexão foram confeccionadas espécimes em forma de disco ($n=8$) com 0,5mm de espessura e 6,0mm de diâmetro, que foram empilhados e seguros por um dispositivo de metal. Para cada 0,5mm de espessura uma tira de acetato foi posicionada e o molde preenchido, sendo as amostras posicionadas em um gabarito, usando 2 guias metálicas verticais para posicioná-las. Um segundo molde foi posicionado em cima desse conjunto, preenchido com resina composta, outra folha de acetato foi então colocada, e esse processo continuou até um total de 8 espécimes empilhados, com uma espessura total de 4mm. Para o teste BFS, cada disco foi colocado em uma máquina de ensaio universal a uma velocidade de 1,27mm/min. Os dados mostram que a composição da HER apresenta alumínio, silício e bário. O MEV mostrou partículas irregulares variando com diâmetros entre 0,5 a 2,2 μm . Os elementos inorgânicos da SDR incluíram alumínio, silício, bário e

uma pequena quantidade de flúor e partículas irregulares de 2 tamanhos distintos: partículas maiores de aproximadamente 20 μ m e partículas menores que variam entre 0,5 a 1 μ m. O compósito TEC apresentou uma composição e uma morfologia semelhantes à da HER, constituído por alumínio, silício e bário com partículas variando de 0,4 a 2,2 μ m. A análise EDX revelou que FBF continha alumínio, silício e zircônio, consistindo apenas de partículas esféricas com diâmetros variando de 0,1 a 4,0 μ m. As partículas inorgânicas da EXP foram basicamente fibra de vidro, alumínio, silício, bário, fluoreto e cálcio com comprimentos de até 1mm e um diâmetro de aproximadamente 15 μ m, no entanto partículas pequenas diâmetro de 1 μ m também foram observados. Os resultados de LT mostraram que a HER apresentou valores mais baixos, enquanto o SDR apresentou maior valor de LT para todas as profundidades avaliadas. Os compósitos HER, SDR, e FBF demonstraram valores de BFS mais altos, seguidos por EXP e TEC, que obtiveram os valores mais baixos. O compósito HER apresentou valores de FM altos e SDR demonstrou baixos valores de FM, já as resinas compostas EXP, FBF e TEC apresentaram valores intermediários de FM, e EXP demonstrou um valor maior que FBF e TEC. Os autores concluíram que diferentes características das partículas de carga foram encontradas entre as resinas compostas pesquisadas, sendo que formas irregulares, esféricas e cilíndricas foram observadas com tamanhos variando de 0,1 μ m a 1mm. Alumínio, bário e silício estavam presentes em todos os compósitos. A LT diminuiu à medida que a espessura dos incrementos aumentou para as resinas compostas de incremento único e convencionais, mas HER demonstrou LT inferior quando comparada com as resinas *bulk fill* e SDR apresentou o LT mais alto. Os compósitos *bulk fill* investigados exibiram maior LT, independente de conteúdo e características das partículas de carga. Embora o aumento na espessura do compósito apresentou

LT reduzido, o BFS das resinas compostas de incremento único nas camadas mais profundas não foram comprometidas.

Jung & Park (2017) compararam *in vitro* a adaptação marginal, contração de polimerização, módulo de flexão e dureza de superfície de dois compósitos *bulk fill* fluídos (FB-RBCs), dois compósitos *bulk fill* regulares (RB-RBCs) e uma resina composta convencional em cavidades mésio-ocluso-distal (MOD). Para esse estudo foram preparadas cavidades classe II MOD, em 40 molares inferiores extraídos, sendo divididos aleatoriamente em 5 grupos. No grupo 1 (controle), a cavidade preparada foi preenchida com Filtek Z350 (Z3) (3M ESPE) utilizando a técnica de incremental; grupo 2: FB-RBCs, SDR (SD) (Dentsply); grupo 3: Venus Bulk Fill (VB) (Heraeus Kulzer), nos quais a cavidade foi restaurada com a resina de incremento único e receberam também uma camada da resina convencional Z350. No grupo 4: RB-RBC, Tetric N-Ceram Bulk Fill (TB) (Ivoclar Vivadent) e grupo 5: SonicFill (SF) (Kerr) os preparos foram preenchidos com as resinas *bulk fill*. Imagens da área marginal foram capturadas sob ampliação de 100x antes e após o carregamento termomecânico, para avaliar a presença de lacunas e/ou fraturas nas camadas de esmalte e da resina composta além da contração de polimerização, módulo de flexão, e dureza da superfície. Para avaliar a contração de polimerização os pesquisadores utilizaram um linômetro customizado (R & B Inc., Daejeon). A tensão de contração de polimerização dos materiais foi medida usando um dispositivo e software personalizados (R & B Inc.) de 0,3µm/N. Para calcular o módulo de flexão as amostras de cada resina composta foram confeccionadas usando um molde de metal de 25 x 2 x 2mm de acordo com a norma ISO 4049, sendo os corpos de prova fotoativados em três tempos de exposição de 20s para cada superfície, assim um tempo de cura de 240s foi necessário para quatro superfícies. Uma máquina de

