UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Amanda Bettker

COMPORTAMENTO DE DESGASTE DO DENTE EM CONTATO COM RESINA COMPOSTA CONVENCIONAL VS. BULK FILL

Passo Fundo

2022

Amanda Bettker

COMPORTAMENTO DE DESGASTE DO DENTE EM CONTATO COM RESINA COMPOSTA CONVENCIONAL VS. BULK FILL

Dissertação apresentada ao Programa de Pósgraduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação do profa. Dra. Márcia Borba.

Passo Fundo

2022

Folha reservada para Ata de aprovação da Banca Examinadora

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a. Após, faça a substituição pela Ata de aprovação fornecida pela Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho. Folha reservada para Ficha catalográfica

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a. Após, faça a substituição pela Ficha Catalográfica fornecida pela Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho

BIOGRAFIA DO AUTOR

Amanda Bettker, nascida no dia 26 de dezembro de 1995 em Santo Ângelo/RS, graduada em Odontologia – Bacharelado no Instituto de Desenvolvimento Educacional do Alto Uruguai – Getúlio Vargas/RS, tendo colado grau no dia 01 de fevereiro de 2020.

Sempre possuiu boas notas na escola, sendo um pouco agitada e sem paciência para aulas muito longas, mesmo assim, nunca pegou recuperação. Não sabia exatamente qual curso seguir quando se formou, sabia apenas que queria estudar, para poder se tornar independente financeiramente.

Prestou vestibular para áreas como Direito; Engenharia; Odontologia. Passou primeiramente em Direito, cursou um ano e não se identificou com o curso, durante o mesmo, passou em Engenharia pela UFFS – Cerro Largo, depois de pensar um pouco largou o FIES do Direito e foi para a Engenharia na Federal.

Passado um tempo, percebeu que ali também não era seu lugar, continuou prestando ENEM, onde passou em Odontologia através do PROUNI e resolveu, mais uma vez, desistir de um curso, se mudou para longe da família, passou por inúmeras situações, inclusive perder sua irmã em um acidente de carro. O que a fez questionar sua vida. Mesmo assim, uniu forças e seguiu. Agora, com esforço, abdicações e foco conclui seu Mestrado.

OFERECIMENTOS E AGRADECIMENTOS

Início dedicando meus agradecimentos a mim, minha família, Deus, amigos, meus cachorros (Cacau e Amendoim) e ao meu namorado pelo apoio e incentivo durante todo este tempo. Também, à minha orientadora Márcia Borba que não mediu esforços para me auxiliar durante todo o mestrado.

À UPF e UFRGS pelos recursos utilizados na realização da pesquisa e análise dos resultados.

Ainda, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – PROSUC – Modalidade II - Código de Financiamento 001.

Agradeço também ao apoio da 3M Oral Care – Brasil, que auxiliou com a doação dos materiais da marca que foram utilizados para realização da pesquisa.

"Você é um espelho Que reflete a imagem do senhor Não chore se o mundo ainda não notou Já é o bastante Deus reconhecer o seu valor" *Raridade - Canção de Anderson Freire*

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	.08
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS	.11
1. INTRODUÇÃO	.14
2. REVISÃO DE LITERATURA	.18
 2.1 Materiais restauradores diretos 2.1.1 Resinas Bulk Fill 2.2 Desgaste	18 22 25 31
4. MATERIAIS E MÉTODOS	
 4.1 Preparo dos corpos-de-prova 4.2 Preparo dos antagonistas	37 41 42 44 46 47
5.1 Ánalise quantitativa5.2 Ánalise qualitativa6. DISCUSSÃO	47 50 54
 6.1 Comportamento de Desgaste Dental 6.2 Comportamento de desgaste das resinas compostas 6.3 Metologia 7. CONCLUSÕES 	55 57 59 61
REFERÊNCIAS	63
APÊNDICES	72
ARTIGO PARA SUBMISSÃO	70

LISTA DE TABELAS

Quadro 1. Quadro comparativ	vo das o	característic	eas das re	esinas utiliza	das
no estudo					.25
Quadro 2. Fluxograma do pano	orama n	netodológia	co geral d	o estudo	.36
Tabela 1 – Médias e desvio pa dos corpos-de-prova ciclos	drão da de	largura e c resina	comprime por	ento de desga número	nste de .49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (A) G10 sendo cortado com disco diamantado em cortadeira metalográfica; (B) Configuração final do substrato G1036
Figura 2 – A; B; C e D: Tratamento da superfície do G10 e avaliação da potência do fotopolimerizador37
Figura 3 – A; B; C e D: Confecção das resinas sob o G10 com auxílio de matriz
Figura 4 – A; B; C e D: Preparo para inserção e acrilização dos antagonistas no suporte da máquina com ângulo de 45° ao longo eixo do suporte
Figura 5 – A; B; C e D: Máquina de ensaio de desgaste com os corpos-de- prova e antagonistas inseridos em posição de acordo com a configuração do teste42
Figura 6 – Imagens representativas de MEV da superfície de desgaste de um dente testado por 100 mil ciclos do grupo BF: (A) cúspide dental; (b) zonas de desgaste43
Figura 7 – A: Sobreposição das imagens do antes e depois do dente no software Geomagic Wrap; B: Delimitação da área de interesse de desgaste; C: Análise computadorizada do volume pelo programa de desgaste do dente após o teste de desgaste44
Figura 8 – A: Imagem ilustrativa do microscópio com o corpo-de-prova acoplado para realização da imagem; B: Demarcação da escala em mm via aplicativo AxioVision45
Figura 9 – Gráfico com dados de largura (A) e comprimento (B) de desgaste dos corpos-de-prova das resinas testadas (RC e BF) em diferentes números de ciclos. As barras de erro correspondem ao desvio-padrão47
Figura 10 - Gráfico com média e desvio-padrão volume de desgaste dos dentes testados contra RC e BF em diferentes tempos48
Figura 11 – Imagens representativas em MEV da superfície de desgaste dos dentes antagonistas após 100 mil ciclos. Imagens (A) e (B) grupo BF;

LISTA DE ABREVIATURAS

AFM - Monômero De Adição-Fragmentação AUDMA - Dimetacrilato De Uretano Aromático BF - Filtek[™] One Bulk Fill 3m Espe BFF - Bulkfill Flow Bis-GMA - Bisfenol Glicidil Metacrilato CSC - Charisma Smart Composite - Resina Micro-Hibrida EDMA - Etileno Glicol Dimetacrilato EFF - Equia Forte Fil FBF - Resina Filtek Bulk Fill FBF - Resina Flow Do Tipo Bulk Fill G10 - Material Análogo À Dentina HD - Resina Esthet X Hd HU - Resina Herculite Ultra MEV - Microscopia Eletrônica De Varredura RC - Filtek[™] Z350 Xt 3m Espe RN - Resina Nanocerâmica SDR - Resina Flow SF - Resina Sonicfill SU - Resina Filtek Supreme Ultra TB - Resina Tetric Evoceram Bulk Fill TEC - Resina Tetric Evoceram TEGDMA - Trietileno Glicol Dimetacrilato UDMA - Uretano Dimetacrilato UPF - Universidade de Passo Fundo VD - Resina Venus Diamond VL - Vitro-Cerâmica Reforçada Por Leucita Z - Resina Z100

RESUMO

Materiais restauradores diretos são utilizados em larga escala na odontologia, devido a propriedades mecânicas, ópticas e facilidade de uso para o profissional. Pensando nisso, resinas compostas do tipo Bulk-Fill foram desenvolvidas para facilitar ainda mais o dia-a-dia clínico, por aceitarem incrementos maiores que resinas convencionais. O objetivo deste estudo é verificar o desgaste gerado em elementos dentais hígidos antagonistas e nos corpos-de-prova de resina composta, utilizando uma resina do tipo Bulk-Fill nanohíbrida de consistência regular (BF) e uma resina nanohíbrida convencional (RC). Foram produzidos corpos-de-prova das resinas compostas nas dimensões de 8x8x2mm sobre um substrato análogo à dentina. O ensaio de desgaste foi realizado em uma máquina de ciclagem pneumática, calibrada em 49 N de carga, frequência de 2 Hz, em água a 37º em diferentes tempos 100; 250 e 500 mil ciclos (n=8), simulando o ambiente oral. Imagens da superfície de desgaste dos corposde-prova foram realizadas em estéreomicroscópio e as facetas de desgaste foram mensuradas em largura e comprimento através do software ImageJ. Os antagonistas foram escaneados através de microtomografia antes e após o ensaio de desgaste, as imagens geradas foram sobrepostas através do software Geomagic Wrap e o volume de desgaste dos mesmos foi mensurado. Análise qualitativa da progressão de danos no dente foram obtidas em MEV. Os dados obtidos foram analisados com Anova de dois fatores e teste de Tukey ($\alpha = 0.05$). Para o volume de desgaste, houve significância para o fator material (p=0.02), sendo que a RC resultou em maior desgaste do dente do que a BF. Na análise qualitativa, poucas trincas estão presentes no esmalte e não foram observadas alterações significativas nas características de desgaste ao longo do tempo. O desgaste em comprimento variou de acordo com o tempo/material, porém na largura o desgaste foi maior no grupo RC. Conclui-se que o desgaste dental foi influenciado pelo tipo de resina composta, sendo maior quando avaliado contra a resina nanohíbrida convencional. Entretanto, o volume de desgaste dental foi muito pequeno para ambos materiais e o padrão de desgaste foi suave, com poucos danos.

Palavras-chave: Resinas Compostas; Desgaste dos dentes; Desgaste de Restauração Dentária.

ABSTRACT¹

Direct restorative materials are widely used in dentistry, due to their mechanical and optical properties and ease of use for the professional. With this in mind, Bulk-Fill composite resins have been developed to make day-to-day clinical practice even easier, as they accept larger increments than conventional resins. The aim of this study is to verify the wear generated on antagonist healthy dental elements and composite resin specimens using a Bulk-Fill nanohybrid resin of regular consistency (BF) and a conventional nanohybrid resin (RC). Specimens of the composite resins were produced in the dimensions of 8x8x2mm on a substrate analogous to dentin. The wear test was performed in a pneumatic cycling machine, calibrated at 49 N load, frequency of 2 Hz, in water at 37° in different times 100; 250 and 500 thousand cycles (n=8), simulating the oral environment. Images of the wear surface of the specimens were taken under a stereomicroscope and the wear facets were measured in width and length using ImageJ software. The antagonists were scanned using microtomography before and after the wear test, the images generated were superimposed using Geomagic Wrap software and their wear volume was measured. Qualitative analysis of tooth damage progression were obtained on SEM. The data obtained were analyzed with twoway ANOVA and Tukey's test (= 0.05). For wear volume, there was significance for the material factor (p=0.02), with CR resulting in greater tooth wear than BF. In the qualitative analysis, few cracks are present in the enamel and no significant changes were observed in the wear characteristics over time. The wear in length varied according to time/material, but in width the wear was greater in the RC group. It was concluded that tooth wear was influenced by the type of composite resin, being higher when evaluated against the conventional nanohybrid resin. However, the amount of tooth wear was very small for both materials and the wear pattern was smooth, with little damage.

Key words: Composite Resins; Tooth Wear; Dental Restoration Wear

¹ Wear behavior of the tooth in contact with conventional composite resin vs. Bulk fill

1. INTRODUÇÃO

Os materiais restauradores diretos são aperfeiçoados continuamente, por meio de pesquisas e estudos clínicos, na tentativa de restaurar função e estética aos elementos dentais de forma prática nos consultórios odontológicos, com isso inúmeros materiais são inseridos continuamente no mercado (CONCEIÇÃO, 2010; YU et al., 2017). Na odontologia os avanços de técnicas adesivas, aliados à evolução das resinas compostas têm grande influência na tomada de decisão da utilização de cada material, visando a longevidade e praticidade de uso dos mesmos (BALKAYA et al., 2019).

A busca por materiais estéticos e biocompatíveis, que apresentem propriedades físicas e mecânicas parecidas aos tecidos naturais é o foco dos pesquisadores e fabricantes. Além disso, compósitos restauradores diretos têm sido preferidos vs. métodos indiretos devido às vantagens como única sessão, curto tempo de execução, estética, capacidade de proteger tecidos dentários e por possuírem menor custo. Cabe ao dentista decidir qual é o melhor material restaurador direto, para tal é preciso entender a composição e propriedades básicas dos materiais dentários (BALKAYA et al., 2019; CONCEIÇÃO, 2010; RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010).

As resinas compostas do tipo Bulk Fill foram lançadas no mercado odontológico com o intuito de diminuir o tempo clínico e facilitar a técnica para o cirurgião-dentista. As resinas Bulk Fill podem ser usadas sozinhas ou combinadas com uma camada de resina composta convencional. Podese confeccionar as restaurações de resinas Bulk Fill com incrementos de 4 a 6 mm de espessura. As resinas compostas do tipo Bulk Fill estão disponíveis comercialmente com viscosidade baixa (tipo flow) ou regular (ARBILDO-VEGA *et al.*, 2020; HAUGEN *et al.*, 2020; VICENZI e BENETTI, 2018; ARAÚJO et al., 2022).

Segundo o fabricante da resina Filtek[™] One Bulk Fill 3M ESPE, EUA (BF), é possível atingir a fotoativação em incrementos de até 5 mm. Essa fotoativação de grandes incrementos, além da resina Bulk Fill é possível aliada a qualidade da fonte de luz do fotoativador, relata-se que a técnica incremental não era dependente da fonte de luz, já a inserção em grandes incrementos, sim (ARAÚJO et al., 2022). A respeito da resina, essas alterações caraterísticas acontecem devido à presença dos monômeros Dimetacrilato de Uretano Aromático (AUDMA) e Monômero de Adição-Fragmentação (AFM) na matriz polimérica. O AFM serve como atenuador da tensão de polimerização, fazendo com que os grupos de polimerização se fragmentem e depois se polimerizem novamente em uma dimensão reduzida. Já o AUDMA auxilia na redução da quantidade de tensão e contração durante a polimerização. Além disso, essas resinas são mais translúcidas, o que permite que a luz alcance uma profundidade maior do material durante o processo de fotoativação (3M ORAL CARE, [s. d.]).

Um dos principais motivos pelas quais camadas maiores que 2 mm não podem ser utilizadas em resinas compostas convencionais são a profundidade limitada de cura e o aumento da contração de polimerização na interface entre o dente e o material restaurador, o que pode resultar em falhas na restauração. Entretanto, os relatos mais atuais sobre os compósitos Bulk Fill são de que possuem boa adaptação nas cavidades e bom grau de conversão devido suas alterações na composição, e em comparação com resinas compostas convencionais, exibem menor contração de polimerização. Essas características trazem uma grande inovação para a área odontológica, especialmente se esses materiais conseguirem manter ou superar as demais propriedades mecânicas e ópticas observadas nos compósitos convencionais considerados padrão ouro (BALKAYA et al., 2019).

A literatura mostra que materiais restauradores podem sofrer desgaste em sua superfície, quando em contato com os elementos dentais antagonistas (BORBA *et al.*, 2020; NOGUEIRA, 2020). Com isso, algumas questões tornam-se pertinentes: O dente antagonista em contato com restaurações de resina composta por longos períodos também sofre desgaste? Quais são as características desse desgaste dental progressivo? Quais as consequências do desgaste para as resinas compostas? Características especificas dos diferentes tipos de resinas compostas podem influenciar o padrão de desgaste? É necessário recobrir a camada final da resina Bulk Fill regular com resina composta convencional?

O desgaste desproporcional, tanto do elemento antagonista, como da restauração pode acarretar em problemas estéticos e funcionais na restauração e articulações. O desgaste, pode ainda levar à fraturas precoces de reabilitações. Por fim, o desgaste na cavidade oral não é desejado, exceto quando utilizado para acabamento e/ou polimento de restaurações (ANUSAVICE et al., 2013; BORBA et al., 2020; CHAIN, 2013; HEINTZE et al., 2019).

