

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Mateus Werklehr Paganotto Lopes

**DESEMPENHO DE
RESTAURAÇÕES DE RESINA
BULK FILL EM PRÉ-MOLARES
AMPLAMENTE DESTRUÍDOS**

Passo Fundo

2022

Mateus Werklehr Paganotto Lopes

**DESEMPENHO DE
RESTAURAÇÕES DE RESINA
BULK FILL EM PRÉ-MOLARES
AMPLAMENTE DESTRUÍDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação 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 prof. Dr. Kauê Farias Collares e coorientação do prof^a. Dr^a. Marcia 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

Mateus Werklehr Paganotto Lopes, nascido dia 24 de maio de 1997 no município de Santo Ângelo – RS. Graduado em odontologia pela Universidade de Passo Fundo no ano de 2019. Mestrando do programa de pós-graduação em odontologia pela Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo e pós-graduando em Dentística restauradora pelo HD Instituto (Faculdade FAIPE).

OFERECIMENTOS E AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a minha família, em especial meus pais que nunca mediram esforços para que eu pudesse alcançar todas minhas conquistas até aqui, amo muito vocês. Aos meus amigos, desde aqueles de infância e que mantenho até hoje, até aqueles que fui cultivando ao longo desta caminhada dentro da odontologia, cada um de vocês foi responsável por uma “partezinha” deste trabalho, seja ajudando ativamente, me incentivando ou apenas ouvindo minhas comemorações com as vitórias ou desabafos com as derrotas. Um abraço especial a dois desses amigos que integraram a equipe que realizou esse trabalho: Andrei Bortoluzzi e Matheus Zanatta, o trabalho de vocês foi essencial para elaboração desse projeto, sem vocês essa pesquisa não teria acontecido, então muito obrigado!

Em segundo lugar quero agradecer a todos os professores que fizeram parte da minha jornada educacional, desde aqueles responsáveis pela minha alfabetização até aqueles que me orientaram nesta pesquisa, sem vocês nada disso teria sido possível, sem vocês essa caminhada não existiria, e lembro de absolutamente todos com muito carinho. Não posso deixar de expressar um carinho especial aos meus orientadores Prof. Kauê Collares, Profª Marcia Borba e Profª Juliane Bervian os quais tive o prazer de trabalhar junto desde a graduação. A dedicação e competência que vocês tiveram comigo, com o grupo e com a pesquisa foi fantástica. Mas devo ressaltar que não eram apenas essas qualidades “acadêmicas” que me inspiravam, mas sim as qualidades humanas... zelo, carinho... uma conversa de corredor sobre a vida, uma palavra

amiga em um momento difícil, nossas jantãs regadas a muitos sorrisos. Felizmente essa parceria se estendeu para o mestrado, onde mesmo com a distância e dificuldades geradas pela pandemia conseguimos desenvolver este trabalho da melhor forma possível. Sou feliz por poder trabalhar em um grupo que é tão competente quanto é querido e nunca vou me esquecer de vocês.

Por fim quero agradecer a Universidade de Passo Fundo, a Faculdade de Odontologia e ao Programa de Pós-Graduação que foram minha casa durante esses 7 anos de formação acadêmica. Cheguei aqui em 2015 com 17 anos sabendo tão pouco sobre a vida e sem saber absolutamente nada sobre odontologia e pesquisa científica. Consigo montar um filme na minha cabeça sobre todos os momentos que me trouxeram até aqui, tudo que amadureci como estudante, como profissional e principalmente como pessoa! Agora, com 25 anos, saio daqui como mestre, com uma bagagem cheio de experiências e sonhos, mas que ainda quer buscar muito mais. Estendo também meus agradecimentos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a empresa 3M que financiaram este projeto.