ensaio universal foi utilizada para realizar testes de flexão de três pontos, a microdureza Vickers do topo e da superfície inferior de cada amostra foi medida usando um microdurômetro (HMV-2, Shimadzu), aplicando 5 kgf de força por 5s e em 4 pontos. Para observação das margens da restauração foi utilizado um estereomicroscópio (Leica S8APO, Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha) com 100x de ampliação e as imagens da margem das restaurações foram tomadas usando uma câmera digital conectada ao microscópio, e usando o software ImageJ, os comprimentos das margens perfeitas e imperfeitas foram calculadas, lacunas entre restaurações e cavidades, trincas e fraturas de compósitos, esmaltes ou dentina eram consideradas como margens imperfeitas. Além disso, as margens da cavidade foram categorizadas como: margem oclusal de esmalte (EO), margem vertical do esmalte (EV) e margem cervical do esmalte (EC); nas caixas proximais: margem vertical do esmalte (EVD) e margem cervical da dentina (DC). Um simulador de mastigação CS-4.8 (SD Mechatronik,) foi utilizado sob condições termodinâmicas específicas para fornecer termociclagem (5 a 55°C com tempo de espera de 60s e um tempo de transferência de 24s) e carga mecânica (49N, 600,000 ciclos, 1Hz) simultaneamente. Após o carregamento mecânico, as margens das restaurações foram novamente analisadas, foi observado que a formação de lacunas nas resinas compostas foi proporcional a contração de polimerização, uma maior contração de polimerização, pode resultar em uma quantidade maior de microinfiltração. A contração de polimerização variou de 11,98 (Z3) a 34,33 μ m (VB) e a tensão de polimerização variou entre 2.81 (SF) e 4.94 kgf (VB). A contração e tensão de polimerização e porcentagem de microinfiltração da RB-RBCs (TB e SF) foi menor do que FB- RBCs (SD e VB). A força flexural variou entre 97.36 (VB) e 136.67 MPa (SF). O módulo de flexão de VB e SD foi de 2,35 e 3.29 GPa,

respectivamente. As resinas compostas apresentaram os seguintes valores de dureza (razão entre a superfície superior e inferior): TB (0,82), SF (0,68) e Z3 (0,73). Os autores concluíram que RB-RBCs mostraram melhor adaptação marginal, menor contração e tensão de polimerização, quando comparadas com FB-RBCs, pois essas apresentaram menor módulo de flexão e absorção das forças oclusais.

Moharam et al. (2017) avaliaram o efeito de diferentes técnicas de inserção na profundidade da cura e microdureza Vickers de duas resinas de incremento único: x-tra fil (Voco); SonicFill (Kerr Corp.) e um convencional: Filtek Z250 XT (3M ESPE). Foram preparadas 60 amostras em um molde cilíndrico de 4mm de diâmetro e 4mm de profundidade e divididos em seis grupos (n=10), de acordo com o tipo de material utilizado e de acordo com a técnica de inserção aplicada (única ou incremental – 2mm). O primeiro incremento de resina composta foi fotopolimerizado usando luz LED (Elipar S10, 3M ESPE) com intensidade de 1000mW/cm² por 20s. O teste de dureza foi realizado em um microdurômetro (Nexus 4503, Innovatest), no qual foram realizadas identificações aleatórias na região central da parte superior e inferior das amostras, com 500g de carga durante 15s. A profundidade de cura dos compósitos foi calculada dividindo a média de dureza (VHN) da superfície inferior pelo média de dureza da superfície superior para cada amostra. A x-tra fil registrou o valor médio de dureza Vickers mais alto (94,05±1,05). Os valores de profundidade de cura das resina *bulk fill* x-tra fil e SonicFill foram de 0,980±0,005 e 0,921±0,020 e Z250 mostrou 0,776±0,141. Foi observado uma diminuição significativa da dureza na superfície do compósito Z250, quando inserido em incrementos de 4mm. Os compósitos *bulk fill* fluídos apresentaram valores de dureza inferiores aos demais compósitos. Assim, pode-se concluir que a x-tra fil apresentou os maiores valores de microdureza das superfícies superior e inferior. Ambos materiais de resina composta

bulk fill e convencional apresentaram boa profundidade de cura para ambas as técnicas de inserção.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo neste estudo foi avaliar o efeito da associação da ciclagem erosiva e abrasiva por escovação na rugosidade de superfície e dureza Knoop de oito resinas compostas: três convencionais e cinco *bulk fill*.