Estudos têm demonstrado sucesso clínico de restaurações de compósitos do tipo Bulk Fill vs. resinas compostas convencionais (ARBILDO-VEGA et al., 2020; BALKAYA et al., 2019; CIDREIRA BOARO et al., 2019; ROULET et al., 2020). Entretanto, os estudos

clínicos ainda são de curto prazo e o desgaste é um tema pouco aprofundado (ARBILDO-VEGA *et al.*, 2020). Além disso, existem poucos estudos que avaliaram o desgaste de compósitos do tipo Bulk Fill em laboratório, e nenhuma investigação utilizou o dente humano hígido como antagonista das restaurações (CIDREIRA BOARO *et al.*, 2019).

Ainda, com esta pesquisa pode-se observar se é necessário recobrir a resina Bulk Fill de consistência regular em sua camada final, para resistência ao desgaste. Pois estudos atuais recomendam o recobrimento final da restauração com resina convencional, para apresentarem maior resistência ao desgaste, já que resinas Bulk Fill Flow apresentam menor capacidade de resistência ao desgaste (CIDREIRA BOARO *et al.*, 2019; ROULET *et al.*, 2020).

Avaliar o desgaste clínico de um dente versus uma restauração odontológica é um desafio, pois envolve variáveis, como: força de mordida exercida, hábitos parafuncionais, antagonista envolvido, restauração utilizada e posição do dente restaurado. Além disso, os tipos de acabamento de superfície dos materiais afetam o comportamento de desgaste final (BORBA *et al.*, 2020). A capacidade que resinas compostas possuem de desgastarem o dente humano está diretamente ligada ao tamanho, dureza e conteúdo das partículas na composição da mesma (SRIPETCHDANOND e LEEVAILOJ, 2014). Em laboratório, é mais fácil controlar as variáveis envolvidas no desgaste para caracterizar de forma mais padronizada o comportamento do dente e material restaurador.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Materiais restauradores diretos

Procedimentos restauradores diretos possuem a grande vantagem de serem realizados diretamente pelo cirurgião dentista, não necessitando de envios ao laboratório para conclusão dos trabalhos, entretanto também depende da técnica restauradora empregada, do material utilizado e da atuação do dentista no dia a dia clínico (CONCEIÇÃO, 2010; YU et al., 2017). Entre os materiais disponíveis para restaurações diretas destacamse as resinas compostas.

Resinas compostas iniciaram a ter sucesso na odontologia na década de 40, porém apresentando características como baixa resistência ao desgaste, expansão térmica e contração de polimerização elevada. Assim, fabricantes inseriram partículas inorgânicas no seu interior tentando diminuir essas falhas, que trouxe falta de união entre matriz e partículas de carga, diminuindo resistência e aumentando o desgaste do material. Contudo, em 1962, R.L. Bowen criou um novo compósito com matriz bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA) que é uma molécula advinda de uma reação entre bisfenol-A, glicidil metacrilato e partículas de carga silanizadas, apresentando peso molecular maior, baixa liberação de calor durante a reação e contração de polimerização menor do que o metil metacrilato. Desde então as novas resinas criadas são baseadas no polímero desenvolvido por Bowen com algumas modificações (ANUSAVICE et al., 2013; CONCEIÇÃO, 2010).

Por um grande período na odontologia as resinas compostas eram indicadas apenas para utilização em dentes anteriores, entretanto, atualmente, são muito utilizadas também em posteriores, pois as resinas estão em constante evolução e pela busca dos pacientes por restaurações mais estéticas. A melhoria dos resultados de restaurações com resina composta foi possível devido ao desenvolvimento e melhoramento de sistemas adesivos resinosos, bem como o uso de condicionadores ácidos, que trazem benefícios como vedamento da restauração/dente, maior resistência a fratura e melhoramento da condição de retenção das mesmas (RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010).

As matrizes resinosas das resinas compostas são constituídas por monômeros convertidos em polímeros durante a reação de polimerização. São compostas normalmente pelos monômeros Bis-GMA ou uretano dimetacrilato (UDMA), e podem ser adicionados monômeros diluentes como o TEGDMA (trietileno glicol dimetacrilato) e/ou EDMA (etileno glicol dimetacrilato). Os monômeros diluentes tem a função de diminuir a viscosidade do material, já que o Bis-GMA e o UDMA tem alto peso molecular, sendo extremamente viscosos (CONCEIÇÃO, 2010; RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010)

O silano é uma molécula importante na composição das resinas compostas pois possui a capacidade de unir a matriz orgânica polimérica com a carga inorgânica, também copolimeriza com monômeros que formam a matriz resinosa, auxiliando inclusive na inibição da penetração de água na interface partícula-resina (ANUSAVICE et al., 2013).

E por fim, as resinas possuem no seu interior agentes iniciadores, que desempenham o papel de reação de polimerização. As resinas compostas utilizadas para restaurações diretas são fotoativadas. Nesse caso, a reação de polimerização ocorre pela ação de moléculas de amina iniciadoras e molécula fotossensível (canforoquinona), que iniciam o processo de polimerização com uso fotopolimerizadores de luz visível de onda azul, esses emitem luz com espectro de comprimento de onda de 450-486 nm (ANUSAVICE et al., 2013; ASSAF et al., 2020).

Resinas compostas podem ser classificadas de várias maneiras, a classificação a seguir utilizada é referente quanto o tamanho das partículas de carga. Quanto menor o tamanho da partícula de carga, menor a fluidez. Podem ser macroparticuladas, microparticuladas, híbridas, nano-híbridas, hibridas de baixa viscosidade e nanopartículadas (CONCEIÇÃO, 2010; RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010).

Resinas macroparticuladas são o grupo de resinas que possuem partículas de maior tamanho entre 1 e 100 μ m, o que aumenta sua rugosidade superficial e tornam-se restaurações difíceis de polir, além de terem menor brilho superficial e maior possibilidade de manchamento, por isso não são mais tão utilizadas atualmente (CONCEIÇÃO, 2010; RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010).

Resinas microparticuladas possuem partículas de 0,01 a 0,1 µm, possuindo em torno de 50% de sílica coloidal, com melhor lisura superficial, são pouco resistentes mecanicamente pois possuem pouca matriz inorgânica e a adesão entre a matriz de resina e a carga inorgânica é relativamente fraca, as tornando um pouco desvantajosas, em contra partida estão entre as que possuem melhores características de polimento (ANUSAVICE et al., 2013; CONCEIÇÃO, 2010; RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010).

Resinas híbridas são compostas de macro (1 a 10 μ m) e micropartículas (0,02 a 0,04 μ m), unindo características de dois grupos,

geralmente possuem entre 20% de sílica coloidal e 60% de micropartículas, resultando em uma carga inorgânica de até 80% em peso do material, resultando em características mecânicas superiores, são resinas de uso geral, adequadas para certas áreas de grande solicitação mecânica, onde a estética predomina, como por exemplo bordas incisais, classe IV e pequenas cavidades sem contato oclusal (ANUSAVICE et al., 2013; CONCEIÇÃO, 2010; RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010).

Resinas nano-hibridas apresentam combinação de partículas menores $(0,04 \ \mu\text{m})$ e maiores (até 2 μm) e possuem comportamento mecânico parecido com as hibridas, porem com cargas de menor tamanho (RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010).

Resinas hibridas de baixa viscosidade são conhecidas também como resinas fluidas ou resinas *flow*, essas possuem o mesmo tamanho de partículas das resinas híbridas em menor quantidade, entre 60 a 70% de carga, com mais diluente na sua formula, para apresentarem baixa viscosidade durante a aplicação, facilitando assim que a mesma se espalhe uniformemente e adapte-se intimamente aos formatos das cavidades, principalmente em casos de difícil acesso (ANUSAVICE et al., 2013; RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010).

Resinas nanoparticuladas possuem partículas de carga entre 1 a 100 nanômetros, com aproximadamente 78% de peso, são as que possuem melhor lisura superficial de todas as resinas e um bom comportamento mecânico, nessas as partículas estão em um aglomerado tridimensional, que acabam por elevar a viscosidade, resultando em compósitos com excelentes propriedades ópticas e boas propriedades de polimento (ANUSAVICE et al., 2013; RUSSO e CRIVELLO JUNIOR, 2010).

2.1.1 Resinas Bulk Fill

As resinas Bulk Fill foram lançadas com o intuito de diminuir o tempo clínico e facilitar a técnica para o cirurgião-dentista. Elas são resinas com propriedades de baixa contração e possibilitam a inserção de incrementos maiores de resina, sem que isso influencie sua capacidade de fotopolimerização e contração. Enquanto são indicados incrementos de 2 mm para confecção de restaurações com as resinas convencionais, as Bulk Fill permitem o dobro de tamanho ou mais, pois essas possuem alta translucidez, fazendo com que a luz alcance uma profundidade maior e fotoative a resina em uma espessura maior (ARBILDO-VEGA et al., 2020; HAUGEN et al., 2020; VICENZI e BENETTI, 2018).

Resinas Bulk Fill apresentam diferentes estratégias para reduzir a contração, tais como: componentes que podem interagir com o a luz do fotopolimerizador e alterar a tecnologia de polimerização, também incorporar mais de um fotoiniciador, tornar a conversão mais lenta, inserir monômeros com alto peso molecular e utilizar um volume de carga menor, e também inserir partículas de carga maiores para que a passagem de luz seja facilitada. Sugere-se que um modulador de polimerização de alto peso molecular pode reduzir a contração volumétrica, já que o mesmo atrasa o ponto gel, aumentando a viscosidade e permitindo mais tempo para compensar o encolhimento (HAUGEN et al., 2020; VICENZI e BENETTI, 2018).

Resinas Bulk Fill podem ser usadas na técnica de passo único, sem necessitar o uso de outra camada de resina sobre ela. Porém, alguns estudos demonstraram que suas propriedades mecânicas são menores se comparadas a compósitos resinosos convencionais, então o uso em locais com alta carga oclusal se torna mais duvidoso, mesmo que o fabricante recomende para tal. Nesses casos pode-se utilizar uma técnica combinada, em que é adicionado uma camada de 2 mm de uma resina composta convencional na região oclusal da restauração. As resinas compostas do tipo Bulk Fill estão disponíveis comercialmente com viscosidade baixa (tipo flow) ou regular (VICENZI e BENETTI, 2018).

Um estudo avaliou o grau de conversão e contração de polimerização de resinas compostas convencionais e do tipo Bulk Fill (flow e regular). As avaliações foram feitas nas profundidades de 2 mm, 4 mm e 6 mm por meio de Espectroscopia de Infravermelho (FITR). Os autores relatam que o grau de conversão e contração de polimerização são estritamente dependentes do produto/profundidade. Não encontraram diferença nos resultados obtidos nas profundidades de 2 e 4 mm, mas foram observadas diferenças entre 2 mm e 6 mm. Concluíram que as resinas compostas do tipo Bulk Fill não deveriam ser fotoativadas com espessura maior que 4 mm, mesmo em situações recomendas pelos fabricantes, com exceção de uma marca comercial que obteve os melhores resultados (*Smart Dentin Replacement*) (YU et al., 2017).

Um estudo avaliou o desempenho geral e a capacidade de polimerização de três tipos de resinas compostas, uma convencional (TEC - Tetric EvoCeram), uma flow (SDR Flow) e uma flow do tipo Bulk Fill (FBF - FiltekTM Bulk Fill Flowable Restorative). O estudo encontrou que não houve diferença significativa para contração de polimerização, também não houve aumento significativo do grau de conversão pós-cura entre as resinas avaliadas. A rugosidade superficial diminui na ordem TEC \rightarrow SDR \rightarrow FBF, após teste de abrasão com escova e pasta dental. Os materiais do tipo Bulk Fill tiveram desempenho semelhantes ou iguais na maioria dos testes, exceto pela dureza, módulo de elasticidade e biocompatibilidade com osteoblastos (como 40% das células osteoblásticas foram afetadas por FBF, seu uso em cavidades profundas classe II devem ser evitadas). As propriedades mecânicas dos compósitos Bulk Fill foram menos desejáveis, indicando que resinas Bulk Fill flow devem ter a superfície oclusal coberta por resina composta convencional (HAUGEN *et al.*, 2020).

No presente estudo, um dos materiais avaliados é a resina composta BF. Essa resina é nanoparticulada (Quadro 1) e, segundo o fabricante, seu diferencial é a presença dos monômeros AUDMA e AFM na matriz polimérica. Segundo o fabricante, o AFM serve como atenuador da tensão de polimerização, fazendo com que os grupos de polimerização se fragmentem e depois se polimerizem novamente em um estado menor de dimensão, assim reduzindo a tensão de polimerização. Já o AUDMA é um monômero maior que o dimetacrilato, auxiliando na redução da quantidade de tensão e contração durante a polimerização. O fabricante indica o uso da mesma em restaurações diretas anteriores e posteriores (incluindo superfícies oclusais). Além disso, o fabricante recomenta que os incrementos sejam de até 5 mm de espessura, mais que o dobro que resinas convencionais suportam (3M ORAL CARE, [s. d.]).

A resina convencional utilizada no estudo será a FiltekTM Z350 XT 3M ESPE, EUA (RC). Segundo o fabricante essa resina também é nanoparticulada, composta por zircônia e sílica (Quadro 1). O monômero utilizado é o TEGDMA que tem função de polimerizar e diminuir a viscosidade do material (3M ORAL CARE, [s. d.]).

	Filtek [™] Z350 XT 3M ESPE	Filtek™ One Bulk Fill 3M ESPE			
Incremento	até 2 mm	até 5 mm			
Partícula*	Nanopartículas	Nanopartículas			
Composição	Zircônia e Sílica	Zircônia e Sílica			
básica*					
Matriz orgânica*	BIS-GMA, BISEMA,	AFM, AUDMA,			
	UDMA, TEGDMA	DDDMA, UDMA			
Uso em anteriores*	SIM	NÃO			
Uso em posteriores*	SIM	SIM			
% matriz	78,5% em peso (59,5%	76,5% em peso (58,4%			
inorgânica*	volume)	volume)			
Microdureza Escala Vickers - Saliva (Inicial)**	83,6 (±4,5)	56,8(±5,3)			
polimerização 550-	Х	20 s por face (OVL)			
1000 mw/cm ² *	20				
polimerização	20 s por incremento	10 s por face (OVL)			
1000-2000					
mw/cm ^{2*}					
* Características reportadas pelo fabricante. ** (I IMA et al. 2021)					
(LIMA 01 al., 2021).					

Quadro 1: Quadro comparativo das características das resinas utilizadas no estudo.

2.2 Desgaste

O desgaste pode ser definido como a perda contínua de material da superfície de uma estrutura durante o uso. O desgaste dental pode ocorrer por atrição, abrasão e erosão. O desgaste por atrito é aquele que acontece por contatos oclusais, envolvendo dois corpos. Pode ocorrer desgaste das estruturas dentais em elementos antagonistas por má oclusão, pressão e constante fricção, especialmente em casos de bruxismo. O desgaste por abrasão acontece quando três corpos estão em interação, como durante a escovação dos dentes com pasta dental e escova dental. Já a erosão acontece por perda de superfície por efeitos químicos, sendo esses intrínsecos ou extrínsecos (ANUSAVICE et al., 2013; BORBA et al., 2020; CHAIN, 2013; HEINTZE et al., 2019).

O desgaste pode trazer consequências estéticas, problemas com as polpas dentais e deficiências funcionais que acarretam na alteração da oclusão, podendo levar à consequência nas articulações. Além disso, existe o receio que durante o desgaste e resinas compostas ocorra a inalação e ou ingestão de partículas, que podem estar ligadas a doenças no fígado, rim, pulmão e intestino. O desgaste também pode levar a fraturas prematuras das reabilitações. No meio bucal o desgaste não é desejado, somente para acabamento e polimento de restaurações (ANUSAVICE et al., 2013; BORBA et al., 2020; CHAIN, 2013; HEINTZE et al., 2019).