SUMÁRIO

BIOGRAFIA DO AUTOR	5
OFERECIMENTOS E AGRADECIMENTOS	6
SUMÁRIO	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE ABREVIATURAS	11
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
3. PROPOSIÇÃO	31
4. MATERIAIS E MÉTODOS	32
5. RESULTADOS	44
6. DISCUSSÃO	49
7. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS	57
ARTIGO SUBMETIDO	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Divisão dos grupos experimentais.....	33
Tabela 2 – Descrição dos materiais restauradores.....	33
Tabela 3 – Comparação entre diferentes técnicas de restauração direta com resina em pré-molares tratados endodonticamente, de acordo com os critérios FDI.....	45
Tabela 4 – Parâmetros de módulo de Weibull e tempo de vida característico da análise de sobrevivência.....	46
Tabela 5 – Parâmetros de módulo de Weibull e tempo de vida característico da análise de sucesso.....	47
Tabela 6 – Previsões de probabilidade de falha para 500.000 e 1.000.000 ciclos e tempo de vida médio para os grupos experimentais.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Preparo das amostras.....	34
Figura 2 – Dimensões da cavidade.....	34
Figura 3 – Tratamento endodôntico.	36
Figura 4 – Simulação do ligamento periodontal	37
Figura 5 – Condicionamento de superfície.	38
Figura 6 – Procedimento restaurador técnica combinada...	39
Figura 7 – Procedimento restaurador técnica Bulk Fill.	40
Figura 8 – Teste de fadiga.....	41
Figura 9 - Gráfico Box Plot do tempo de confecção das restaurações.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS

RC	Resina Composta Convencional
RBF	Resina Bulk Fill
MOD	Mesio-ocluso-distal

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de restaurações Bulk Fill (RBF) utilizando diferentes técnicas e em diferentes configurações cavitárias em dentes tratados endodonticamente. Também se comparou o tempo de trabalho das técnicas. Cavidades classe II (MOD) seguido de tratamento endodôntico foram confeccionadas em 72 pré-molares superiores humanos hígidos. Destes, metade tiveram 1/3 da cúspide palatina removida. As amostras foram restauradas em 3 técnicas: incremental com resina Filtek Z350XT, combinada com resina Filtek Bulk Fill Flowable e Bulk Fill com Filtek One Bulk Fill Restorative, totalizando 6 grupos experimentais. As amostras foram submetidas a teste de fadiga em uma cicladora mecânica pneumática com carga de 80 N por 1 milhão de ciclos. As restaurações foram avaliadas através de critério clínico da FDI. Os dados foram analisados com a distribuição de Weibull de dois parâmetros e Método de Máxima Verossimilhança (MLE). Os scores FDI foram analisados com teste exato de Fischer. As diferentes técnicas restauradoras apresentaram desempenho similar na análise dos critérios FDI e na análise de sobrevivência do conjunto dente/restauração. Na análise de sucesso, em uma situação de maior perda de estrutura dental, a técnica Bulk Fill apresentou maior confiabilidade, enquanto a Técnica Combinada resultou em maior tempo de vida em fadiga. Dentes mais frágeis possuem maior risco de falha e impactaram no desempenho das restaurações independente da técnica. O tempo de trabalho clínico com as RBF foi consideravelmente inferior. As

RBF podem ser utilizadas em situações de perda de estrutura coronária extensa com inúmeros benefícios e desempenho adequado.

Palavras-chave: Restauração Dentária Permanente, Resinas Compostas, Endodontia, Bulk-Fill.

ABSTRACT¹

The aim of this study was to evaluate the performance of Bulk Fill (RBF) restorations using different techniques and in different cavity configurations in endodontically treated teeth. The working time of the techniques was also compared. Class II cavities (MOD) followed by endodontic treatment were made in 72 healthy human maxillary premolars. Of these, half had 1/3 of the palatal cusp removed. The samples were restored using 3 techniques: incremental with Filtek Z350XT resin, combined with Filtek Bulk Fill Flowable resin and Bulk Fill with Filtek One Bulk Fill Restorative, totaling 6 experimental groups. The samples were subjected to fatigue testing in a pneumatic mechanical cycluser with a load of 80 N for 1 million cycles. The restorations were evaluated using the FDI clinical criteria. Data were analyzed using the two-parameter Weibull distribution and Maximum Likelihood Method (MLE). FDI scores were analyzed using Fischer's exact test. The different restorative techniques presented similar performance in the analysis of the FDI criteria and in the analysis of survival of the tooth/restoration set. In the successful analysis, in a situation of greater loss of tooth structure, the Bulk Fill technique showed greater reliability, while the Combined Technique resulted in a longer fatigue life. Weaker teeth have a higher risk of failure and impacted the performance of restorations regardless of technique. The

¹ Title: Performance of Bulk Fill resin restorations in largely destroyed premolars

time of clinical work with the RBF was considerably lower. RBFs can be used in situations of extensive coronary structure loss with numerous benefits and adequate performance.