4. METODOLOGIA

4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

4.1.1 Unidades experimentais

Espécimes cilíndricos de resina composta (n=10).

4.1.2 Fatores em estudo

Resina composta em 8 níveis:

- Filtek P60 (3M ESPE);
- Filtek Z250 (3M ESPE);
- Filtek Z350 (3M ESPE);
- Filtek Bulk Fill (3M ESPE);
- Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent);
- x-tra fil (Voco);
- Opus Bulk Fill (FGM);
- Aura Bulk Fill (SDI).

Ciclagem erosiva (3 ciclos diários) e escovação (2 ciclos diários) por 15 dias em 2 níveis:

- Antes;
- Depois.

4.1.3 Variáveis de resposta

Rugosidade de superfície e dureza Knoop.

4.2 CONFECÇÃO DOS ESPÉCIMES

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizadas oito resinas compostas (Tabela 1), sendo três convencionais: Filtek P60 (3M ESPE), Filtek Z250 (3M ESPE) e Filtek Z350 (3M ESPE), e cinco *bulk fill*: Filtek Bulk fill (3M ESPE), Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar), x-tra fil (Voco), Opus Bulk Fill (FGM) e Aura Bulk Fill (SDI).

Tabela 1 - Resinas compostas avaliadas.

Resina composta Classificação, fabricante, cor e lote	Matriz orgânica	Partícula de carga	
		Tipo	%vol. %peso
Filtek P60 Microhíbrida, 3M ESPE, St. Paul., MN, EUA, A3 e 655924	BisGMA, UDMA e BisEMA	Zircônia e sílica	61 ---
Filtek Z250 Microhíbrida, 3M ESPE, St Paul, MN, EUA, A2 e 529853	BisGMA, UDMA, BisEMA, PEGDMA e TEGDMA	Zircônia e sílica	67,8 81,8
Filtek Z350 Nanoparticulada, 3M ESPE, St Paul, MN, EUA, A2E e 589434	BisGMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA e BisEMA	Sílica e zircônia	63,3 78,5
Filtek BulkFill Nanoparticulada, 3M ESPE, St Paul, MN, EUA, A2 e N685666	AUDMA, UDMA e DDDMA	Sílica, zircônia e trifluoreto de itérbio	58,4 76,5
Tetric N-Ceram Bulk Fill Nanohíbrida, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, IVA e U26282	BisGMA, BisEMA e UDMA	Vidro de bário, pré- polímero, trifluoreto de itérbio e óxidos mistos	53-55 75-77

x-tra fil Híbrida, Voco, Cuxhaven, Alemanha, Universal e1530244	BisGMA, UDMA e TEGDMA	---	70,1 86
Opus Bulk Fill ---, FGM, Joinville, SC, Brasil, A2 e 80172310078	Monômeros uretanadimetacrílicos	Sílica	--- 79
Aura Bulk Fill Nanohíbrida, SDI Limited, Bayswater, VIC, Austrália, Universal e 151008	UDMA e BisGMA	Sílica e vidro de bário	--- 81

BisGMA: bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato, UDMA: uretano dimetacrilato, BisEMA: bisfenol A polietileno glicol dimetacrilato, PEGDMA: polietilenoglicol dimetacrilato, TEGDMA: trietilenoglicol dimetacrilato, AUDMA: uretano dimetacrilato aromático, DDDMA: 1,12-dodecano dimetacrilato.

Foram confeccionados 10 amostras para cada compósito a ser avaliado com 5mm de diâmetro e 2mm de espessura, utilizando uma matriz circular de teflon, posicionada sobre uma tira de poliéster apoiada a uma placa de vidro. A resina composta foi inserida na matriz em incremento único, de acordo com as normas do fabricante, e pressionada com uma tira matriz de poliéster, e lâmina de vidro, para obtenção de uma superfície lisa e com espessura padronizada. O conjunto foi fotoativado por 20s com um LED *polywave* (Bluephase G2; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) com irradiância de 1200mW/cm².

Após 24h, os espécimes foram embutidos em resina de poliestireno (Valglass, São José dos Campos, SP, Brasil) com a superfície de topo exposta, sendo embutidos cinco espécimes em cada bloco. Então, foi realizado o acabamento e polimento, sob irrigação abundante, utilizando a politriz (APL 4; Arotec, São Paulo, SP, Brasil), com lixas de granulação #600, 800 e 1200 (Carbimet; Buehler, Lake Bluff, IL, USA), numa velocidade de 300rpm, por 3min cada etapa, e lavadas em cuba ultrassônica.