Medir o desgaste clínico de um dente contra uma restauração é um desafio, pois envolve inúmeras variáveis. O desgaste pode ser afetado por fatores como força de mordida exercida, existência de hábitos parafuncionais, tipo de antagonista envolvido, tipo de restauração utilizada e posição do dente restaurado. Se a análise for relacionada ao desgaste gerado em pré-molares e molares, o desgaste em pré-molares será menor pois a superfície de contato é menor e a força de mastigação também. Além disso, fatores como as propriedades e acabamento de superfície dos materiais afetam o comportamento de desgaste (BORBA *et al.*, 2020).

Materiais restauradores dentários apresentam desgaste, sejam de curto ou longo prazo. Porém, o fator paciente também influencia em torno de 50% na variabilidade de desgaste do material utilizado. Materiais restauradores estão sujeitos a sofrerem desgaste desde o momento que são inseridos na cavidade oral. Existe um fenômeno denominado desgaste por adesão, que ocorre quando duas superfícies sólidas entram em contato uma com a outra deslizando sobre as mesmas com pressão, essa pressão faz com que essas superfícies se deformem plasticamente e eventualmente se unam (HEINTZE et al., 2019).

A saliva tem fator fundamental nas consequências do desgaste na cavidade oral, pois funciona como um lubrificante da mesma, reduzindo possíveis atritos e consequentemente o desgaste. Se, substâncias ácidas forem acrescentadas no processo a taxa de desgaste pode ser acelerada drasticamente, essas substâncias podem ser alimentos ácidos e ácido gástrico. Por isso, o fator paciente influencia também nas taxas de desgaste, se o paciente ingere alimentos ácidos com frequência consequentemente irá apresentar maiores taxas de desgaste (HEINTZE et al., 2019).

A capacidade de resinas compostas desgastarem o dente humano está ligada ao tamanho, dureza e conteúdo das partículas na composição da mesma, os materiais mais recentes são mais resistentes ao desgaste da dentição oposta, pois recebem constante melhoramento de composição e matriz resinosa (SRIPETCHDANOND e LEEVAILOJ, 2014).

Um estudo avaliou o desgaste gerado em dente hígido antagonista de zircônia monolítica; vitro-cerâmica à base de dissilicato de lítio; esmalte dental e resina composta. Foi utilizado no estudo 24 molares permanentes hígidos e 6 corpos-de-prova de cada material, preparados e testados sob uma carga de 25 N a 20 rpm por 4800 ciclos em um ensaio de desgaste do tipo pino disco (*pin on disk*). Concluíram que a zircônia monolítica e a resina composta desgastaram menos o dente antagonista do que a vitro-cerâmica e o esmalte humano. Além disso, somente a resina composta não aumentou a rugosidade da superfície do esmalte após os o ensaio de desgaste (SRIPETCHDANOND e LEEVAILOJ, 2014).

Um estudo utilizou sete tipos de resina composta, são elas: 1) Esthet • X HD (HD) (Dentsply Caulk); 2) Filtek Supreme Ultra (SU) (3M ESPE); 3) Herculite Ultra (HU) (Kerr Corporation Orange); 4) SonicFill (SF) (Kerr Corporation), 5) Tetric EvoCeram Bulk Fill (TB) (Ivoclar Vivadent AG); 6) Venus Diamond (VD) (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau); e 7) Z100 (Z) (3M ESPE). Nesse estudo, utilizaram 20 corposde-prova de cada resina para testar desgaste generalizado e 20 corpos-deprova de cada resina para desgaste localizado. Os antagonistas foram de dois tipos, para o ensaio de desgaste generalizado foi um cilindro de aço inoxidável com uma ponta plana e para o ensaio de desgaste localizado foi um rolamento de esferas de aço inoxidável, ambos com uma pasta aquosa de polimetilmetacrilato. Foi utilizado um dispositivo de simulação de desgaste Leinfelder-Suzuki (Máquina Alabama), com carga de 78,5 N, 2 Hz e 400.000 ciclos. Os valores médios de profundidade de desgaste variaram de 59,5 a 196 mm². Os valores médios de perda volumétrica de desgaste variaram de 0,003 a 0,135mm³. De acordo com o estudo, o desgaste simulado generalizado foi do menor para o maior desgaste, respectivamente: Z-SU-HU-TB-HD-VD-SF. Os materiais SF e TB, que são resinas do tipo Bulk Fill, não apresentaram boas propriedades de resistência ao desgaste. A profundidade de desgaste e perda volumétrica da resina composta Z100 foi significativamente menor do que os outros seis materiais; e profundidade de desgaste e perda volumétrica da resina SF foi significativamente maior. É importante ressaltar que o material possuía segundo maior conteúdo de carga era Z100 (66% volume) e o que possuía menor conteúdo era o material HU (57% volume), em contrapartida o material com maior conteúdo de carga SF (67% volume) foi o que apresentou maior média de desgaste. Para fins de comparação, o conteúdo de carga em volume das resinas, do maior para o menor, respectivamente: SF (67%); Z (66%); VD (64%); SU (63,3%); TB (61%); HD (60%); HU (57%) (BARKMEIER et al., 2015).

Um estudo comparou o comportamento de desgaste dental de prémolares hígidos em contato com uma resina nanocerâmica (RN) e uma vitro-cerâmica reforçada por leucita (VL) para CAD-CAM. Os testes foram realizados em uma cicladora mecânica pneumática, com carga de 49 N, durante 100.000, 250.000 e 500.000 ciclos. As cúspides dos dentes foram avaliadas em Micro-CT, antes e depois do ensaio. Os corpos-deprova foram escaneados após ensaio de desgaste em um scaner à laser. Os resultados mostraram que a cerâmica VL resultou em maior profundidade e volume de desgaste dental do que a resina RN. A profundidade de desgaste do material foi maior na RN, e apesar de ser mais susceptível ao desgaste esse material desgasta menos o elemento antagonista, ocasionando menos agressão ao dente. O tempo não afetou significativamente o volume de desgaste dental, mas existe uma progressão maior de danos na superfície dental quando exposta a tempos mais longos de ensaio (NOGUEIRA, 2020).

Um estudo in vitro avaliou o desgaste de materiais do tipo BF de polimerização dual (Cention, Cention-Exp, Activa, Fill-up, Hyperfil Injectafill), BF flow (Tetric Evoflow BulkFill) e uma resina composta flow convencional (G-aenial Universal Flowere). Os antagonistas utilizados nesse estudo foram esferas de esteatita. Os corpos-de-prova foram submetidos a o ensaio de desgaste por 120 mil ciclos em um simulador de mastigação a 49 N, e simultaneamente submetidos a 4.440 termociclos. Os resultados mostraram um aumento volumétrico linear de desgaste para todos os tipos de materiais restauradores, de acordo com a progressão do número de ciclos. Entretanto, foi possível observar que materiais duais desgastaram em média 0,38 mm3, enquanto materiais fotopolimerizáveis desgastaram em média 0,35 mm³. O estudo testou duas hipóteses nulas: (a) não há diferença no desgaste volumétrico de todos os materiais testados, e (b) não há diferença entre o modo autopolimerizável e fotopolimerizável dos materiais duais. Ambas as hipóteses nulas foram rejeitadas de acordo com os resultados obtidos. O teste ANOVA de dois fatores demonstrou efeitos significativos do material e modo de cura, tanto para a relação de desgaste dos materiais, quanto para a relação dos antagonistas. Além disso, os autores citam que não houve correlação entre o desgaste dos compósitos e o dos antagonistas, mesmo que tenha sido observado apenas um desgaste substancialmente menor dos antagonistas (ROULET et al., 2020)⁻

Uma revisão de literatura atribuiu a principal diferença entre resinas convencionais a resinas do tipo BF à maior profundidade de cura relatadas pelos fabricantes de BF, e também ao aumento da translucidez das mesmas. Entretanto, a mesma comenta que a determinação da profundidade de cura ainda não foi bem estudada a longo prazo em testes laboratoriais/clínicos. Então, cita ainda que mais estudos clínicos são necessários para avaliar desgaste e fraturas, inclusive a longo prazo, neste tipo de material, pois essas características influenciam diretamente na qualidade e duração das restaurações e os estudos mais atuais são de curto/médio prazo (VAN ENDE *et al.*, 2017).

2.3 Desempenho clínico

Uma meta-análise avaliou 103 artigos, entre eles estudos clínicos e laboratoriais para comparação de resina composta do tipo Bulk Fill e resina composta convencional quanto a contração de polimerização, tensão de polimerização, deflexão de cúspide, qualidade marginal, grau de conversão, microdureza, resistência à flexão, resistência à fratura e desempenho clínico. As resinas compostas do tipo Bulk Fill apresentam boa performance nos quesitos: tensão de polimerização, deflexão de cúspides e microdureza. Ambos materiais apresentaram performance semelhantes nos quesitos: qualidade marginal, resistência a flexão e resistência a fratura. O grau de conversão de materiais bulk fill com fluída foram semelhantes às consistência resinas compostas convencionais com uma espessura de até 2 mm e maior do que os compostos convencionais com uma espessura maior que 2 mm. O estudo concluiu que o desempenho clínico de ambos tipos de resinas foram semelhantes, entretanto resinas bulk fill são relativamente novas no mercado e, portanto, existem poucos ensaios clínicos que façam comparação entre os dois tipos de resina. Ainda, os estudos diferiram nos métodos utilizados, o que pode levar o mesmo material a apresentar valores diferentes, dependendo as condições de teste (CIDREIRA BOARO *et al.*, 2019).

Um estudo do tipo revisão sistemática e meta-análise avaliou a eficácia clínica geral de resinas bulk fill x resinas compostas convencionais com base em ensaios clínicos randomizados com 6 meses ou mais de acompanhamento clínico. Para elegibilidade dos estudos foram utilizados 11 parâmetros: ausência de fraturas, ausência de descoloração ou coloração marginal, adaptação marginal adequada, ausência de sensibilidade pós-operatória, ausência de cárie secundária, estabilidade cor e translucidez, textura de superfície adequada, anatomia adequada, integridade dental adequada (sem desgaste), integridade de restauração adequada e oclusão adequada. Os outros dois parâmetros clínicos, ausência de inflamação e ponto de contato adequado, não foram analisados. Foram avaliados 3 tipos de restaurações: totalmente incremental - RC; flow + incremental (2mm) e Bulk Fill - BF. O estudo revelou que não houve diferenças clínicas significativas entre restaurações com RC convencionais x BF, independentemente do tipo de restauração, tipo de dente restaurado e técnica utilizada, entretanto menciona que mais estudos precisam ser realizados para melhores conclusões clínicas (ARBILDO-VEGA et al., 2020).

Um estudo clínico randomizado controlado foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho de 103 restaurações classe II com um

ano de longevidade. Foram utilizados os seguintes materiais: *Charisma Smart Composite* (CSC) – resina convencional micro-hibrida; Filtek Bulk Fill (FBF) – resina BF; *Equia Forte Fil* (EFF) – restaurador a base de ionômero de vidro. Para tal, as restaurações foram avaliadas com critérios USPHS como retenção, alteração de cor, pigmentação marginal, cárie secundária, sensibilidade pós operatória e rugosidade superficial. Nos primeiros 6 meses não foram observadas alterações. Ao final de um ano, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os desempenhos clínicos de CSC e FBF para todos os critérios. Ainda, após um ano, a taxa de sobrevivência dos grupos CSC e FBF foram de 100%, quando a mesma taxa para o grupo EFF foi de aproximadamente 69%, sendo necessária a substituição de 10 restaurações (BALKAYA et al., 2019).

A resistência ao desgaste das resinas compostas pode estar relacionada ao volume das partículas de carga, distribuição das mesmas, tipo de matriz utilizada e o grau de conversão da mesma durante a polimerização. Um estudo realizou testes de desgaste para elucidar o comportamento de desgaste de resinas bulkfill flow (BFF) com ou sem uma resina convencional de cobertura, e também a microdureza das mesmas. As resinas BFF utilizadas foram: SDR - Dentsply; X-tra base - VOCO; Fill-Up! Dual Curing Bulk Composite - COLTENE; Filtek Bulk Fill - 3M-ESPE. A resina regular nano hibrída utilizada foi a Grandio - VOCO. O teste de desgaste foi realizado com uma máquina de desgaste ACTA com esferas de aço inoxidável, regulada em 1 Hz em 200 mil ciclos. O estudo utilizou três grupos, 1º: somente a resina flow; 2º resina flow com cobertura de 0,5 mm de resina convencional; 3º resina flow com cobertura de 1 mm de resina convencional. A taxa de desgaste das resinas

do tipo BFF foi maior do que na maioria das restaurações. O desgaste foi menor no grupo que possuía 1 mm de cobertura de resina convencional, seguido do grupo que possuía 0,5 mm de cobertura e por último o grupo sem cobertura de resina convencional, que teve significativamente maior desgaste. A maior dureza foi observada para resina Grandio e a menor para a resina Dual Curing Bulk Composite. Os autores concluem que o desgaste nas resinas do tipo BFF é significativamente maior que o desgaste de uma resina composta nano híbrida convencional. Ainda, que se a resina BFF for recoberta pela resina convencional a capacidade de desgaste da restauração não é influenciada (OSIEWICZ *et al.*, 2022).

3. PROPOSIÇÃO

3.1. Objetivos gerais

Verificar o desgaste gerado nos elementos dentais antagonistas e nas resinas compostas (convencional e bulk-fill) submetidos a um ensaio de desgaste por diferentes tempos.

3.2. Objetivos específicos

Este estudo tem como objetivos específicos:

 Mensurar o volume de desgaste dos dentes antagonistas após os ensaios de degaste.

Hipótese: O volume de desgaste dos antagonistas é semelhante quando avaliado contra os dois tipos de resina composta.

2) Analisar danos introduzidos nos dentes antagonistas após os ensaios de degaste.

Hipótese: Não há diferença nos danos aos dentes antagonistas testados contra os dois tipos de resina composta.

 Mensurar a área de desgaste dos corpos-de-prova de resina composta após ensaio de desgaste.

Hipótese: A largura e o comprimento da faceta de desgaste dos corpos-de-prova é semelhante entre os diferentes tipos de resina composta.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) porque envolve o uso de dentes humanos extraídos obtidos de um Biobanco e foi aceito sob o parecer número: 4.448.780 (Apêndice 1). Foram estudados in vitro dois tipos de resina composta para uso direto, RC e BF, testadas contra dentes humanos antagonistas em ensaio de desgaste (Quadro 2).



Quadro 2. Fluxograma do panorama metodológico geral do estudo.
4.1 Preparo dos corpos-de-prova

Foram confeccionados corpos-de-prova de geometria simplificada, compostos por duas camadas: um substrato análogo à dentina e a restauração de resina composta. Foram produzidos 24 corpos-de-prova de cada resina composta: resina composta convencional RC e resina composta BF.

O material análogo à dentina (G10, International Paper, Hampton, SC, EUA) foi cortado na forma de discos de aproximadamente 4 mm de espessura em uma cortadeira metalográfica (Struess Minitron, Copenhage, Dinamarca) (Figura 1 - A) e polido manualmente com lixas de carbeto de silício com granulações de #220, até que o disco atinja os 4 mm necessários sem desníveis (Figura 1-B).



Figura 1 - (A) G10 sendo cortado com disco diamantado em cortadeira metalográfica; (B) Configuração final do substrato G10.