Keywords: Permanent Dental Restoration, Composite Resins, Endodontics, Bulk-Fill.

1. INTRODUÇÃO

O procedimento restaurador de elementos dentários acometidos por cárie, fraturas coronárias e desgastes figuram como uma das práticas clínicas mais comuns no dia-a-dia do cirurgião-dentista. Além disso, também é grande o número de pacientes que necessitam de reparo e substituição de restaurações previamente existentes (Laske *et al.*, 2016; Sande, van de *et al.*, 2019). Todos esses cenários levam a um impacto financeiro, seja sobre o indivíduo ou sobre os sistemas de saúde, bem como ao bem-estar do paciente, o que torna essencial escolhermos os melhores materiais e protocolos clínicos, garantindo longevidade e bom prognóstico aos tratamentos (Sande, van de *et al.*, 2019)

Entre os materiais restauradores disponíveis, as RC são as mais utilizadas para técnicas de restaurações diretas. Elas são práticas, baratas e versáteis, possuem propriedades mecânicas e estéticas aceitáveis além de apresentar excelente longevidade clínica, a qual já está consolidada na literatura (Opdam *et al.*, 2014; Rosa Rodolpho *et al.*, 2011; Wierichs, Kramer e Meyer-Lueckel, 2020). Contudo, o tratamento restaurador e sua durabilidade podem ser um desafio para o profissional, sobretudo quando os pacientes apresentam fatores de risco para falha de restaurações. Sabe-se que a fatores individuais, como os socioeconômicos, etários e até mesmo de experiência de carie estão ligados a longevidade das restaurações (Demarco *et al.*, 2012). Além disso, estudos apontam que grandes perdas de estrutura coronária, número de paredes perdidas e presença de tratamento endodôntico, por exemplo, configuram como fatores de nível dentário que mais impactam

negativamente a taxa de sobrevivência anual das restaurações (Laske *et al.*, 2016; Mergulhão *et al.*, 2019; Rosa Rodolpho *et al.*, 2011).

Como todo material restaurador, as RC também apresentam limitações, como grande contração de polimerização, o que gera tensões, sobretudo na interface adesiva e que pode, consequentemente, levar a desadaptação marginal, além de um protocolo clínico sensível, longo e de múltiplos passos por conta da técnica de inserção incremental (Bucuta e Ilie, 2014; Charamba *et al.*, 2017; Rosatto *et al.*, 2015). Neste contexto, aliando a necessidade de aprimorar a técnica restauradora, sobretudo de dentes amplamente destruídos, bem como a busca de tratamentos que demandem menor tempo clínico, alguns materiais têm sido desenvolvidos.

As RBF apresentam vantagens em comparação com as RC, as quais se destacam menor contração de polimerização e possibilidade de inserção de incrementos de até 5mm na cavidade (Kaisarly *et al.*, 2022). Com isso, o tempo clínico é significativamente menor tornando a técnica menos sensível. O menor número de incrementos também reduz as chances de incorporação de bolhas e espaços vazios entre as camadas de resina (Loguercio *et al.*, 2019; Martins *et al.*, 2020; Tardem *et al.*, 2019). Além disso, as baixas tensões geradas pela restauração provavelmente reduziriam as chances de fraturas catastróficas as quais esses elementos já estão pré-dispostos a sofrerem (Laske *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2020). Portanto, o uso deste material em dentes fragilizados e com grande perda de estrutura, sobretudo os tratados endodonticamente, sugere resultados promissores quando comparados a técnicas convencionais.