4.3 RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE

Para mensurar a rugosidade de superfície dos espécimes, foi utilizado um rugosímetro (Surftest SJ-301; Mitutoyo, Tóquio, Japão). O aparelho foi posicionado de forma que a ponta de diamante de $2\mu\text{m}$ percorresse toda a extensão do espécime. Foram realizadas três leituras em cada espécime, com 120° de diferença entre elas, verificadas de forma a passar pelo centro da superfície e próximo as extremidades. A média das três leituras foi utilizada como a medida de cada espécime, previamente aos tratamentos, sendo considerada a rugosidade inicial. Em cada leitura, a rugosidade foi representada pela média aritmética entre os picos e vales registrados. A partir dessa curva, o computador do rugosímetro, calculou a rugosidade média (R_a).

4.4 DUREZA KNOOP

Para obter os valores de dureza Knoop, os espécimes foram posicionados em microdurômetro (HMVT 2T, Shimadzu) e o número da dureza foi obtido através da razão entre a carga aplicada no indentador e a área projetada não recuperada. Uma ponta de diamante de forma piramidal foi utilizada para determinar a dureza Knoop, sendo a superfície do espécime microscopicamente aumentada em 40 vezes. A ponteira do microdurômetro foi movida até a correta posição para a leitura e uma carga de 50g foi aplicada por 15s. Três indentações foram realizadas na superfície de topo de cada amostra, uma central e as outras duas a $200\mu\text{m}$ de distância da primeira, uma à direita e outra à esquerda. Após a objetiva foi reposicionada, focando a impressão e medindo a dimensão da maior diagonal.

4.5 CICLAGEM EROSIVA-ABRASIVA

Após as leituras iniciais, os espécimes foram submetidos à ciclagem erosiva e abrasão por escovação. Para os ciclos de erosão, os blocos de resina de poliestireno contendo cinco espécimes foram imersos em 120mL de ácido cítrico 1% com pH 3,8 (Byofórmula, São José dos Campos, SP, Brasil), durante 5min, três vezes ao dia, sendo realizado um ciclo no período da manhã (8:00), um no período da tarde (12:00) e um no período da noite (18:30), simulando três refeições diárias. O ácido cítrico foi renovado a cada ciclo e os espécimes lavados em água corrente e armazenados em água destilada (Byofórmula, São José dos Campos, SP, Brasil).

O processo de abrasão foi realizado pelo mesmo operador que simulou uma escovação manual com 40 repetições, e movimentos de vai e vem em cada amostra, após o primeiro e terceiro ciclo de erosão ácida (8:00 e 18:30, respectivamente). Para isso, os espécimes foram fixados com fita dupla face em uma superfície plana, para segurar que as cerdas da escova Colgate Professional (Colgate Tripla Ação, Colgate Palmolive Industrial Ltda, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil) estivessem sobrepostas e perpendiculares aos mesmos, durante todo o processo de escovação. Os espécimes foram cobertos e escovados com *slurry*, preparado com o dentífrico Colgate Tripla Ação (Colgate Palmolive Industrial Ltda, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil) e água destilada, na proporção de 1:3.

Os ciclos de erosão foram realizados três vezes ao dia e o ciclo de abrasão duas vezes ao dia, durante quinze dias, sendo que nos intervalos entre ciclos, todos os grupos experimentais foram armazenados em água destilada.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade e homogeneidade dos dados foram verificadas pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. Para avaliar diferenças estatisticamente significantes foi utilizada a análise de variância (ANOVA) dois critérios para medidas repetidas, seguido do teste de Tukey para comparação múltiplas. O nível de significância estabelecido em todas as análises foi de 5%.

5. RESULTADOS

Os valores de rugosidade de superfície são apresentados na Tabela 2. A ANOVA mostrou diferença significativa para o período de avaliação da rugosidade ($p < 0,01$) e na comparação entre as resinas compostas ($p < 0,01$), assim como para a interação dos fatores ($p < 0,01$).

Tabela 2 - Rugosidade média (R_a , μm) das resinas compostas antes e após a ciclagem erosiva-abrasiva.