O substrato G10 foi previamente tratado com ácido fluorídrico 10% durante 1 minuto (Figura 2 – A), lavado com água por 30 segundos (Figura 2 – B) e seco com jatos de ar por 30 segundos. Por fim, foi aplicado sob a superfície tratada adesivo (Figura 2 – C) (Single Bond Adesivo UniversalTM, 3M, EUA) com auxílio de microbrush, friccionado por 20 segundos, aplicado leves jatos de ar por 5 segundos e fotoativado por 10 segundos no modo contínuo do fotopolimerizador (LED Emitter Now Duo, Schuster Equipamentos Odontológicos, BR) com potência de 1.271 mW/cm² (Figura 2 – D). Todos os processos foram realizados com LED com carga completa.



Figura 2 - A; B; C e D: Tratamento da superfície do G10 e avaliação da potência do fotopolimerizador.

Foi fabricada uma matriz de silicone de condensação nas dimensões de 8x8x2 mm (Figura 3 – A-B) para a confecção da restauração sob o substrato G10. As resinas foram inseridas sob o G10 tratado em incremento único no interior da matriz com auxílio de uma espátula (Figura 3 – B). Após, foi colocada sobre as mesmas uma tira de poliéster e sobre ela uma lâmina de vidro (Figura 3 – C), para tornar a superfície do material o mais plana possível. A lâmina de vidro foi removida, a tira de poliéster mantida e a superfície da resina foi fotoativada em 2 partes para garantir que toda a superfície fosse polimerizada (Figura III – D), cada uma fotoativada por 20 segundos com fotopolimerizador, seguindo orientações do fabricante (Emitter Now Duo, Schuster Equipamentos Odontológicos, BR).



Figura 3 - A; B; C e D: Confecção das resinas sob o G10 com auxílio de matriz.

Após a confecção das restaurações, as mesmas foram armazenadas em água em temperatura ambiente por 24 horas, após isso, foi realizado um polimento de superfície das resinas com lixas de carbeto de silício nas granulações #600 #800 e #1200, para remover a camada inibida de monômero e polir a superfície.

Os corpos-de-prova prontos ficaram armazenados por 48 horas em água destilada a 37ºC, até o início dos testes de desgaste.

4.2 Preparo dos antagonistas

Foram utilizados para o estudo 48 pré-molares superiores humanos hígidos extraídos por motivos ortodônticos concedidos pelo Biobanco da Universidade de Passo Fundo (UPF). Para seleção dos dentes alguns critérios foram seguidos, como: semelhança de forma, tamanho e cúspide palatina arredondada com forma esférica. As cúspides vestibulares foram removidas com disco diamantado em peça de mão. O suporte da máquina foi lubrificado com vaselina (Figura 4 - A) o antagonista foi fixado em resina acrílica nos suportes da máquina de ciclagem pneumática (Figura 4 - B). As cúspides foram incluídas com auxílio de um delineador, posicionando-as com um ângulo de 45º ao longo eixo do suporte (Figura 4 - C-D).

A alocação das cúspides antagonistas para os corpos-de-prova foi sorteada e não foi realizado nenhum tratamento no esmalte em contato com o corpos-de-prova.



Figura 4 – A; B; C e D: Preparo para inserção e acrilização dos antagonistas no suporte da máquina com cúspide palatina posicionada ângulo de 45° ao longo eixo do suporte, para possibilitar o deslize da mesma posteriormente.

4.3 Ensaio de desgaste

O ensaio foi realizado em uma máquina de ciclagem mecânica pneumática (Figura V – A) (Biopid, Biocycle, São Carlos, São Paulo, Brasil), em água a 37° C. Para tal, os corpos-de-prova foram fixados com angulação de 30° em um dispositivo de sustentação (Figura 5 – B), as cúspides antagonistas foram fixadas com auxílio de um delineador em um ângulo de 45° ao longo eixo do suporte (Figura 5 – C-D) buscando reproduzir a oclusão fisiológica do pré-molar. O equipamento foi regulado com força máxima de deslizamento do antagonista sobre a superfície de teste em 49 N e frequência de 2 Hz. O movimento reproduzido foi excêntrico para relação cêntrica, na tentativa de reproduzir um desgaste fisiológico. Cada corpo-de-prova foi avaliado com único antagonista. Cada grupo de material foi subdividido de acordo com os números de ciclos utilizados no ensaio, que foram: 100.000, 250.000 e 500.000 ciclos (n=8).



Figura 5 – A; B; C e D: Máquina de ensaio de desgaste com os corposde-prova e antagonistas inseridos em posição de acordo com a configuração do teste.

4.4 Avaliação qualitativa e quantitativa do desgaste

Para a análise qualitativa foram realizadas imagens representativas das superfícies dos danos introduzidos após o ensaio de desgaste nos antagonistas, para isso, foi utilizada microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV modelo Vega3, Tescan), que permitiu avaliar o formato e tipo de danos gerados das superfícies dos elementos dentais. Para análise em MEV foi utilizado o modo de elétrons retroespalhados (BSE) e não foi necessário nenhum preparo de dente ou recobrimento com ouro. Foi selecionado um dente representativo de cada grupo experimental e tempo de ensaio (Figura $6 - A \in B$).



Figura 6 – Imagens representativas de MEV da superfície de desgaste de um dente testado por 100 mil ciclos do grupo BF: (A) cúspide dental; (b) zonas de desgaste.

Para análise quantitativa do volume de desgaste do elemento dental foi realizado o escaneamento com micro-tomografia computadorizada (Micro-CT, inspeXio, SMX-90CT Plus, Shimadzu, Japão) das cúspides antes e após o ensaio de desgaste. Os arquivos foram salvos no formato DICOM e convertidos em STL por meio do software 3D SLICER. As imagens capturadas de antes e depois do ensaio de desgaste de cada elemento dental foram sobrepostas e subtraídas para criar um volume da faceta de desgaste (Figura 7 - A). O processamento e análise volumétrica foi realizado em um software de imagem (Geomagic Wrap) (Figura 7 – B e C).



Figura 7 – A: Sobreposição das imagens do antes e depois do dente no software Geomagic Wrap; B: Delimitação da área de interesse de desgaste; C: Análise computadorizada do volume pelo programa de desgaste do dente após o teste de desgaste.

A análise quantitativa da área (comprimento e largura) das facetas de desgaste dos corpos-de-prova de resina composta foi realizada através de imagens obtidas com microscópio óptico regulado na câmera objetiva em 1,0X (Stemi 2000-C, ZEISS, câmera AxioCam ERc 5s acoplada) (Figura 8 – A) e aplicativo AxioVision SE64 Rel. 4.9.1 (Figura 8 – B). As mensurações das imagens geradas foram realizadas com o software Image J.



Figura 8 - A: Imagem ilustrativa do microscópio com o corpo-de-prova acoplado para realização da imagem; B: Demarcação da escala em mm via aplicativo AxioVision. Fontes: A - Google imagens; B – Autores.

4.5 Análise estatística

Os dados de comprimento (mm) e largura (mm) da faceta de desgaste dos corpos-de-prova, e os dados de perda volumétrica (μ m³) do dente, passaram nos testes de Normalidade de Shapiro-Wilk (p>0,05) e variância semelhante (p>0,05), e foram analisados com Anova de dois fatores e teste de Tukey (α = 0,05).

5. RESULTADOS

5.1 Análise quantitativa

Os dados de perda volumétrica do dente estão apresentados na Figura 10. Para o volume de desgaste, houve significância para o fator material (p = 0,02), sendo que a RC resultou em maior desgaste do dente do que a BF. Não houve significância estatística para o fator tempo (p=0,427) para a interação entre os fatores (p=0,338).



Figura 9 - Gráfico com média e desvio-padrão volume de desgaste dos dentes testados contra RC e BF em diferentes tempos.

Para o comprimento da faceta do corpos-de-prova, não houve significância estatística para o fator material (p=0,311) e tempo (p=0,138), mas houve significância para a interação entre os fatores (p=0,015). Para o grupo BF, o tempo não teve efeito no comprimento da faceta. Já para o grupo de RC, os tempos 250 mil e 500 mil ciclos resultaram em comprimento da faceta de desgaste semelhante e maior do que o tempo 100 mil.

Para a largura da faceta do corpos-de-prova, houve significância para o fator material (p=0,038), sendo que a RC apresentou maior largura do que a BF. Não houve significância estatística para o fator tempo (p=0,114) e para a interação entre os fatores (p=0,402). Os dados de desgaste dos corpos-de-prova estão apresentados na Tabela 1 e Figura 9.





Figura 10 - Gráfico com dados de largura (A) e comprimento (B) de desgaste dos corpos-de-prova das resinas testadas (RC e BF) em diferentes números de ciclos. As barras de erro correspondem ao desvio-padrão.

	Grupo	Número de ciclos		
		1,0 x 10 ⁵	2,5 x 10 ⁵	5,0 x 10 ⁵
Largura (mm)	RC	2,07 (0,81)	3,11 (1,57)	3,11 (1,40)
	BF	1,89 (0,86)	1,88 (0,47)	2,50 (0,95)
Comprimento (mm)	RC	3,97 (0,88)	6,30 (1,78)	6,63 (1,61)
	BF	5,53 (2,57)	4,76 (0,61)	5,18 (1,25)

Tabela 1 – Médias e desvio padrão da largura e comprimento de desgaste dos corpos-de-prova de resina por número de ciclos.

5.2 Análise Qualitativa

Nas Figuras 11; 12 e 13 estão apresentadas imagens do MEV da superfície de desgaste dos dentes após o ensaio por 100 mil, 250 mil e 500

mil ciclos para os grupos RC e BF. Análise qualitativa das imagens mostra padrão semelhante de desgaste para os dentes ensaiados contra as duas resinas compostas nos diferentes tempos. É observado um aumento da rugosidade de superfície e presença de ranhuras, que são indicativos de micro-plasticidade, que pode ser definida como o início da deformação plástica do material (ALMEIDA, 2014). Poucas trincas estão presentes no esmalte e não foram observadas alterações significativas nas características de desgaste ao longo do tempo.





Figura 11 – Imagens representativas em MEV da superfície de desgaste dos dentes antagonistas após 100 mil ciclos. Imagens (A) e (B) grupo BF; (C) e (D) grupo RC. Imagens (B) e (D) correspondem a região demarcada pela caixa nas imagens (A) e (C), respectivamente. As flechas apontam ranhuras no esmalte e prismas na superfície.





Figura 12 – Imagens representativas em MEV da superfície de desgaste dos dentes após 250 mil ciclos, (A) e (B) grupo BF; (C) e (D) grupo RC. Imagens (B) e (D) correspondem a região demarcada pela caixa nas imagens (A) e (C), respectivamente. Na imagem (D) é possível identificar uma trinca no esmalte.





Figura 13 – Imagens representativas em MEV da superfície de desgaste dos dentes após 500 mil ciclos, (A) e (B) grupo BF; (C) e (D) grupo RC. Imagens (B) e (D) correspondem a região demarcada pela caixa nas imagens (A) e (C), respectivamente. As flechas indicam ranhuras de esmalte e prismas na superfície.

Na Figura 14 pode-se observar a superfície de desgaste dos corposde-prova de RC e BF. Os mesmos, apresentam padrão semelhante de desgaste em diferentes tempos de ciclagem, pode-se observar um brilho levemente maior nas superfícies dos corpos-de-prova de BF.



Figura 14 – Imagens obtidas através de estereomicroscópio das facetas de desgaste dos corpos-de-prova; (A) RC 100 mil ciclos; (B) BF 100 mil ciclos; (C) RC 250 mil ciclos; (D) BF 250 mil ciclos; (E) RC 500 mil ciclos e (F) BF 500 mil ciclos.

6. DISCUSSÃO

6.1 Comportamento de Desgaste Dental

A primeira hipótese do estudo foi rejeitada, visto que, o volume de desgaste do dente foi maior quando testado contra a resina convencional RC em comparação com a BF. Entre os fatores que podem influenciar o comportamento de desgaste das resinas compostas está o tipo, tamanho e conteúdo de carga (SRIPETCHDANOND; LEEVAILOJ, 2014). No presente estudo, foi avaliada a resina composta convencional Z30XT, que possui 78,5% em peso de carga inorgânica, e a resina composta BF, que apresenta 76,5% em peso de carga inorgânica (3M ORAL CARE, [s. d.]). Além disso, ambas são compostas por nano partículas de zircônia e sílica. Portanto, o comportamento distinto entre os materiais não parece estar associado ao seu conteúdo inorgânico.

Para reduzir a tensão durante a polimerização foram introduzidas modificações na matriz das resinas do tipo bulk-fill (ARBILDO-VEGA et al., 2020; VICENZI e BENETTI, 2018). A resina BF avaliada possui na sua matriz orgânica AFM, DDDMA, UDMS e AUDMA, que são monômeros que atuam atenuando e controlam a tensão de polimerização. Já a resina RC possui matriz orgânica composta por BIS-GMA, BISEMA, TEGDMA e UDMA (3M ORAL CARE, [s. d.]), a matriz orgânica da RC possui alto peso molecular no componente BisGMA, sendo altamente viscosa. A matriz orgânica afeta as propriedades das resinas compostas, o que poderia explicar parcialmente os resultados encontrados (BUELVAS, 2019). Além disso, considera-se que, quanto menor o peso molecular do monômero ou da sua combinação, maior a contração de polimerização (GOMES ESTEVES, 2013).

Um estudo comparou vários estudos de desempenho de BF e resinas convencionais e avaliou as propriedades mecânicas delas,

encontrou que as BF possuem melhores características mecânicas gerais, exceto em microdureza. A microdureza está relacionada a matéria orgânica das resinas, possivelmente essas alterações de matriz podem ter resultado em uma matriz mais macia (CIDREIRA BOARO *et al.*, 2019).

Por outro lado, análises qualitativas da superfície dental demonstraram que os padrões de desgaste dos dentes antagonistas foram semelhantes quando testados contra os dois tipos de resina composta, aceitando a segunda hipótese do estudo. Os resultados demonstram desgaste como ranhuras de superfície e em alguns pontos apresenta prismas de esmalte expostos, demonstrando provável perda de material na região. O padrão de desgaste no dente antagonista não apresenta progressão de danos significativa, em algumas regiões pode ainda ser observado fase de microplasticidade, pois o desgaste mesmo nos ciclos maiores, se apresenta em estágio inicial. Isso também é evidenciado nos dados de perda volumétrica, onde não foi observado efeito do número de ciclos.

Entretanto, é importante ressaltar que mesmo selecionando dentes com características semelhantes, o ensaio foi realizado com dentes humanos hígidos sem nenhum preparo de superfície. Portanto, não é possível garantir a mesma área de contato em todos os corpos-de-prova. A pressão de contato entre dente e corpo-de-prova também é alterada à medida que o desgaste progride e a área de contato aumenta (HEINTZE et al., 2019; ISO, 2001). Por outro lado, a proposta do estudo foi manter as condições de superfície dos elementos dentais para caracterizar o comportamento de desgaste de forma semelhante ao desgaste em ambiente oral. Para o volume de desgaste, houve significância para o fator material, sendo que a RC resultou em maior desgaste de volume do dente do que a BF. Porém, as maiores variâncias desses resultados de volume de desgaste foram em média de 200 µm³, também não houve significância no aumento de ciclos, então podemos observar que o volume de desgaste dental foi pequeno para ambos materiais. Portanto, as duas resinas são clinicamente favoráveis.