Logo, a necessidade de reabilitarmos os elementos estruturalmente perdidos é imperativa, de modo a melhorarmos seu prognóstico. Junto a isso, a decisão em optar por uma restauração direta em dentes amplamente destruídos e fragilizados deve ser muito criteriosa e estudada. Entender o comportamento dos materiais restauradores utilizados frente a essa situação é essencial. A literatura ainda é escassa para avaliar o comportamento clínico e mecânico das RBF em dentes amplamente destruídos. Estudos comparativos de resistência, desgaste e adaptação marginal mostram resultados variados (Atalay *et al.*, 2016; Benetti, A. R. *et al.*, 2015; Kemaloglu *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2015; Mergulhão *et al.*, 2019). Portanto, faz-se necessário um estudo laboratorial comparativo entre restaurações realizadas com RBF e com RC em dentes tratados endodonticamente e que possuem configurações de cavidade em situações clínicas desafiadoras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Restaurações

Os materiais odontológicos utilizados para restauração de dentes que sofreram com a perda de estrutura, seja por cárie, trauma, acessos endodônticos ou lesões não cariosas evoluíram exponencialmente ao longo dos anos. A demanda dos pacientes por uma melhor estética, mesmo quando em região posterior, aliado ao advento da odontologia adesiva desde a introdução do condicionamento ácido por Buonocore em 1955 fez com que as restaurações em amalgama de prata desse lugar aos materiais cerâmicos e resinosos (Angeletaki *et al.*, 2016). Junto com a evolução dos materiais também houve evolução nos estudos de cariologia e prevenção, os quais somados nos levam cada vez mais a praticar uma odontologia minimamente invasiva. Com um maior leque de possibilidades e diversos protocolos clínicos restauradores devemos ter clareza de qual é a melhor opção de tratamento para o paciente (Banerjee *et al.*, 2020).

Uma dessas opções reabilitadoras é a confecção de restaurações indiretas. Essas são aquelas realizadas fora da cavidade oral do paciente, a partir de uma moldagem, sendo geralmente em cerâmicas como o dissilicato de lítio e zircônias. As peças são confeccionadas em laboratório e, posteriormente, cimentadas com cimentos resinosos. Assim, temos a vantagem de reabilitar os dentes melhorando sua resistência e deixando a contração de polimerização restrita apenas à linha de cimentação além de, muitas vezes, garantirmos contornos proximais mais adequados do que a técnica direta (Angeletaki *et al.*,

2016). Outra alternativa empregada é o uso de retentores intrarradiculares para reforçar a estrutura dental remanescente em casos de grandes perdas coronária. Contudo, tais procedimentos são relativamente mais invasivos, muitas vezes exigem desgaste de estrutura dental a qual já se encontra fragilizada com o pouco remanescente que possui. Além do mais, são mais caras e requerem um maior número de consultas o que pode tornar o tratamento inviável para o paciente (Ausiello *et al.*, 2017; Mohammadi *et al.*, 2009; Zarrati e Mahboub, 2010).

As RC são, por sua vez, o padrão ouro dos materiais restauradores diretos. Isso se deve a sua praticidade, versatilidade, baixo custo, rapidez da técnica e, principalmente, por dispensar preparos invasivos. Estudos mostram excelente desempenho clínico com taxas anuais de falha baixas que variam de 1% e 3% (Demarco *et al.*, 2012). É importante ressaltar que a longevidade dos tratamentos restauradores não dependem apenas dos fatores associados ao material empregado, mas também aos fatores clínicos como o tamanho, tipo e localização da cavidade e aos fatores biológicos inerentes do indivíduo como a susceptibilidade à cárie, a idade além de aspectos comportamentais, socioeconômico e demográficos dos pacientes (Demarco *et al.*, 2012; Opdam *et al.*, 2014).

Apesar de possuírem um menor impacto no prognóstico do tratamento restaurador, as características das RC podem, sem dúvidas, influenciar para a falha ou sucesso do tratamento. E ainda que as RC sejam materiais excelentes os mesmos possuem características a serem melhoradas. Uma de suas limitações mais críticas é a contração de polimerização, a qual ocorre devido a aproximação dos monômeros que

formam as cadeias poliméricas. Essa característica gera tensões no material que pode resultar em uma série de problemas de adesão, resistência e adaptação marginal. Portanto, é um obstáculo de grande relevância clínica (Caneppele e Bresciani, 2016; Jang, Park e Hwang, 2015).

A técnica de inserção incremental é uma forma de minimizar a contração além de garantir adequada polimerização do material, contudo a mesma gera consequências indesejáveis como o aumento da chance de incorporação de espaços vazios entre os incrementos, criação de várias zonas de concentração de tensão, procedimento mais demorado e sensível que, por sua vez, aumenta a chance de erros do operador (Al-Nahedh e Alawami, 2020; Charamba *et al.*, 2017). Por conta disso vários pesquisadores têm buscado desenvolver novos materiais resinosos que possam melhorar ainda mais as características dos compósitos, diminuindo a contração de polimerização, facilitando o emprego da técnica e diminuindo o tempo clínico, porém sem deixar de lado as propriedades mecânicas e estéticas.