Resinas compostas	Período de avaliação	
	Inicial	Após envelhecimento
P60	0,026 (0,003) cB	0,060 (0,005) dA
Z250	0,025 (0,002) cB	0,068 (0,010) dA
Z350	0,026 (0,001) cB	0,035 (0,003) eA
FBF	0,029 (0,002) cB	0,081 (0,008) cA
TBF	0,034 (0,004) bcB	0,104 (0,015) bA
XTF	0,087 (0,012) aB	0,112 (0,010) bA
OBF	0,040 (0,005) bB	0,149 (0,010) aA
ABF	0,028 (0,002) cB	0,065 (0,003) dA

Médias (desvios padrões) seguidas por letras distintas (maiúsculas comparando o período de avaliação e minúsculas comparando as resinas compostas) indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$).

Antes da ciclagem erosiva-abrasiva, a resina composta XTF apresentou a maior rugosidade média, enquanto os compósitos P60, Z250, Z350, FBF e ABF apresentaram menor rugosidade. OBF e TBF apresentaram valores intermediários

de rugosidade de superfície, sendo que TBF não apresentou diferença estatística dos compósitos que evidenciaram menor rugosidade.

Após o envelhecimento, todas as resinas compostas mostraram aumento nos valores de rugosidade de superfície. O compósito OBF evidenciou a maior rugosidade média; seguido por TBF e XTF, sem diferença significativa entre si; por FBF; por P60, Z250 e ABF, também sem diferença entre si; e Z350 que apresentou a menor rugosidade.

Os valores de dureza Knoop são apresentados na Tabela 3. A ANOVA mostrou diferença significativa para o período de avaliação da dureza ($p < 0,01$) e na comparação entre as resinas compostas ($p < 0,01$), assim como para a interação dos fatores ($p < 0,01$).

Tabela 3 - Dureza Knoop (Kgf/mm^2) das resinas compostas antes e após a ciclagem erosiva-abrasiva.

Resinas compostas	Período de avaliação	
	Inicial	Após envelhecimento
P60	68,77 (4,31) bA	65,48 (3,51) aB
Z250	57,92 (2,68) cdA	53,36 (2,41) bcB
Z350	61,80 (4,12) cA	57,17 (2,30) bB
FBF	54,45 (2,56) deA	49,70 (3,78) cdB
TBF	50,89 (3,06) eA	48,22 (2,09) dA
XTF	83,39 (4,89) aA	54,76 (2,96) bB
OBF	45,04 (2,32) fA	42,23 (2,01) eB
ABF	39,37 (2,87) gA	33,62 (3,04) fB

Médias (desvios padrões) seguidas por letras distintas (maiúsculas comparando o período de avaliação e minúsculas comparando as resinas compostas) indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$).

Inicialmente, o compósito XTF mostrou a maior dureza, seguido por P60, por Z350 e Z250, este último sem diferença significativa com FBF, e este sem diferença estatística com TBF. Os menores valores de dureza foram observados para ABF, seguido por OBF.

Após a ciclagem erosiva-abrasiva, todas as resinas compostas apresentaram redução da dureza, com exceção do compósito TBF que não mostrou diferença antes e após o envelhecimento. O compósito P60 mostrou a maior dureza, seguido por Z350, XTF e Z250, este último sem diferença significativa com FBF, e este sem diferença estatística com TBF. Os menores valores de dureza após o envelhecimento também foram observados para OBF, seguido por ABF.

6. DISCUSSÃO

Vários estudos utilizando resinas compostas têm sido desenvolvidos com o objetivo de melhorar suas propriedades físicas e mecânicas, aumentar sua longevidade, qualidade estética e facilitar sua manipulação. Contudo os compósitos ainda apresentam algumas limitações como a contração de polimerização, tensão de contração (Van Dijken & Pallesen, 2016) e desgaste (Francisconi et al., 2008). Na tentativa de contornar alguns destes problemas, surgiram no mercado as resinas compostas de incremento único, conhecidas como *bulk fill*, que apresentam baixa contração de polimerização, além de uma lisura superficial e dureza satisfatórias ao longo do tempo (Benetti et al., 2015; Fronza et al., 2015; Moharam et al., 2017).

As restaurações em resina composta presentes na cavidade bucal estão expostas a vários tipos de desgaste, que levam à degradação, entre eles podemos citar o erosivo e o abrasivo. Parte da redução das propriedades mecânicas dos materiais resinosos é atribuída ao processo de degradação química, que compromete a matriz orgânica da resina composta, induzindo o seu amolecimento e lixiviação de monômeros (Francisconi et al., 2008), promovendo assim um aumento da rugosidade, acúmulo de pigmentos extrínsecos e biofilme (Valinoti et al., 2008). O desgaste abrasivo, causado pela escovação, está relacionado a resistência das cerdas das escovas dentais, abrasividade dos dentifrícios e fatores inerentes ao material restaurador, como a composição orgânica e inorgânica (Francisconi et al., 2008; Roselino et al., 2015; Gazola et al., 2015). No presente estudo o processo de escovação foi realizado com escova Colgate Professional, com cerdas retas, compactadas, pontas arredondadas, sendo utilizada o dentifrício Colgate tripla Ação, composto de monofluorfosfato de sódio (1500 ppm), bicarbonato de sódio, sacarina,

umectante, espessante, e água.