Um estudo testou uma vitro-cerâmica reforçada por leucita e uma resina nano cerâmica contra dentes antagonistas hígidos em teste de desgaste, no qual foi utilizada metodologia semelhante para realização deste estudo em questão. O estudo encontrou que a menor perda volumétrica do dente aconteceu quando exposto à resina nano cerâmica, já o desgaste em volume foi agressivo nas vitro-cerâmicas reforçadas por leucita. Também, não encontrou significância para o tempo no volume e profundidade de desgaste do dente, o que corrobora com nossos achados. Porém, a resina nano cerâmica, apesar de desgastar menos o volume dental, induziu maior profundidade de desgaste, o que levanta o questionamento à respeito da capacidade de resistência ao desgaste em volume nos grupos BF, já que o mesmo apresentou menor desgaste para o antagonista. No estudo em questão os autores citam que existe uma progressão de danos de superfície nos dentes com o tempo para ambos materiais, mesmo que essa perda não seja significativa, o mesmo aconteceu nos resultados obtidos nos grupos BF e RC (NOGUEIRA, 2020).

6.2 Comportamento de desgaste das resinas compostas

O comprimento da faceta de desgaste das resinas compostas não apresentou significância nos fatores material e tempo de forma individual, mas apresentou significância na interação desses fatores, aceitando parcialmente a terceira hipótese do estudo. No grupo BF, o comprimento da faceta de desgaste foi semelhante nos diferentes tempos. Já no grupo RC, o comprimento da faceta aumentou de forma significativa entre 100 mil e 250 mil ciclos, e estabilizou entre 250 e 500 mil ciclos. Isso leva a crer que para RC, em um menor tempo, o desgaste é mais acentuado, sendo mantido posteriormente, quando comparado ao padrão demonstrado no grupo BF. Podendo estar relacionado a dureza das mesmas, onde RC apresenta 83,6 (\pm 4,5) e BF apresenta 56,8 (\pm 5,3) (LIMA et al., 2021).

A largura da faceta de desgaste nos corpos-de-prova de RC foi maior do que de BF, independente do tempo. Esses resultados corroboram com os dados de volume de desgaste do elemento dental. Como a resina RC desgastou mais o dente do que a BF, a área de contato entre corpo-deprova e dente também aumentou.

Além disso, as imagens obtidas através de estereomicroscópio das facetas de desgaste das resinas demonstram no grupo BF um brilho levemente maior na superfície de desgaste, que poderia ser causada pela maior translucidez da mesma. Sabe-se que a resistência ao desgaste é relacionada a dureza e manutenção do polimento dos materiais. Entretanto, na cavidade oral essas propriedades variam, limitando as extrapolações clínicas dos estudos in-vitro (ANUSAVICE; SHEN; RAWLS, 2013).

Estudos clínicos e revisões sistemáticas da literatura recomendam que a resina BF de baixa viscosidade seja recoberta por uma camada final de resina convencional (HAUGEN et al., 2020; VICENZI e BENETTI, 2018; YU et al., 2017). Entretanto, no presente estudo foi utilizada uma resina BF regular, com conteúdo inorgânico semelhante as resinas indicadas para o recobrimento das BF flow.

Já os estudos que realizaram avaliações clínicas com as resinas BF de consistência regular encontraram bom desempenho clinico e in vitro da mesma, ficando lado a lado de resinas convencionais (ARBILDO-VEJA et al., 2020; BALKAYA et al., 2019; YU et al., 2017), o que corrobora com nossos achados.

Nos dados obtidos até então, observa-se que a resina BF demonstra menor perda de volume ao esmalte dental antagonista e também apresenta menor largura da faceta de desgaste dos corpos-de-prova testados. Uma análise de perda volumétrica ou profundidade de desgaste pode fornecer mais dados sobre o comportamento dos materiais.

6.3 Metodologia

A norma ISO (*International Organization for Standardization*) especifica normas técnicas para que estudos sejam realizados de forma que a avaliação das características de materiais seja padronizada e que procurem reproduzir características reais em que os materiais sejam submetidos. Um dos métodos descritos na ISO 14569-2 é o Método Zürich, que foi utilizado como base para este estudo para simular a atrição entre material restaurador e um dente antagonista. Além disso, foram considerados parâmetros clínicos como: ensaio em ambiente úmido com temperatura de 37º, com força de 49 N e frequência de 2 Hz. Ainda, é importante ressaltar que os mecanismos de desgaste na boca são

complexos, dificultando a reprodução de todas as condições clínicas em um único teste laboratorial (ISO, 2001). Essa norma de desgaste apresenta algumas inconsistências, como não apresentar se os métodos propostos são validados e não apresentar vantagens e desvantagens na sua integra. Por essa razão, foram realizadas algumas modificações no ensaio de desgaste, para buscar os resultados mais padronizados possíveis e com correlação clínica (HEINTZE; REICHL; HICKEL, 2019).

A espessura dos corpos-de-prova foi definida como 2 mm, considerando as recomendações do fabricante para a RC convencional. Já a BF, pode ser utilizada em incrementos de até 5 mm. A intenção do estudo foi avaliar o desgaste dessas resinas, não o grau de conversão das mesmas. Além disso, na região mais externa da restauração os fotoiniciadores devem agir da mesma forma, em ambas resinas compostas. Diferenças no grau de conversão dos materiais seriam mais evidentes em profundidade, não alterando os resultados de desgaste.

Não é possível prever com precisão o tempo clinico que corresponda ao número de ciclos necessários para realização do estudo, pois as condições do teste se demonstram mais agressivas que as condições de uso, sem considerar hábitos parafuncionais. Por isso, optouse pela avaliação em diferentes tempos, procurando caracterizar condições de desgaste mais leves até mais agressivas. Nesse estudo, foi utilizado o ensaio de desgaste por atrição, também denominado como desgaste a dois corpos.

Para tal, foram escolhidas duas resinas compostas com microestrutura e composição muito semelhante, para diminuir o efeito das modificações de matriz e fotoiniciadores no comportamento de desgaste dos materiais. A RC foi selecionada como padrão ouro, e uma BF regular como grupo experimental. Ambas resinas apresentam consistência regular e indicação clínica semelhante. O presente estudo buscou definir o comportamento de desgaste em contato com o dente com dois tipos de resinas restauradoras diretas, citadas anteriormente, para desta forma poder embasar a recomendação desses materiais para o uso no dia-a-dia clínico.

7. CONCLUSÕES

A resina bulk-fill apresentou resultados menores e mais constantes nas facetas de desgaste dos corpos-de-prova do que a resina composta convencional. O volume de desgaste do dente antagonista foi maior no grupo controle, em comparação ao grupo BF. Não foram observadas alterações qualitativas significativas nas características de desgaste dos elementos dentais ao longo tempo para os dois materiais.

REFERÊNCIAS

3M ORAL CARE. 3M FiltekTM One Bulk Fill Restorative: Shrinkage, stress... and bulk fill restoratives. [*s. d.*]. Available at:

https://multimedia.3m.com/mws/media/1317667O/filtekone-bulk-fill-stress-education-flyer.pdf. Accessed on: 7 Nov. 2020a.

3M ORAL CARE. Resina FiltekTM Z350 XT. [*s. d.*]. Available at: https://www.3m.com.br/3M/pt_BR/3m-dobrasil/todos-os-produtos-3m-do-brasil/~/filtek-supremeultra-Resina-Filtek-Z350-

XT/?N=5002385+8711017+3294736391&rt=rud. Accessed on: 7 Nov. 2020b.

ALMEIDA, José Goncalves de. Análise da influência do hidrogênio na tenacidade quase estática de juntas soldadas de acos ARBL. 2014. 1-230 f. Thesis - Beachem; C.D., 1972, A New Model for Hydrogen-Assisted Cracking (Hydrogen Embrittlement); Metallurgical Transations; v. 3; february; p.437., João Pessoa - Paraíba, 2014. ANUSAVICE, K. J.; SHEN, C.; RAWLS, H. R. Phillips materiais dentários. 12 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. ARAÚJO, Lorena Aparecida Nery; CAVALCANTE, Larissa Maria; SCHNEIDER, Luis Felipe. Can bulk-fill compromise the curing potential in deep cavities. Brazilian Dental Science, vol. 25, no. 2, 1 Apr. 2022. https://doi.org/10.4322/bds.2022.e2999. ARBILDO-VEGA, Heber Isac; LAPINSKA, Barbara; PANDA, Saurav; LAMAS-LARA, César; KHAN, Abdul Samad; LUKOMSKA-SZYMANSKA, Monika. Clinical

effectiveness of bulk-fill and conventional resin composite restorations: Systematic review and meta-analysis. **Polymers**, vol. 12, no. 8, 1 Aug. 2020. https://doi.org/10.3390/polym12081786. ASSAF, Cendrella; FAHD, Jean Claude; SABBAGH, Joseph. Assessing dental light-curing units' output using radiometers: A narrative review. **Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry**, vol. 10, no. 1, p. 1–8, 2020.

https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_407_19.

BALKAYA, Hacer; ARSLAN, Soley; PALA, Kanşad. A randomized, prospective clinical study evaluating effectiveness of a bulk-fill composite resin, a conventional composite resin and a reinforced glass ionomer in class II cavities: One-year results. **Journal of Applied Oral Science**, vol. 27, 2019. https://doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0678.

BARKMEIER, W. W.; TAKAMIZAWA, T.; ERICKSON, R. L.; TSUJIMOTO, A.; LATTA, M.; MIYAZAKI, M. Localized and generalized simulated wear of resin composites. **Operative Dentistry**, vol. 40, no. 3, p. 322– 335, 2015. https://doi.org/10.2341/13-155-L.

BORBA, Marcia; BENETTI, Paula; FURINI, Giordana P.; WEBER, Kátia R.; DA SILVA, Tábata M. Factors Affecting the Wear Behavior of Monolithic Zirconia and the Antagonists: Literature Review. **Current Dentistry**, vol. 2, no. 1, p. 4–11, 2020.

https://doi.org/10.2174/2542579x02666200206111259.

BUELVAS, Daina Dayana Arenas. Impacto do método de irradiação nas propriedades microestruturais de resinas compostas odontológicas do tipo bulk fill. 2019. 1–102 f.

Programa de Pós Graduação em Física – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

CHAIN, Marcelo Carvalho. **Materiais Dentários**. São Paulo: Artes Médicas, 2013.

CIDREIRA BOARO, Leticia Cristina; PEREIRA LOPES, Diana; DE SOUZA, Andréia Santos Caetano; LIE NAKANO, Ellea; AYALA PEREZ, Mirko Dennys; PFEIFER, Carmem Silvia; GONÇALVES, Flávia. Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin —a systematic review and meta-analysis. **Dental Materials**, vol. 35, no. 10, p. e249–e264, 1 Oct. 2019. https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.007. CONCEIÇÃO, Ewerton Noochi. **Dentística: Saúde E Estética**. 2^a Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. GOMES ESTEVES, Joana Cristina. **Análise da Microdureza e Grau de Conversão de Resinas Compostas Bulk Fill**. 2013. Mestrado Integrado em Medicina Dentária – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2013.

HAUGEN, Håvard J.; MAROVIC, Danijela; PAR, Matej; THIEU, Minh Khai le; RESELAND, Janne E.; JOHNSEN, Gaute Floer. Bulk fill composites have similar performance to conventional dental composites. **International Journal of Molecular Sciences**, vol. 21, no. 14, p. 1–20, 2020. https://doi.org/10.3390/ijms21145136.

HEINTZE, Siegward D.; REICHL, Franz Xaver; HICKEL, Reinhard. Wear of dental materials: Clinical significance and laboratory wear simulation methods —A review. **Dental Materials Journal**, vol. 38, no. 3, p. 343–353, 2019. https://doi.org/10.4012/dmj.2018-140.

ISO, International Organization for Standardization. ISO14569- 2: Dental materials - Guidance on testing of wear - Part 2: Wear by two/ or three body contact. 2001. **Geneva**, **Switzerland**. .

LIMA, Tayllan de Oliveira; DA SILVA, Matheus Ferreira; GERALDO-MARTINS, Vinicius Rangel. Avaliação Da Microdureza Superficial De Resinas Nanoparticuladas Submetidas Ao Desafio Erosivo. **Brazilian Journal of Health Review**, vol. 4, no. 6, p. 25248–25261, 17 Nov. 2021. https://doi.org/10.34119/bjhrv4n6-133.

NOGUEIRA, Audrea Dallazem. **Resina nanocerâmica para cad/cam: Caracterização da microestrutura, do comportamento mecânico e de desgaste**. 2020. 93 f. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Doutor em Odontologia – Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Doutor em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica. Universidade de Passo Fundo - UPF, 2020. OSIEWICZ, Magdalena A.; WERNER, Arie; ROETERS, Franciscus J.M.; KLEVERLAAN, Cornelis J. Wear of bulkfill resin composites. Dental Materials, vol. 38, no. 3, p. 549–553, 1 Mar. 2022.

https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.12.138.

ROULET, Jean François; GUMMADI, Snigdha; HUSSEIN, Hind S.; ABDULHAMEED, Nader; SHEN, Chiayi. In vitro wear of dual-cured bulkfill composites and flowable bulkfill composites. **Journal of Esthetic and Restorative**

Dentistry, vol. 32, no. 5, p. 512–520, 1 Jul. 2020. https://doi.org/10.1111/jerd.12616.

RUSSO, Eliza Maria Agueda; CRIVELLO JUNIOR, Oswaldo. **Dentística: Restaurações diretas**. São Paulo: Santos, 2010.

SRIPETCHDANOND, Jeerapa; LEEVAILOJ, Chalermpol. Wear of human enamel opposing monolithic zirconia, glass ceramic, and composite resin: An in vitro study. **Journal of Prosthetic Dentistry**, vol. 112, no. 5, p. 1141–1150, 2014. DOI 10.1016/j.prosdent.2014.05.006. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.05.006. VAN ENDE, Annelies; DE MUNCK, Jan; DIOGO, /; LISE, Pedrollo; MEERBEEK, Bart van. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. **J Adhes Dent**, vol. 19, no. 2, p. 95–109, 2017. https://doi.org/10.3290/j.jad.a38141. VICENZI, CRISTINA BALENSIEFER; BENETTI, Paula. Características mecânicas e ópticas de resinas bulk-fill: revisão de literatura. **REVISTA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA - UPF, PASSO FUNDO, v. 23, n.1**, Passo Fundo, , p. 107–113, 2018.

https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5335/rfo.v23i1.7675. YU, P.; YAP, A. U.J.; WANG, X. Y. Degree of conversion and polymerization shrinkage of bulk-fill resin-based composites. **Operative Dentistry**, vol. 42, no. 1, p. 82–89, 2017. https://doi.org/10.2341/16-027-L.

3M ORAL CARE. 3M FiltekTM One Bulk Fill Restorative: Shrinkage, stress... and bulk fill restoratives. [s. d.]. Available at:

https://multimedia.3m.com/mws/media/1317667O/filtekone-bulk-fill-stress-education-flyer.pdf. Accessed on: 7 Nov. 2020a.

3M ORAL CARE. Resina FiltekTM Z350 XT. [*s. d.*]. Available at: https://www.3m.com.br/3M/pt_BR/3m-dobrasil/todos-os-produtos-3m-do-brasil/~/filtek-supremeultra-Resina-Filtek-Z350-

XT/?N=5002385+8711017+3294736391&rt=rud. Accessed on: 7 Nov. 2020b.

ALMEIDA, José Gonçalves de. Análise da influência do hidrogênio na tenacidade quase estática de juntas soldadas de aços ARBL. 2014. 1–230 f. Thesis – Beachem; C.D., 1972, A New Model for Hydrogen-Assisted Cracking (Hydrogen Embrittlement); Metallurgical Transations; v. 3; february; p.437., João Pessoa - Paraíba, 2014. ANUSAVICE, K. J.; SHEN, C.; RAWLS, H. R. **Phillips materiais dentários**. 12 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. ARAÚJO, Lorena Aparecida Nery; CAVALCANTE, Larissa Maria; SCHNEIDER, Luis Felipe. Can bulk-fill compromise the curing potential in deep cavities. **Brazilian Dental Science**, vol. 25, no. 2, 1 Apr. 2022. https://doi.org/10.4322/bds.2022.e2999.