2.2 As Resinas Bulk Fill

As RBF são compósitos resinosos fotopolimerizáveis indicados para restaurações diretas em dentes anteriores e posteriores, principalmente cavidades classe I e II. Seu grande diferencial é possibilidade de utilizarmos incrementos de 4mm a 5mm, mantendo um alto grau de conversão monomérica, baixa contração de polimerização e, consequentemente, menores tensões de contração (Vicenzi e Benetti, 2018). A realização de restaurações com um menor número de incrementos tem por consequência menor chance de incorporação de

bolhas, diminuição do número de passos operatórios e, principalmente, do tempo clínico do procedimento, fatores esses que minimizam as chances de erros do operador (Caneppele e Bresciani, 2016).

O mecanismo pelo qual as RBF possuem um menor grau de contração varia conforme o fabricante, e de modo geral existem vários fatores que influenciam nessas condições, como: formulação do material, tipo de matriz, tipo e tamanho das partículas de carga, cinética de polimerização, grau de conversão, módulo de elasticidade e geometria da cavidade (Charamba *et al.*, 2017; Vicenzi e Benetti, 2018). Podemos citar, contudo, que os principais fatores empregados nestes materiais para garantir baixa contração são a maior translucidez e os tipos de fotoativadores utilizados.

Com a diminuição da quantidade de carga e do aumento do tamanho das partículas, a resina apresenta menor refração da luz permitindo que ela chegue a maiores profundidades. Essa característica translúcida pode inclusive reduzir o tempo de fotoativação (Nagi, Moharam e Zaazou, 2015; Vicenzi e Benetti, 2018). O uso de diferentes tipos de fotoiniciadores como, por exemplo, o uso do Ivocerin aliado a canforoquinona pode gerar mais radicais livres que leva a uma conversão monomérica mais alta, rápida, controlada e eficiente. Além disso, a composição monomérica é outro ponto trabalhado pelos fabricantes, os quais incorporam moduladores de fotoativação de alto peso molecular na matriz que auxiliam na diminuição da contração (Al-Nahedh e Alawami, 2020; Bucuta e Ilie, 2014; Caneppele e Bresciani, 2016).

No que se diz respeito a classificação da RBF, podemos classifica-las quanto a sua consistência: fluída (*flow*) ou regular (viscosa ou pastosa), sendo que cada uma delas tem um protocolo de uso

específico preconizado. As resinas fluidas possuem ótimo escoamento e sua aplicação é feita com uma seringa em incrementos de até 4mm. Elas apresentam menor quantidade de carga e são ideais para utilização em cavidades profundas ou de difícil acesso. Estudos de resistência ao desgaste e de dureza superficial mostram que este material não é adequado para áreas de grandes forças oclusais e, portanto, é necessário a inserção de um incremento de RC de 2mm na região oclusão da restauração sobre a resina fluída (Al-Nahedh e Alawami, 2020; Chesterman *et al.*, 2017; Ende *et al.*, 2017). Caso a cavidade envolva região proximal é possível preencher a caixa proximal com a resina flow, realizar a fotopolimerização, preencher parte da caixa oclusal também com resina flow e então restaurar os 2mm finais com resina convencional como é descrita técnica.

Por outro lado, as resinas de consistência regular são mais viscosas e possuem maior quantidade de carga em sua composição, o que lhes garantem propriedades mecânicas superiores, maior resistência ao estresse mastigatório e possibilidade de esculpir a anatomia oclusal. Com isso, sua técnica de utilização se dá pelo preenchimento completo da cavidade, em incrementos de no máximo 5mm, seguido da fotoativação. A grande vantagem dessa técnica é a rapidez com que podemos realizar a restauração por utilizarmos, na maioria dos casos, apenas 1 incremento de resina (Caneppele e Bresciani, 2016). Entretanto, ela já não se torna a melhor opção para casos de cavidades estreitas ou de difícil acesso. É válido mencionar que existem empresas que disponibilizam ambas as consistências em um mesmo produto, como é o caso da SonicFill 2 (Kerr) que é uma resina que se comporta tanto como

pastosa (regular) como fluida caso seja ativada ultrassonicamente (Chesterman *et al.*, 2017; Ende *et al.*, 2017).