A relevância clínica relacionada a rugosidade da superfície pode ser demonstrada de duas maneiras: a primeira é que esta propriedade é fortemente relacionada à susceptibilidade das restaurações à aderência bacteriana e cáries secundárias, fatores que influenciam a longevidade das restaurações e a segunda está associada à perda de brilho e ao manchamento, condições que comprometem a qualidade estética das restaurações (Takahashi et al., 2013; Silva et al., 2014). O limiar de rugosidade de superfície dos materiais restauradores é de $0,20\mu\text{m}$. Portanto, superfícies com rugosidade acima desse limiar facilitam o acúmulo de biofilme, elevando conseqüentemente, o risco de aderência bacteriana, ocorrência de cárie e inflamação periodontal (Takahashi et al., 2013; Silva et al., 2014). Além disso uma rugosidade com valores entre $0,25$ e $0,5\mu\text{m}$ pode ser detectada pelo paciente (Takahashi et al., 2013), sendo assim, as resinas empregadas neste estudo não apresentaram valores mais altos que o aceitável clinicamente, mesmo após o desafio ácido-abrasivo.

Várias técnicas podem ser aplicadas para avaliar a degradação das resinas compostas, após desafios erosivos e abrasivos, como por exemplo a dureza, rugosidade, mudanças de peso, compressão biaxial. Sendo assim, as mudanças das características dos materiais restauradores podem não ser compreendidas por um único teste, exigindo assim a aplicação de diferentes abordagens para uma compreensão completa dos fenômenos (Francisconi et al, 2008; Takahashi et al., 2013). O presente trabalho avaliou a resistência ao desgaste por meio da análise de alterações na rugosidade de superfície e dureza Knoop, como verificado em outros estudos (Francisconi et al., 2008; Valinoti et al., 2008; Takahashi et al., 2013; Roselino et al., 2015; Gazola et al., 2015).

Muitas pesquisas publicadas analisaram separadamente a influência *in vitro* da escovação e ciclagem de pH nas alterações de superfície das resinas compostas (Francisconi et al., 2008; Takahashi et al., 2013; Roselino et al., 2013). No entanto, a degradação de materiais resinosos no ambiente oral é um processo complexo, que envolve mecanismos mecânicos e químicos, esta foi a razão para empregar a associação de erosão e abrasão no presente estudo, simulando uma condição mais próxima das circunstâncias reais no ambiente bucal.

A resistência à abrasão tem sido relacionada com a composição inorgânica das resinas compostas, considerando a influência do tamanho, concentração e forma das partículas de carga (Takahashi et al., 2013; Silva et al., 2014). Esses aspectos levaram as escolhas das resinas compostas para essa pesquisa, utilizando assim compósitos microhíbridos, nanohíbridos, nanoparticulados e também foi avaliado o desempenho de uma nova classe de materiais resinosos, os compósitos *bulk fill*, quanto as propriedades físicas. Cao et al. (2015) relacionaram a resistência à abrasão dos compósitos com a composição da matriz orgânica, quanto maior a quantidade de BisGMA na matriz orgânica do compósito, menor é a sua resistência ao desgaste, desta forma o aumento dos monômeros UDMA e TEGDMA na composição desses materiais pode aumentar a resistência ao desgaste.

Com base nos resultados do presente estudo, os valores de rugosidade dos materiais restauradores foram maiores e os valores de dureza menores, após os espécimes serem submetidos aos desafios erosivo e abrasivo. Antes da ciclagem erosiva-abrasiva, a resina composta XTF apresentou a maior rugosidade média, apresentando valor de $0,087\mu\text{m}$ enquanto os compósitos P60 ($0,026\mu\text{m}$), Z250 ($0,025\mu\text{m}$), Z350 ($0,026\mu\text{m}$), FBF ($0,029\mu\text{m}$) e ABF ($0,028\mu\text{m}$) apresentaram menor rugosidade. OBF ($0,040\mu\text{m}$) e TBF ($0,034\mu\text{m}$) apresentaram valores intermediários

de rugosidade de superfície, sendo que TBF não apresentou diferença estatística dos compósitos que evidenciara menor rugosidade. Os valores encontrados na pesquisa de Silva et al. (2014) foram mais elevados comparados aos valores desse trabalho, podendo ser justificado pelo tempo de envelhecimento das amostras, no primeiro foi de nove semanas e nesse trabalho foram 15 dias, porém eles utilizaram substâncias com pH entre 6,4 e 4,1 e no presente trabalho foi utilizado ácido cítrico com pH de 3,8.