ARBILDO-VEGA, Heber Isac; LAPINSKA, Barbara; PANDA, Saurav; LAMAS-LARA, César; KHAN, Abdul Samad; LUKOMSKA-SZYMANSKA, Monika. Clinical effectiveness of bulk-fill and conventional resin composite restorations: Systematic review and meta-analysis.

Polymers, vol. 12, no. 8, 1 Aug. 2020.

https://doi.org/10.3390/polym12081786.

ASSAF, Cendrella; FAHD, Jean Claude; SABBAGH, Joseph. Assessing dental light-curing units' output using radiometers: A narrative review. **Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry**, vol. 10, no. 1, p. 1–8, 2020.

https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD 407 19.

BALKAYA, Hacer; ARSLAN, Soley; PALA, Kanşad. A randomized, prospective clinical study evaluating effectiveness of a bulk-fill composite resin, a conventional composite resin and a reinforced glass ionomer in class II cavities: One-year results. **Journal of Applied Oral Science**, vol. 27, 2019. https://doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0678.

BARKMEIER, W. W.; TAKAMIZAWA, T.; ERICKSON, R. L.; TSUJIMOTO, A.; LATTA, M.; MIYAZAKI, M. Localized and generalized simulated wear of resin composites. **Operative Dentistry**, vol. 40, no. 3, p. 322– 335, 2015. https://doi.org/10.2341/13-155-L. BORBA, Marcia; BENETTI, Paula; FURINI, Giordana P.; WEBER, Kátia R.; DA SILVA, Tábata M. Factors Affecting the Wear Behavior of Monolithic Zirconia and the Antagonists: Literature Review. **Current Dentistry**, vol. 2, no. 1, p. 4–11, 2020.

https://doi.org/10.2174/2542579x02666200206111259.

BUELVAS, Daina Dayana Arenas. Impacto do método de irradiação nas propriedades microestruturais de resinas compostas odontológicas do tipo bulk fill. 2019. 1–102 f.

Programa de Pós Graduação em Física – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

CHAIN, Marcelo Carvalho. Materiais Dentários. São Paulo: Artes Médicas, 2013.

CIDREIRA BOARO, Leticia Cristina; PEREIRA LOPES, Diana; DE SOUZA, Andréia Santos Caetano; LIE

NAKANO, Ellea; AYALA PEREZ, Mirko Dennys; PFEIFER, Carmem Silvia; GONÇALVES, Flávia. Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin —a systematic review and meta-analysis.

Dental Materials, vol. 35, no. 10, p. e249–e264, 1 Oct.

2019. https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.007.

CONCEIÇÃO, Ewerton Noochi. Dentística: Saúde E

Estética. 2^a Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

GOMES ESTEVES, Joana Cristina. Análise da

Microdureza e Grau de Conversão de Resinas

Compostas Bulk Fill. 2013. Mestrado Integrado em Medicina Dentária – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2013.

HAUGEN, Håvard J.; MAROVIC, Danijela; PAR, Matej; THIEU, Minh Khai le; RESELAND, Janne E.; JOHNSEN, Gaute Floer. Bulk fill composites have similar performance to conventional dental composites. **International Journal** **of Molecular Sciences**, vol. 21, no. 14, p. 1–20, 2020. https://doi.org/10.3390/ijms21145136.

HEINTZE, Siegward D.; REICHL, Franz Xaver; HICKEL, Reinhard. Wear of dental materials: Clinical significance and laboratory wear simulation methods — A review. **Dental Materials Journal**, vol. 38, no. 3, p. 343–353, 2019.

https://doi.org/10.4012/dmj.2018-140.

ISO, International Organization for Standardization. ISO14569- 2: Dental materials - Guidance on testing of wear - Part 2: Wear by two/ or three body contact. 2001. **Geneva**, **Switzerland**. .

LIMA, Tayllan de Oliveira; DA SILVA, Matheus Ferreira; GERALDO-MARTINS, Vinicius Rangel. Avaliação Da Microdureza Superficial De Resinas Nanoparticuladas Submetidas Ao Desafio Erosivo. **Brazilian Journal of Health Review**, vol. 4, no. 6, p. 25248–25261, 17 Nov. 2021. https://doi.org/10.34119/bjhrv4n6-133.

NOGUEIRA, Audrea Dallazem. **Resina nanocerâmica para cad/cam: Caracterização da microestrutura, do comportamento mecânico e de desgaste**. 2020. 93 f. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Doutor em Odontologia – Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Doutor em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica. Universidade de Passo Fundo - UPF, 2020. OSIEWICZ, Magdalena A.; WERNER, Arie; ROETERS, Franciscus J.M.; KLEVERLAAN, Cornelis J. Wear of bulkfill resin composites. Dental Materials, vol. 38, no. 3, p. 549–553, 1 Mar. 2022.

https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.12.138.

ROULET, Jean François; GUMMADI, Snigdha; HUSSEIN, Hind S.; ABDULHAMEED, Nader; SHEN, Chiayi. In vitro wear of dual-cured bulkfill composites and flowable bulkfill composites. **Journal of Esthetic and Restorative**

Dentistry, vol. 32, no. 5, p. 512–520, 1 Jul. 2020. https://doi.org/10.1111/jerd.12616.

RUSSO, Eliza Maria Agueda; CRIVELLO JUNIOR, Oswaldo. **Dentística: Restaurações diretas**. São Paulo: Santos, 2010.

SRIPETCHDANOND, Jeerapa; LEEVAILOJ, Chalermpol. Wear of human enamel opposing monolithic zirconia, glass ceramic, and composite resin: An in vitro study. Journal of Prosthetic Dentistry, vol. 112, no. 5, p. 1141-1150, 2014. DOI 10.1016/j.prosdent.2014.05.006. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.05.006. VAN ENDE, Annelies; DE MUNCK, Jan; DIOGO, /; LISE, Pedrollo; MEERBEEK, Bart van. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. J Adhes Dent, vol. 19, no. 2, p. 95–109, 2017. https://doi.org/10.3290/j.jad.a38141. VICENZI, CRISTINA BALENSIEFER; BENETTI, Paula. Características mecânicas e ópticas de resinas bulk-fill: revisão de literatura. **REVISTA DA FACULDADE DE** ODONTOLOGIA - UPF, PASSO FUNDO, v. 23, n.1, Passo Fundo, , p. 107-113, 2018. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5335/rfo.v23i1.7675.

YU, P.; YAP, A. U.J.; WANG, X. Y. Degree of conversion and polymerization shrinkage of bulk-fill resin-based composites. **Operative Dentistry**, vol. 42, no. 1, p. 82–89, 2017. https://doi.org/10.2341/16-027-L.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Parecer substanciado CEP.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO/ VICE-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - VRPPG/ UPF



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Simulação do comportamento de desgaste dental em contato com diferentes materiais restauradores

Pesquisador: Márcia Borba Área Temática: Versão: 1 CAAE: 40609120.6.0000.5342

Instituição Proponente: Universidade de Passo Fundo/Vice-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.448.780

Apresentação do Projeto:

O desgaste do dente em contato com diferentes materiais restauradores antagonistas é um grande problema na Odontologia, e tendo em vista as diversas consequências clínicas que o mesmo pode desencadear, torna-se relevante um estudo para verificar os mecanismos envolvidos nesse desgaste. Assim, o objetivo desse estudo é caracterizar o comportamento de desgaste do dente humano avaliado contra diferentes materiais

restauradores, em um ensaio de simulação do ambiente oral. O método é experimental laboratorial com dentes humanos extraídos, obtidos de um Biobanco, após aprovação do CEP. Serão availados 4 materiais restauradores: (5Y) zircônia policristalina parcialmente estabilizada com 5 mol% de fitria; (DL) vitro-cerâmica à base de dissilicato de lítio; (RC) resina composta convencional; (BF) resina composta do tipo bulk-fili. Serão confeccionados corpos-de-prova (CPs) dos materiais de forma quadrangular e 1,2 mm de espessura. Após, os CPs serão cimentados com cimento

resinoso a um substrato análogo à dentina. Serão confeccionados 24 CPs por grupos experimental, divididos de acordo com o tempo do ensaio de simulação do ambiente oral (n=8): 100.000, 250.000 e 500.000 ciclos. Como antagonista serão utilizados 96 pré-molares humanos superiores. O ensaio de desgaste será realizado em cicladora mecânica pneumática, com frequência de 2 Hz, em água à 37 oC e carga de 49 N. Os dentes serão

Endereço: BR 285- Km 292 Campus I - Centro Administrativo/Reitoria 4 andar				
Bairro: São José	CEP: 99.052-900			
UF: RS Município: PASSO FUNDO				
Telefone: (54)3316-8157	E-mail: cep@upf.br			

Página 01 de 04
UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO/ VICE-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - VRPPG/ UPF



Continuação do Parecer: 4.448.780

escaneados com micro-CT antes e depois do ensaio e as imagens serão processadas em software para mensurar a profundidade e o volume de desgaste. Análise qualitativa do desgaste dental será realizada utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura. Os dados de profundidade e volume de desgaste serão analisados com ANOVA de dois fatores e teste de Tukey (nível de significância = 5%).

Objetivo da Pesquisa:

Estudar o desgaste gerado em elementos dentais e corpos-de-prova de diferentes materiais restauradores submetidos a um ensaio de desgaste por diferentes tempos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os riscos da pesquisa são mínimos porque não envolve diretamente seres humanos e os dentes serão obtidos de um Biobanco.

Benefícios: Os benefícios da pesquisa incluem o melhor entendimento dos mecanismos de desgaste dental para embasar cientificamente a escolha do material restaurador mais adequado para a cada caso clínico.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O método é experimental laboratorial com dentes humanos extraídos, obtidos de um

Biobanco, após aprovação do CEP. Serão confeccionados corpos-de-prova (CP) de geometria simplificada, compostos por duas camadas: um substrato análogo à dentina e o material restaurador. Serão produzidos 24 corpos-de-prova de cada material restaurador: (5Y) zircônia policristalina parcialmente estabilizada com 5 mol% de itria; (DL) vitro-cerâmica à base de dissilicato de lítio; (RC) resina composta do tipo bulk-fill.Serão utilizados para o estudo 96 pré-molares superiores humanos hígidos concedidos pelo Biobanco. Para seleção dos dentes alguns critérios serão seguidos, como: semelhança de forma, tamanho e cúspide palatina arredondada com forma esférica. Essas, serão cortadas com disco diamantado com peça de mão e serão fixadas em resina acrílica nos suportes da máquina de ciclagem pneumática. As cúspides serão incluídas com auxílio de um delineador,

posicionando-as com um ângulo de 45º ao longo eixo do suporte. A alocação das cúspides antagonistas para os CPs será sorteada e não será realizado nenhum tratamento no esmalte em contato com o CP. O ensaio será realizado em uma máquina de ciclagem mecânica pneumática (Biopid, Biocycle, São Carlos, São Paulo, Brasil), em água a 37º C. Para tal, os CPs serão fixados

Endereço: BR 285- Km 292 Campus I - Centro Adr	dministrativo/Reitoria 4 andar
Bairro: São José	CEP: 99.052-900
UF: RS Município: PASSO FUNDO	
Telefone: (54)3316-8157	E-mail: cep@upf.br

Página 02 de 04

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO/ VICE-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - VRPPG/ UPF



Continuação do Parecer: 4.448.780

com angulação de 30º, o equipamento será

regulado com força máxima de deslizamento do antagonista sobre a superfície de teste em 49 N e frequência de 2 Hz. Cada CP será avaliado com único antagonista. Cada grupo de material será subdividido de acordo com os números de ciclos utilizados no ensaio, que serão: 100.000, 250.000 e 500.000 ciclos (n=8). Para a análise qualitativa dos danos introduzidos durante o ensaio de desgaste nos CPs e antagonistas será utilizada microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para análise quantitativa da área, profundidade e volume de desgaste do

elemento dental será realizado o escaneamento com micro-tomografia computadorizada (Micro-CT, inspeXio, SMX-90CT Plus, Shimadzu, Japão) das cúspides antes e após o ensaio de desgaste. As imagens capturadas serão processadas em um software de imagem. Para análise quantitativa da área, profundidade e volume de desgaste das restaurações de resina composta será realizado o escaneamento com um escâner à laser, após o ensaio de desgaste. As imagens capturadas também serão processadas em um software de imagem.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

"Vide conclusões".

Recomendações:

Após o término da pesquisa, o CEP UPF solicita: a) A devolução dos resultados do estudo aos sujeitos da pesquisa ou a instituição que forneceu os dados; b) Enviar o relatório final da pesquisa, pela plataforma, utilizando a opção, no final da página "Enviar Notificação" + relatório final

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, este Comitê, de acordo com as atribuições definidas na Resolução n. 466/12, do Conselho Nacional da Saúde, Ministério da Saúde, Brasil, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa na forma como foi proposto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P	23/11/2020		Aceito
do Projeto	ROJETO 1666327.pdf	14:02:44		

Endereço: BR 285- Km 292 Campus I - Centro Administrativo/Reitoria 4 andar							
Bairro: São José CE	P: 99.052-900						
UF: RS Município: PASSO FUNDO							
Telefone: (54)3316-8157	E-mail: cep@upf.br						

Página 03 de 04

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO/ VICE-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - VRPPG/ UPF



Continuação do Parecer: 4.448.780

	-			
Folha de Rosto	folharostoass.pdf	23/11/2020	Márcia Borba	Aceito
		14:01:57		
Orçamento	orcamento.docx	23/11/2020	Márcia Borba	Aceito
		14:01:42		
Declaração de	declaracaopesquisadores.jpg	23/11/2020	Márcia Borba	Aceito
Pesquisadores		10:22:40		
Declaração de	cartabiobancoCEP.pdf	18/11/2020	Márcia Borba	Aceito
Manuseio Material		20:52:22		
Biológico /				
Biorepositório /				
Biobanco				
Cronograma	cronogramaCEP.pdf	18/11/2020	Márcia Borba	Aceito
		11:04:55		
Projeto Detalhado /	projeto_CEP.pdf	18/11/2020	Márcia Borba	Aceito
Brochura		11:01:56		
Investigador				
Declaração de	autorizacao_infraestrutura.jpg	18/11/2020	Márcia Borba	Aceito
Instituição e		11:01:04		
Infraestrutura				

Situação do Parecer: Aprovado Necessita Apreciação da CONEP: Não

PASSO FUNDO, 09 de Dezembro de 2020

Assinado por: Felipe Cittolin Abal (Coordenador(a))

Endereço: BR 285- Km 292 Campus I - Centro Administrativo/Reitoria 4 andar						
Bairro: São José	CEP: 99.052-900					
UF: RS Município: PASSO FUNDO						
Telefone: (54)3316-8157	E-mail: cep@upf.br					

Página 04 de 04

PROGRESSIVE TOOTH WEAR AGAINST BULK-FILL RESIN COMPOSITE

Authors: Amanda Bettker,¹ Audrea Dallazem Nogueira,² Evilin Raiana Xavier Marcolin,³ Flavia Tumelero,⁴ Fabricio Mezzomo Collares,⁵ Marcia Borba⁶

¹ DDS, Ms, Graduate Program in Dentistry, University of Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brazil.

² DDS, Ms, PhD, Graduate Program in Dentistry, University of Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brazil.

³ DDS, Dental School, University of Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brazil.

⁴ DDS, Dental School, University of Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brazil.

⁵ DDS, Ms, PhD, Graduate Program in Dentistry, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil.

⁶DDS, PhD, FADM, Dental Division, School of Medical Sciences, University of Manchester, Manchester, UK.

Corresponding Author:

Name: Marcia Borba

Present Address: Faculty of Biology, Medicine and Health; School of Medical Sciences; Dental Division. Coupland Building 3, Manchester, M15 6FH, United Kingdom.