Com o crescente uso deste material no mercado é fundamental avaliar seu desempenho comparado com o que temos de padrão ouro atualmente. Estudos de performance ainda não são unânimes de afirmar se as RBF superam as RC. Revisões sistemáticas e meta-análises a respeito das RBF refletem a discordância que ainda existe sobre o desempenho deste material e concluem que, em testes laboratoriais, elas mostraram performance similar ou até mesmo superior as RC em termos de propriedades mecânicas (Boaro *et al.*, 2019; Veloso *et al.*, 2019). Estudos clínicos também não mostraram diferença de desempenho entre o padrão ouro dos materiais restauradores diretos e as resinas de incremento único (Dijken e Pallesen, 2016; Rosa Rodolpho *et al.*, 2011; Tardem *et al.*, 2019).

2.6 Propriedades Mecânicas

No que se diz respeito as propriedades mecânicas das RBF elas são aceitáveis. Entretanto, como dito anteriormente, não há consenso entre os autores se tais propriedades são superiores, inferiores ou equivalentes as das RC. Para obtermos respostas sobre isso existem diversos testes passíveis de serem realizados em estudos *in vitro*, os quais se destacam: dureza superficial o qual indica o quanto o material é capaz de se deformar e assim podemos estimar como ele se comportará em áreas de estresse mastigatório. Em estudos comparativos entre RC e RBF alguns autores não encontraram diferença entre os materiais estudados, entretanto há pesquisas que contraindicam a utilização de RBF em áreas de alta carga mastigatória por possuírem baixo módulo de

elasticidade e, consequentemente, maior chance de fraturas catastróficas (Ilie, Bucuta e Draenert, 2013). Outra questão a ser considerada, que é ressaltada por alguns autores, é a variedade de resultados entre as diferentes marcas de RBF analisadas, as quais são ora inferiores e ora superiores as RC devidas as suas diferentes características de composição (Abouelleil *et al.*, 2015).

O teste de resistência a fratura é um dos principais ensaios mecânicos realizados para avaliar o desempenho dos materiais dentários, e nos proporciona um bom parâmetro não apenas da força que determinado material consegue resistir até sua ruptura bem como o risco maior ou menor de gerar falhas catastróficas através das análises do modo de falha. A maioria dos estudos afirmam que as RBF possuem a mesma resistência a fratura das resinas compostas convencionais (Abouelleil *et al.*, 2015; Al-Nahedh e Alawami, 2020; Kemaloglu *et al.*, 2015). Algumas pesquisas compararam as RC com as diferentes técnicas de inserção das RBF, e encontraram resultados superiores no grupo da resina de incremento único (Al-Nahedh e Alawami, 2020). A avaliação da resistência a fratura também foi realizada em dentes tratados endodonticamente e restaurados com RC ou RBF, e novamente não houve diferença estatística entre os resultados, além do mais, alguns autores afirmam que o uso da RBF proporcionou um padrão de falha mais favorável ao dente (Atalay *et al.*, 2016; Mergulhão *et al.*, 2019).

O grau de conversão é a propriedade que indica a quantidade de monômeros que são transformados em polímeros durante a fotoativação. Um dos diferenciais das RBF é a possibilidade de utilizarmos incrementos de 4mm a 5mm de espessura, portanto, há uma preocupação quanto ao grau de transformação monomérica em profundidades tão

acentuadas. Os estudos a respeito do das RBF são quase unânimes em dizer que a polimerização do material é, sim, muito adequada mesmo quando usamos grandes incrementos. Entretanto, há discordância quanto ao tempo de fotoativação necessário para obtermos uma polimerização satisfatória já que alguns autores afirmam que 20 segundos são suficientes e outros falam até mesmo em 40 segundos. Além disso, existe bastante diferença dos resultados entre as diferentes marcas de RBF (Czasch e Ilie, 2013; Fronza *et al.*, 2015; Zorzin *et al.*, 2015). Há também estudos, como o de Par *et al.* (2015), que afirmou que houve um aumento de 16,9% no grau de conversão monomérica nas RBF após 24h, mostrando a importância dos cuidados do paciente nas primeiras horas após a restauração bem como a necessidade de armazenamento de corpos de prova previamente aos ensaios mecânicos em estudos laboratoriais *in vitro*. Vale ressaltar que uma conversão monomérica adequada garante melhores propriedades mecânicas, adesivas e estéticas pois atuam diretamente na estabilidade da cor do material.