Após o envelhecimento, todas as resinas compostas mostraram aumento nos valores de rugosidade de superfície. O compósito OBF evidenciou a maior rugosidade média com valor de $0,149\mu\text{m}$ seguido por TBF ($0,104\mu\text{m}$) e XTF ($0,112\mu\text{m}$), sem diferença significativa entre si; por FBF ($0,081\mu\text{m}$); por P60 ($0,060\mu\text{m}$), Z250 ($0,068\mu\text{m}$) e ABF ($0,065\mu\text{m}$), também sem diferença entre si; e Z350 com valor de $0,035\mu\text{m}$ que apresentou a menor rugosidade. Esses resultados corroboram com o estudo de Silva et al. (2014), demonstrando que os compósitos nanoparticulados apresentaram menor rugosidade após a ciclagem erosiva e escovação. Os valores apresentados pelos compósitos microhíbridos podem estar relacionados com o tamanho das partículas, uma vez que tais resinas compostas apresentam cargas inorgânicas maiores ($0,4$ a $0,7\mu\text{m}$), quando comparadas com as nanoparticuladas (5 a 20nm), podendo ser removidas mais facilmente durante a escovação (Valinoti et al., 2008; Silva et al., 2014; Fronza et al., 2017).

A grande concentração de partículas de carga pequenas na resina composta nanoparticulada convencional (63,3% em volume) podem explicar os menores valores de rugosidade de superfície, por apresentam menor distância entre elas, servem como barreira contra o desgaste da matriz polimérica desses compósitos, sendo assim podem ser menos desgastadas, quando comparadas às microhíbridas

(Silva et al., 2014). Porém, é possível que os ciclos de desgaste contínuos aumentem a remoção dos aglomerados de zircônia e sílica (0,6 a 1,4nm), induzindo fissuras e aumentando a perda de material e rugosidade de superfície das resinas compostas nanoparticuladas (Silva et al., 2014). Além disso, como o tamanho das partículas inorgânicas das resinas nanoparticuladas são menores que 2µm, o processo de abrasão pode ser mais lento quando comparado aos compósitos híbridos (Roselino et al., 2015). Embora os compósitos microhíbridos apresentem partículas maiores entre os materiais analisados os valores de rugosidade de superfície encontrados foram baixos, podendo ser elucidado pelo fato dos pré-polímeros terem sido desgastados e não removidos após os métodos de envelhecimento (Takahashi et al., 2013; Silva et al., 2014).

Inicialmente, o compósito XTF mostrou a maior dureza, seguido por P60, por Z350 e Z250, este último sem diferença significativa com FBF, e este sem diferença estatística com TBF. Os menores valores de dureza foram observados para ABF, seguido por OBF. As resinas híbridas apresentam valores elevados de dureza, resultante da alta concentração de partículas de carga, entre 50% e 61% e tamanho das partículas (Al Sunbul et al., 2016).

Após a ciclagem erosiva-abrasiva, todas as resinas compostas apresentaram redução da dureza, com exceção do compósito TBF que não mostrou diferença antes e após o envelhecimento, podendo ser justificado pela presença do iniciador *Booster*, em sua composição, que permite a polimerização de até 4mm, aumentando a densidade da rede polimérica e conseqüentemente a resistência à degradação (Al Sunbul et al., 2016). Gazola et al. (2015) observaram que a dureza diminuiu após o compósito de metacrilato ter sido exposto a três bebidas diferentes contendo ácido cítrico com pH entre 3,19 e 3,77, estes resultados sugerem que a ingestão de

bebidas ácidas pode promover o amolecimento da matriz polimérica dos compósitos, levando à degradação da superfície, podendo interferir diretamente nas propriedades físico-mecânicas das restaurações.

O ácido cítrico com pH baixo pode produzir degradação por hidrólise no grupo éster presente nos monômeros de dimetacrilato (BisGMA, UDMA, BisEMA e TEGDMA) presentes nas resinas compostas estudadas, produzindo erosão e dissolução na superfície dos compósitos, afetando negativamente a rugosidade e dureza dos compósitos e levando ao amolecimento da matriz e perda de íons estruturais (Valinoti et al., 2008; Francisconi et al., 2008; Silva et al., 2014).