Telephone: (+44) (0) 161 306 6000

E-mail:<u>marcia_borb@hotmail.com/</u>

marcia.borba@manchester.ac.uk

Acknowledgements

This work was supported by FAPERGS and CAPES Brazilian agencies (grant number 19/2551-0000677-2). The authors acknowledge the collaboration of University of Pennsylvania (Dr. Yu Zhang), where the specimens were scanned for the wear analysis.

The authors would like to thank 3M Oral Care for the "Material Transfer Agreement", CAPES and Fapergs Brazilian agencies for the students' scholarship.

National Institute of Science and Technology in 3D Printing and Advanced Materials Applied to Human and Veterinary Health -INCT_3D-Saúde, funded by CNPq/Brazil (Grant #406436/2022-3).

Declaration of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

The authors do not have any financial interest in the companies whose materials are included in this article.

Abstract

Objective: To characterize human tooth wear behavior against a bulk-fill restorative (BF) compared to a conventional resin composite (RC) and a CAD/CAM resin nano ceramic (RN). Materials and Methods: Squareshaped specimens of each material were prepared and sub-divided according to the testing time (n=8): 100,000, 250,000, and 500,000 cycles. The test was performed using a chewing simulator, with 49 N, 2 Hz, in 37°C distilled water. Human premolar cusps were used as antagonists. Micro-CT and laser scanner were used to scan antagonists and specimens, respectively. Wear volume was assessed using a software and the wear pattern was examined with SEM. Softening in solvent was measured for the materials. Volume data were analyzed with two-way ANOVA and Student-Neuman-Keuls test (α =0.05). Results: For tooth and specimen volume loss, there was statistical significance for material and time, but not for the interaction between factors. BF resulted in less tooth and specimen wear than RN and RC, which were similar. Volume loss increased from 100,000 to 500,000 cycles. BF showed the lowest microhardness (KHN1) and % AKHN similar to RC, but greater than RN. Conclusion: BF resulted in a more favorable tooth and specimen wear

behavior. The wear pattern and damage progression were mild for all materials.

Keywords: Resin composites. Tooth wear. Dental restoration wear.

CLINICAL SIGNIFICANCE: Resin composites show favorable wear behavior, leading to low volume loss and mild structural damage of the tooth. Regular bulk-fill resin composite stands out for its efficient restorative technique, low wear susceptibility and reduced capacity to wear down the tooth.

Introduction

Tooth wear is a clinical problem of great interest in dentistry ¹⁻³. Tooth wear by erosion, abrasion, or attrition may cause loss of vertical dimension and decrease the quality of life of patients. This clinical condition may lead to pain, such as headaches from temporomandibular disorders (TMDs) and tooth sensitivity, opportunistic infections such as angular cheilitis, and esthetic alterations ¹⁻⁴. Wear is a complex, cumulative, and irreversible process with a multifactorial etiology. Factors that influence clinical wear include bite force, chewing frequency, diet abrasiveness, liquids' composition, temperature and pH variations, surface roughness, physical and mechanical properties of the materials ¹, ^{3, 5-10}. Materials' wear behavior can be associated to their hardness, fracture strength and toughness, and to their composition, microstructure and surface characteristics ⁹⁻¹².

Resin-based composites are indicated to produce direct and indirect restorations, especially for rehabilitating patients with tooth wear ^{2, 13, 14}. Bulk-fill resin composites are low-shrinkage restorative materials that can be used in larger increments (4 to 6 mm thick), resulting in a faster and simpler treatment ^{15, 16}. Several strategies have been developed to reduce the polymerization shrinkage and to allow higher depth of cure of bulk-fill restoratives, such as adding monomers that act as modulators in the polymerization reaction, introducing more reactive photoinitiators, and increasing the materials' translucency ¹⁶⁻¹⁹. Nevertheless, different manufacturers may use different strategies and these modifications on the materials composition could affect their physical and mechanical properties as well ¹⁷⁻²⁰.

Systematic reviews comparing the longevity of restorations produced with conventional and bulk-fill resin composites reported high survival rates and similar clinical performance ^{14, 16, 21-23}. However, most

80

clinical studies are restricted to highly controlled environments, where teeth with extensive coronal destruction and patients with parafunctional habits were not included ^{11, 21, 22}. Moreover, the available clinical data was considered inconclusive due to the low effect size and low power, mostly related to small sample sizes ²¹. Clinical failure modes included loss of anatomical shape, increase in surface roughness, pigmentation, and fracture of the restorations, which can be clinical consequences of wear ², ^{13, 14, 21, 23}.

Overall, recent laboratory studies showed similar flexural strength, diametral tensile strength, and microhardness between regular bulk-fill and conventional resin composites ^{16, 20, 24, 25}. Few studies investigated the wear behavior of these materials, and existing laboratory methodologies lack standardization ⁵⁻⁸. A study that investigated conventional and bulk-fill low viscosity (flow) resin composites concluded that the wear volume was material-dependent ⁸. Another investigation found that bulk-fill flow restoratives have higher wear rates than a conventional nano hybrid composite ⁵. On the contrary, when regular composites were evaluated, bulk-fill restoratives showed higher wear resistance than the conventional ones ^{6, 7}. Yet, none of these studies

characterized the materials wear behavior against a human tooth; instead, they used stainless steel ^{5, 8} or steatite ^{6, 7} in their oral wear simulations.

In addition to conventional and bulk-fill resin composites, highperformance polymers, such as resin nano ceramic, are also available to produce indirect restorations with the CAD/CAM technology and can be applied to rehabilitate patients ^{2, 10, 26-28}. CAD/CAM composites could induce less human tooth antagonist wear than glass-ceramics and a hybrid material²⁷. Therefore, considering the clinical consequences of wear and the wide range of materials available to produce the restorations, it is important to understand how tooth wear can be influenced by the materials' composition and properties. Thus, the study objective was to characterize the wear behavior of the human tooth against a bulk-fill restorative (BF) compared to a conventional resin composite (RC) and a CAD/CAM resin nano ceramic (RN), through an oral wear simulation. The study hypotheses were that: (1) there is no effect of the type of restorative material on the tooth volume loss; (2) there is no influence of the type of restorative material on the specimen volume loss.

Materials and Methods

Table 1 presents the composition and properties of materials used in the study. Twenty-four specimens of each restorative material were produced: (BF) regular bulk-fill resin composite (Filtek One Bulk Fill, 3M Oral Care, St Paul, MN, USA); (RC) conventional resin composite (Filtek Z350 XT, 3M Oral Care, St Paul, MN, USA); and (RN) resin nano ceramic for CAD/CAM (Lava Ultimate, 3M Oral Care, St Paul, MN, USA). Specimens were subjected to an oral wear simulation against human teeth for 100,000, 250,000, and 500,000 cycles (n=8). In addition, softening in solvent analysis was performed for the three restorative materials.

a. Specimen and antagonist preparation

A dentin analog material (NEMA G10, International Paper, Hampton, SC, USA)²⁹ was cut into 4-mm-thick slices using a metallographic cutter (Struess Minitron, Copenhagen, Denmark) under water refrigeration. The substrate was manually polished with 220-grit silicon carbide paper and stored in water at 37°C for seven days, for hydration. The cementation surface of the substrate was etched with 10% hydrofluoric acid for one minute, washed with water for 30 seconds, and dried by air spray for 30 seconds ²⁹. Finally, a layer of adhesive (Single Bond Universal Adhesive, 3M Oral Care, St Paul, MN, USA) was applied to the treated surface using a microbrush, rubbed for 20 seconds, air-dried for 5 seconds, and photoactivated for 10 seconds in the continuous mode of a light-curing unit (LED Emitter Now Duo, Schuster Equipamentos Odontológicos, Brazil; 1,271 mW/cm²).

BF and RC specimens were produced directly on the treated surface of the dentin analog substrate using a silicone matrix (8 mm x 8 mm x 2 mm). Composites were inserted inside the matrix using a spatula, in a single increment. A polyester strip and a glass slide were placed over the material to obtain a flat surface. The glass slide was then removed, and the specimen surface was divided into two equal parts, each one photoactivated for 20 seconds with a light-curing unit (Emitter Now Duo, Schuster Equipamentos Odontológicos, Brazil). Next, specimens were stored in water at 37°C for 48 hours, and the surface polishing protocol was performed with 600-, 800-, and 1200-grit silicon carbide papers.

RN specimens were produced by cutting CAD/CAM blocks into 2.0-mm-thick slices (10 mm x 12 mm) using a diamond disc in a metallographic cutter (Minitron; Struers) under refrigeration. Both surfaces were polished with 600-, 800-, and 1200-grit silicon carbide papers. One surface was air-abraded with 45 μ m aluminum oxide particles (Biojato, Bio-art, SN 20822, Brazil; 30 psi) prior to cementation. The

adhesive (Single Bond Universal Adhesive) was applied to the treated surface, rubbed with a microbrush for 20 seconds, and air-dried for 5 seconds. RN was cemented over the dentin analog substrate using RelyX Ultimate resin cement (3M Oral Care, St Paul, MN, USA). The bonded specimen was placed in a cementation device with 750g load for 3 minutes to guarantee a uniform cement layer ²⁸. After removing the excess cement with a microbrush, two lateral sides of the specimen were photoactivated (Radii-cal, SDI, Bayswater, Victoria, Australia; 1200 mW/cm²) for 20 seconds each, and an additional 20 seconds photoactivation was made perpendicular to RN surface (total 60 seconds). Cemented specimens were stored in distilled water at 37°C for 48 hours prior to the mechanical tests.

For the antagonists, seventy-two healthy human upper premolars extracted for orthodontic reasons were selected from a Biobank after approval from the Research Ethics Committee (protocols #2.408.275 and #4.448.780). Teeth with similar anatomy and dimensions, and palatal cusps with round edges and spherical shapes were included. Palatal cusps were cut and included with acrylic resin to testing devices that were attached to the chewing simulator. An alignment apparatus was used to guarantee a 45° inclination of the cusp. Teeth were randomly assigned to the experimental groups and the cusp enamel did not undergo previous treatment.

b. Wear analysis

The test was performed using a pneumatic mechanical cycling machine (Biopid, Biocycle, São Carlos, São Paulo, Brazil) in water at 37°C, with 2 Hz frequency, and 49 N vertical load. The specimen was placed in the machine with its surface in a 30° angle, while the tooth cusp was at 45° angle, aiming for the antagonist to slide over the specimen surface during the vertical load application. Each specimen was tested against a new antagonist. Groups were subdivided according to the number of cycles used in the oral wear simulation (n=8): 100,000, 250,000, and 500,000.

The tooth cusps were scanned with computed X-ray microtomography (Micro-CT, inspeXio, SMX-90CT Plus, Shimadzu, Japan) before and after the wear test. The used parameters were SID 300 mm, SOD 44.6 mm, CT-Z 22 mm, and a voxel size of 0.012 mm/Pix, totaling 540 slices per cusp. The files were saved in DICON format and converted to STL with a 3D slicer software (www.slicer.org). Specimens

were scanned with a laser scanner (SD Mechatronic Laser Scanner LAS-20) and 10 μ m resolution, after the wear test ⁹.

Quantitative analysis of the volume loss of the antagonists and the specimens were performed with a 3D reconstruction software (3D System Geomagic Wrap). For the antagonist, images obtained before and after the wear test were first overlapped (Figure 1a and 1b) and then subtracted, in order to isolate the scar and calculate the volume loss (Figure 1c). For the specimen, wear was measured by reconstructing the original surface of the tested specimen. The same model was compared before and after the reconstruction to calculate the volume loss ⁹.

Qualitative analysis of the wear scars for the antagonists and the specimens were performed using optical and scanning electron microscopy (SEM Vega3 model, Tescan). Teeth did not receive a layer of a conductive material as the wear scars were analyzed in the SEM with a Back-Scatter Detector (BSE).

Tooth volume loss data obtained in a pilot test was used to calculate the sample size with G*Power 3.1.9.4 software. The parameters used were effect size = 0.70, α = 0.05 and power = 0.80, which resulted in a sample size of 8 per group. Wear scar volume data passed the Shapiro-Wilk normality test (p>0.05) and similar variance test (p>0.05) and were

analyzed with two-way ANOVA (factor 1: material; factor 2: time) and the Student-Newman-Keuls test (α =0.05).

c. Softening in solvent analysis

Disc-shaped specimens of the three restorative materials (4 mm diameter x 1 mm height) were prepared for the softening in solvent analysis (n = 5) ³⁰. Knoop microhardness (KHN1) was measured using a microhardness tester (HMV 2, Shimadzu, Japan) with a 10 g load for 5 seconds, with three indentations in each specimen. Specimens were then immersed in 70% ethanol solution for 2 hours, and a new KHN measurement was performed (KHN2). The difference between KHN1 and KHN2 was used to calculate de Δ KHN % for softening solvent analysis.

KHN1 and Δ KHN % data passed the Shapiro-Wilk normality test (p>0.05) and similar variance test (p>0.05) and were analyzed with oneway ANOVA and Tukey's test (α =0.05). For each material, separately, KHN1 and KHN2 values were compared using t-test (α =0.05).

Results

a. Quantitative wear analysis

For tooth volume loss, there was statistical significance for the factor restorative material (p = 0.008; power = 0.724) and for the factor time (p = 0.049; power = 0.420), but there was no significance for the interaction between factors (p=0.451; power = 0.050) (Table 2). BF resulted in significantly lower tooth wear than RC and RN, which were statistically similar. Volume loss significantly increased between 100,000 and 500,000 testing cycles.

For the specimen wear analysis, the factors material (p=0.030; power = 0.519) and time (p=0.016; power = 0.640) significantly affected volume loss, while the interaction between factors was not significant (p=0.161; power = 0.213) (Table 3). BF presented the lowest volume loss. RC and RN showed the highest wear values, which were statistically similar. Wear volume was higher after 500,000 cycles than 100,000 cycles.

b. Qualitative wear analysis

Figure 2 shows representative images of the tooth wear surface after 100,000 testing cycles, for the three experimental groups. The tooth wear pattern was similar among groups, showing a rough surface and marks (grooves) that indicate microplasticity. Less frequently, it was also possible to identify microcracks and exposure of the enamel prisms due to structural loss. As the number of cycles increased from 100,000 to 500,000 cycles, these wear marks became slightly more prominent, as described in Figure 3.

Figure 4 shows a detailed view of the surface damage of the restorative materials. The three different materials presented a similar pattern with smooth surfaces, microplasticity (as observed in the surface of the respective antagonist teeth), and microcracks.

c. Softening in solvent analysis

BF presented the lowest initial Knoop microhardness (KHN1), followed by RC and RN, which had the highest value (p<0,001) (Table 4). The three restorative materials showed a significant decrease in microhardness after immersion in ethanol (p<0.050). BF had greater % Δ KHN than RN, and statistically similar to RC (p=0.047).

Discussion

Several factors can affect tooth wear, including the composition, surface characteristics and properties of the restorative materials ^{1, 3, 11, 12}. In the present investigation, a regular bulk fill restorative induced less volume loss to the antagonist tooth than the conventional resin composite and a CAD/CAM resin nano ceramic material, rejecting the first study hypothesis. The wear behavior of resin-based composites can be associated to the filler type, size, shape, and content ^{5-7, 9, 11, 12, 19}. Yet, the three restorative materials evaluated have similar inorganic composition, with zirconia and silica nanoparticles, ranging from 76.5 wt% to 80 wt% (Table 1). Therefore, the distinct behavior among materials does not seem to be associated with their inorganic content.