Na cavidade bucal podem ocorrer interferências dos hábitos da dieta, portanto os resultados obtidos nesse estudo foram realizados em laboratório e mais estudos in situ são necessários para comprovação desses dados.

7. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que as resinas compostas convencionais P60, Z250 e Z350, e *bulk fill* FBF, TBF e XTF apresentaram valores aceitáveis de rugosidade de superfície e dureza, antes e após os ciclos erosivos e abrasivos, o que poderia contribuir para longevidade clínica em longo prazo.

REFERÊNCIAS

1. Rosatto CMP, Bicalho AA, Veríssimo C, Bragança GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D, Versluis A, Soares CJ. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *J Dent* 2015; 43: 1519-1528.
2. Garoushi S, Säilynoja E, Vallittu PK, Lassila L. Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dent Mater* 2013; 29: 835-841.
3. Ferracane JL. Resin composite - state of the art. *Dent Mater* 2011; 27: 29-38
4. Van Dijken JWV, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: a 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent* 2016; 51: 29-35.
5. 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; 42: 375-386.
6. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LES, Martins AA, Ambrosano G, Giannini M. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater* 2015; 31: 1542-1551.
7. Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Polymerization Shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites. *Den Mater* 2016; 32: 998-1006.
8. Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honore D, Pedersen MK, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent* 2015; 40: 190-200.

9. Fronza BM, Ayres A, Pacheco RR, Rueggeberg FA, Dias C, Giannini M. Characterization of inorganic filler content, mechanical properties, and light transmission of bulk-fill resin composites. *Oper Dent* 2017; 42: 445-455.
10. Atalay C, Yazici AR, Horuztepe A, Nagas E, Ertan A, Ozgunaltay G. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with bulk fill, bulk fill flowable, fiber-reinforced, and conventional resin composite. *Oper Dent* 2016; 41: E131-E140.
11. Toh W, Yap AUJ, Lim SY. In vitro biocompatibility of contemporary bulk-fill composites. *Oper Dent* 2015; 40: 644-652.
12. Moharam LM, El-Hoshy AZ, Abou-Elenein K. The effect of different insertion techniques on the depth of cure and vickers surface micro-hardness of two bulk-fill resin composite materials. *J Clin Exp Dent* 2017; 9: 266-271.
13. Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Surface and bulk properties of dental resin composites after solvent storage. *Dent Mater* 2016; 32: 987-997.
14. Ilie N, Kebler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *J Dent* 2013; 41: 695-702.
15. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater* 2014; 30: 1104-1112.
16. Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. *J Dent* 2015; 43: 209-218.
17. Campos EA, Ardu S, Lefever D, Jasse FF, Bortolotto T, Krejci I. Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *J Dent* 2014; 42: 575-581.

18. Rauber GB, Bernardon JK, Vieira LCC, Maia HP, Horn F, Roesler CRM. In Vitro fatigue resistance of teeth restored with bulk fill versus conventional composite resin. *Braz Dent J* 2016; 27: 452-457.
19. Valinoti AC, Neves BG, Silva EM, Maia LC. Surface degradation of composite resins by acidic medicines and pH-cycling. *J Appl Oral Sci* 2008; 16: 257-265.
20. Silva EM, Rodrigues CU, Dias DA, Silva S, Amaral CM, Guimarães JG. Effect of toothbrushing mouthrinse-cycling on surface roughness and topography of nanofilled, microfilled, and microhybrid resin composites. *Oper Dent* 2014, 39: 521-529.
21. Francisconi LF, Honório HM, Rios D, Magalhães AC, Machado MA, Buzala MA. Effect of erosive ph cycling on different restorative materials and on enamel restored with these materials. *Oper Dent* 2008; 33: 203-208
22. Gazola EA, Rego MA, Brandt WC, D'Arce MBF, Liporoni PC. Microhardness evaluation of silorane and methacrylate composites submitted to erosion and abrasion processes. *Acta Biomater Odontol Scand*, 2015; 1: 66-69.
23. Cao L, Zhao X, Gong X, Zhao S. An in vitro investigation of wear resistance and hardness of composite resins. *Int J Clin Exp Med* 2013; 6: 423-430.
24. Takahashi R, Jin J, Nikaido T, Tagami J, Hickel R, Kunzelmann KH. Surface characterization of current composites after toothbrush abrasion. *Dent Mater J* 2013; 32: 75-82.
25. Roselino LM, Chinelatti MA, Alandia-Román CC, Pires-de-Souza FC. Effect of brushing time and dentifrice abrasiveness on color change and surface roughness of resin composites. *Braz Dent J* 2015; 26: 507-513.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial desta obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ana Paula França Barbosa Brunelli

Taubaté, Março de 2018