Organic matrix composition may also affect the properties of resinbased composites ^{11, 31}. The resin matrix of bulk-fill restoratives was modified to reduce stresses during polymerization ^{15, 16}. The organic matrix of the tested BF has a high molecular weight AUDMA monomer, which reduces the number of reactive groups, leading to lower polymerization shrinkage and stress, and reducing the stiffness of the final matrix. An addition-fragmentation monomer (AFM) was also added to relieve stress ^{20, 24}. The organic matrix of the conventional RC has bis-GMA, BISEMA, TEGDMA, and UDMA monomers ^{24, 25}, while RN has a high-density cross-linked UDMA matrix ^{10, 27}.

These differences in the materials composition lead to differences in their initial microhardness and degradation after immersion in ethanol, which could explain the wear behavior as well ³¹. BF showed the lowest microhardness and had greater % Δ KHN than RN. RN experiences an industrial polymerization process involving high temperatures (>100°C) and high pressure (>150 MPa), achieving a high degree of conversion and crosslink density which could explain its higher microhardness and chemical stability ^{26, 28}. In addition, polymer networks with high cross-linking density have limited space and pathways available for solvent molecules to diffuse within the structure, being more resistant to degradative reactions ^{30, 31}.

Although BF lead to reduced tooth wear, qualitative analyses of the surface damage showed similar wear pattern for the different restorative materials. Overall, the surface characteristics suggest the presence of mild wear, with increased enamel roughness due to removal of wear particles and presence of surface grooves. Yet, as the oral wear simulation progresses, higher frequency of small cracks could be identified and suggest the presence of fatigue damage, that lead to gradual loss of structure due to delamination ³. Intact human teeth with similar characteristics were used to properly characterize the conditions of the oral environment ¹. Yet, it is not possible to completely standardize the

contact area and pressure during the test, especially as the contact area may change as the wear process advances, which is a study limitation.

In addition to inducing less wear to the tooth, BF also showed less volume loss in comparison to the other restorative materials, rejecting the second study hypothesis. Studies that evaluated the same BF material against a steatite antagonist also reported lower volume loss than conventional RC and attributed the differences to the polymer matrix composition ^{6, 7}. Yet, the wear pattern of the three restorative materials was similar and volume loss progressively increased over time, corroborating previous studies ¹⁰. A high filler content with dispersed and agglomerated nanoparticles reduces resin matrix exposure to the antagonist tooth and promotes wear resistance ¹⁰⁻¹². It also provides a more homogeneous surface, considering that particle nano-agglomerates break into small fragments ¹⁰. The resin-based composited viscoelastic behavior results in zones of plastic deformation that were similar to the pattern seen for the antagonist enamel. Fatigue mechanisms are also present as cyclic loading can lead to the initiation of microcracks in the plastically deformed regions, as observed in Figure 4. Moreover, as the wear process progresses, exposure and detachment of filler particles may lead to an abrasive wear mechanism (three-body abrasive wear)^{10,11}.

The oral wear simulation was an adaptation of the Zürich wear method described in ISO 14569-2 and intended to simulate attrition between the restorative material and an antagonist tooth (two-body wear) ¹. Moreover, clinical parameters were added to the methodology, including testing in a humid environment at 37°C, using load (49 N) and frequency (2 Hz) values in the same range of the ones found in service ³. Nevertheless, it is important to emphasize that the wear mechanisms are complex and involve several factors that cannot be properly reproduced in a laboratory setup, such as the patients individual conditions ^{1, 3, 12}. Moreover, it is not possible to directly correlate the number of cycles used in the oral wear simulation with time in service as the testing conditions are more aggressive. Therefore, the wear analysis was performed at different number of cycles aiming to characterize the progressive wear of the tooth and restorative material in different scenarios.

Conclusion

Within the limitations of this current study, it was concluded that bulk-fill restorative resulted in less volume loss of the tooth and the specimen than conventional direct and indirect composites. Yet, the wear pattern and damage progression were mild for all investigated materials.

References

- Heintze SD, Reichl FX, Hickel R. Wear of dental materials: Clinical significance and laboratory wear simulation methods -A review. Dent Mater J 2019;38(3):343-53.
- 2. Crins L, Opdam NJM, Kreulen CM, et al. Randomized controlled trial on the performance of direct and indirect composite restorations in patients with severe tooth wear. Dent Mater 2021;37(11):1645-54.
- 3. Kruzic JJ, Hoffman M, Arsecularatne JA. Fatigue and wear of human tooth enamel: A review. J Mech Behav Biomed Mater 2023;138:105574.
- 4. Mesko ME, Sarkis-Onofre R, Cenci MS, et al. Rehabilitation of severely worn teeth: A systematic review. J Dent 2016;48:9-15.
- 5. Osiewicz MA, Werner A, Roeters FJM, Kleverlaan CJ. Wear of bulk-fill resin composites. Dent Mater 2022;38(3):549-53.
- 6. Alsahafi TA, Walter R, Nunes M, Sulaiman TA. Wear of Bulkfill Composite Resins After Thermo-mechanical Loading. Oper Dent 2023;48(4):416-24.
- Abdulmajeed AA, Suliman AA, Selivany BJ, Altitinchi A, Sulaiman TA. Wear and Color Stability of Preheated Bulk-fill and Conventional Resin Composites. Oper Dent 2022;47(5):585-92.
- 8. Ujiie M, Tsujimoto A, Barkmeier WW, et al. Comparison of occlusal wear between bulk-fill and conventional flowable resin composites. Am J Dent 2020;33(2):74-78.
- 9. Vardhaman S, Borba M, Kaizer MR, Kim D, Zhang Y. Wear behavior and microstructural characterization of translucent multilayer zirconia. Dent Mater 2020;36(11):1407-17.
- 10. Wendler M, Kaizer MR, Belli R, Lohbauer U, Zhang Y. Sliding contact wear and subsurface damage of CAD/CAM materials against zirconia. Dent Mater 2020;36(3):387-401.
- 11. Kruzic JJ, Arsecularatne JA, Tanaka CB, Hoffman MJ, Cesar PF. Recent advances in understanding the fatigue and wear behavior of dental composites and ceramics. J Mech Behav Biomed Mater 2018;88:504-33.
- 12. Heintze SD, Zellweger G, Zappini G. The relationship between physical parameters and wear of dental composites. Wear 2007;263:1138-46.

- Demarco FF, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. Dent Mater 2012;28(1):87-101.
- 14. Sekundo C, Fazeli S, Felten A, et al. A randomized clinical split-mouth trial of a bulk-fill and a nanohybrid composite restorative in class II cavities: Three-year results. Dent Mater 2022;38(5):759-68.
- 15. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. J Adhes Dent 2017;19(2):95-109.
- Cidreira Boaro LC, Pereira Lopes D, de Souza ASC, et al. Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin -a systematic review and meta-analysis. Dent Mater 2019;35(10):e249-e64.
- 17. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. Dent Mater 2015;31(12):1542-51.
- Rosatto CM, Bicalho AA, Verissimo C, et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. J Dent 2015;43(12):1519-28.
- Fronza BM, Ayres A, Pacheco RR, et al. Characterization of Inorganic Filler Content, Mechanical Properties, and Light Transmission of Bulk-fill Resin Composites. Oper Dent 2017;42(4):445-55.
- 20. Alzahrani B, Alshabib A, Awliya W. Surface hardness and flexural strength of dual-cured bulk-fill restorative materials after solvent storage. BMC Oral Health 2023;23(1):306.
- 21. Veloso SRM, Lemos CAA, de Moraes SLD, et al. Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Investig 2019;23(1):221-33.
- 22. Abreu NM, Sousa FB, Dantas RV, et al. Longevity of bulk fill and ormocer composites in permanent posterior teeth: Systematic review and meta-analysis. Am J Dent 2022;35(2):89-96.
- Loguercio AD, Rezende M, Gutierrez MF, et al. Randomized 36-month follow-up of posterior bulk-filled resin composite restorations. J Dent 2019;85:93-102.

- 24. Eweis AH, Yap AU, Yahya NA. Comparison of Flexural Properties of Bulk-fill Restorative/Flowable Composites and Their Conventional Counterparts. Oper Dent 2020;45(1):41-51.
- 25. Strini BS, Marques JFL, Pereira R, et al. Comparative Evaluation of Bulk-Fill Composite Resins: Knoop Microhardness, Diametral Tensile Strength and Degree of Conversion. Clin Cosmet Investig Dent 2022;14:225-33.
- Mainjot AK, Dupont NM, Oudkerk JC, Dewael TY, Sadoun MJ. From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. J Dent Res 2016;95(5):487-95.
- 27. Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, Guth JF. Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. J Mech Behav Biomed Mater 2015;55:1-11.
- 28. Nogueira A.D., Corazza P.H., Pecho O.E., Perez M.M., M. B. Effect of cementation on the mechanical behavior of a nanoceramic resin. Ceramica 2020;66:236-42.
- 29. Merlo EG, Della Bona A, Griggs JA, Jodha KS, Corazza PH. Mechanical behavior and adhesive potential of glass fiberreinforced resin-based composites for use as dentin analogues. Am J Dent 2020;33(6):310-14.
- 30. Balbinot GS, Leitune VCB, Ogliari FA, Collares FM. Niobium silicate particles promote in vitro mineral deposition on dental adhesive resins. J Dent 2020;101:103449.
- 31. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dent Mater 2006;22(3):211-22.

Tables

Table 1. Description of restorative materials used in the study and flexural strength (σ_f), diametral tensile strength (DTS), and Knoop (KNH) and Vickers (VHN) hardness values.

Туре	Material	Organic	Inorganic composition*	$\sigma_{\rm f}$	DTS	Hardn	ess
		composition*		(MPa)	(MPa)	KNH V	VHN
RC –	Filtek	Bis-GMA,	Silica (20 nm) and	161.0 *	86.0 *	99.9	
Conventional	Z350XT	UDMA,	zirconia (4 to 11 nm)	135.2 24	46.6 25	25	
resin composite		TEGDMA, and	filler: 78.5% wt. (63.3%				
		bis-EMA	vol.)				
BF - Regular	Filtek One	AFM, AUDMA,	Silica (20 nm), zirconia	159.0 *	56.7 ²⁵	87.2	64.9
bulk-fill	Bulk Fill	UDMA, and 1,	(4 to 11 nm), and	144.0 24		25	20
	Restorativ	12-dodecane-	ytterbium trifluoride	146.3 20			
	e	DMA	(100 nm) filler: 76.5%				
			wt. (58.5% vol.)				
RN - Resin nano	Lava	UDMA	Silica (20 nm) and	201.0 28			115
ceramic	Ultimate		zirconia (4 to 11 nm)				28
			filler: 80% wt. (65%				
			vol.).				

* Information provided by 3M Oral Care, St Paul, MN, USA.

Bis-GMA - bisphenol A-glycidyl methacrylate; UDMA - urethane dimethacrylate; TEGDMA - triethylene glycol dimethacrylate; bis-EMA - bisphenol A ethoxylated dimethacrylate; AUDMA - aromatic urethane dimethacrylate.

Table 2. Mean (standard deviation) tooth volume loss (mm³) for the experimental groups.

Factor 1: Restorative Material									
В	F	R	C	R	N		р		
0.17 (0	0.17 (0.06) b		0.24 (0.12) a		0.28 (0.15) a		0.008*		
				Factor 2	: Time				
100,000) cycles	250,000) cycles	500,00	0 cycles		р		
0.18 (0	0.18 (0.09) b		0.12) ab 0.28 (0) ab 0.28 (0.15) a 0.049*		9*		
			Intera	action: Ma	terial vs. T	ime			
	BF			RC			RN		
100,000	250,000	500,000	100,000	250,000	500,000	100,000	250,000	500,000	р
0.17	0.14	0.19	0.20	0.25	0.29	0.19	0.30	0.36	0.451
(0.07)	(0.04)	(0.07)	(0.10)	(0.10)	(0.15)	(0.11)	(0.15)	(0.17)	0.451

*Values followed by different letters in the same row are statistically different

(p<0.05).

Table 3. Mean (standard deviation) specimen wear volume (mm³) for the experimental groups.

Factor 1: Restorative Material									
B	F	R	C	R	N		р		
0.46 (0	0.46 (0.29) b		1.26) a 1.06		6 (0.80) a 0.030*		0*		
				Factor 2	: Time				
100,000	0 cycles	250,000) cycles	500,00	0 cycles		р		
0.43 (0	0.43 (0.23) b		0.94 (1.14) ab		1.32 (0.85) a		0.016*		
			Intera	ection: Ma	terial vs. T	ime			
	BF RC RN								
100,000	250,000	500,000	100,000	250,000	500,000	100,000	250,000	500,000	р
0.25	0.43	0.70	0.45	1.72	1.32	0.57	0.67	1.93	0.161
(0.09)	(0.27)	(0.28)	(0.27)	(1.85)	(0.92)	(0.22)	(0.19)	(0.84)	

*Values followed by different letters in the same row are statistically different

(p<0.05).

Table 4. Mean (standard-deviation) values of Knoop microhardness for the restorative materials before (KHN1) and after (KHN2) immersion in ethanol, and difference between KHN1 and KHN2 (%ΔKHN).

Materials	KHN1	KHN2	p***	% ∆KHN
BF	70.66 (4.72) C a	55.06 (3.61) b	0.003	21.84 (6.60) B
RC	85.27 (5.65) B a	72.80 (4.88) b	0.006	14.46 (5.72) AB
RN	107.29 (2.3) A a	94.21 (4.65) b	0.003	12.17 (4.39) A
p **	< 0.001			0.047

*Values followed by different lowercase letters in the same row are statistically different (p<0.05). Values followed by different uppercase letters in the same column are statistically different (p<0.05).

**p-values obtained from One-Way ANOVA.

***p-values obtained from t-test.

Figure Legends

Figure 1. Image processing software for volume analysis. (a) Tooth images before and after the wear test and image overlapping to identify wear volume. (b) Delimited wear scar for analysis. (c) Volume loss analysis.

Figure 2. SEM representative images of the antagonist tooth surface after the wear test for 100,000 cycles against (a) BF, (b) RC, and (c) RN. Images (d), (e), and (f) correspond to the region determined by the black box in figures (a), (b), and (c), respectively. Wear resulted in increased surface roughness, as observed in images (d) and (e); grooves, as pointed by the black arrows in image (f); and, enamel prism exposure, delimited by the doted circle in image (f). The sliding direction is from the bottom to the top (black arrow to the right).

Figure 3. SEM representative images of the tooth surface damage after 250,000 and 500,000 cycles. Damages observed were enamel grooves (a) perpendicular and (b) parallel to the sliding direction, (c) small cracks indicated by the arrows, and (d) increased surface roughness due to the removal of wear particles.

Figure 4. SEM representative images of the restorative material surface showing damage caused by the antagonist teeth during the wear test.

Images (a) and (b) show grooves, microcracks (black arrows), and material loss on the RN surface, with signs of plastic deformation.



Figure 1. Image processing software for volume analysis. (a) Tooth images before and after the wear test and image overlapping to identify wear volume. (b) Delimited wear scar for analysis. (c) Volume loss analysis.



Figure 2. SEM representative images of the antagonist tooth surface after the wear test for 100,000 cycles against (a) BF, (b) RC, and (c) RN. Images (d), (e), and (f) correspond to the region determined by the black box in figures (a), (b), and (c), respectively. Wear resulted in increased surface roughness, as observed in images (d) and (e); grooves, as pointed by the black arrows in image (f); and, enamel prism exposure, delimited by the doted circle in image (f). The sliding direction is from the bottom to the top (black arrow to the right).



Figure 3. SEM representative images of the tooth surface damage after 250,000 and 500,000 cycles. Damages observed were enamel grooves (a) perpendicular and (b) parallel to the sliding direction, (c) small cracks indicated by the arrows, and (d) increased surface roughness due to the removal of wear particles.



Figure 4. SEM representative images of the restorative material surface showing damage caused by the antagonist teeth during the wear test. Images (a) and (b) show grooves, microcracks (black arrows), and material loss on the RN surface, with signs of plastic deformation.