Os fabricantes das RBF afirmam que seus materiais apresentam como mais uma de suas vantagens a menor contração de polimerização e melhor adaptação marginal. Novamente encontramos uma divergência entre os autores que pesquisaram sobre essas propriedades, sendo que alguns resultados são favoráveis as RBF, ou seja, afirmam que ela possui menor contração e, conseqüentemente, melhor adaptação marginal (Hirata *et al.*, 2014; Jang, Park e Hwang, 2015; Zorzin *et al.*, 2015). Já outros estudos apontam similaridade ou inferioridade das RBF em relação as RC neste mesmo aspecto, além de uma terceira corrente que afirma que uma maior contração não necessariamente está ligada a uma pior adaptação marginal e isto, é claro, sempre variando entre as

diferentes marcas presentes no mercado (Benetti, A. *et al.*, 2015; Garoushi *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2015).

2.7 Estudos Clínicos

Como sabemos, estudos laboratoriais tem limitações importantes que dificultam extrapolarmos seus resultados para o ambiente clínico. Além disso, os poucos estudos já publicados ainda são de curto acompanhamento clínico e com pouco número de casos. Ainda assim, é possível observar uma tendência de bom desempenho da RBF nos ensaios clínicos randomizados. Loguercio *et al.* (2019) realizou um ensaio clinico randomizado duplo cego com acompanhamento de 3 anos onde avaliou in vivo o desempenho da RBF. As restaurações com resina de incremento único obtiveram um comportamento clínico excelente com 100% de aceitabilidade na avaliação de suas propriedades após 18 meses nos critérios biológicos, estéticos e funcionais da FDI não apresentando diferença estatística quando comparado às restaurações de RCC.

Outra questão de grande relevância clinica que foi comprovada em estudos realizados em humanos foi de que o tempo de execução da técnica restauradora com RBF foi consideravelmente inferior a técnica de inserção incremental, sendo vantajoso não apenas para o profissional como também para o paciente (Tardem *et al.*, 2019). Em um outro estudo clinico do tipo boca dividida 183 restaurações foram realizadas em 83 pacientes, onde um dente foi restaurado com RCC e seu homólogo com RBF na técnica combinada (flow+cobertura oclusal). Após 5 anos de acompanhamento apenas 10 restaurações falharam, sendo 6 de RC e 4 de RBF. Outro dado importante foi a taxa anual de

falha que foi de 1,1% e 1,3% para as resinas de incremento único e para as convencionais, respectivamente. Apesar dos resultados dessa comparação não serem estatisticamente significantes, podemos observar um desempenho discretamente superior da RBF (Dijken e Pallesen, 2016).

2.8 Dentes Tratados Endodonticamente

É muito comum na rotina clínica nos depararmos com dentes com amplamente destruídos. Na maior parte dos casos a destruição tem origem cariosa, e essas são tão profundas e extensas que comprometem a saúde pulpar levando a necessidade de tratamento endodôntico (Atalay *et al.*, 2016). Entretanto, é necessário ressaltar o aumento do risco de fratura desses elementos devido a fatores como desgaste da estrutura dental remanescente para o acesso endodôntico e remoção do teto da câmara pulpar. Quando associado a uma cavidade MOD o prognóstico do elemento se torna ainda mais crítico. Os pré-molares são os mais afetados por esses fatores pois esse grupamento dentário sofre forças tanto oclusais como oblíquas, possuem uma proporção de tamanho corono-radicular desfavorável além de possuírem apenas duas cúspides favorecendo a formação de linhas de fratura por deflexão (Atalay *et al.*, 2016; Mergulhão *et al.*, 2019).

Além disso, os elementos tratados endodonticamente estão sujeitos a sofrerem uma sobrecarga das forças oclusais com mudança da concentração das tensões para região apical. Rodrigues *et al.* (2020) realizou um estudo clínico onde avaliou a carga mastigatória (N) e distribuição de estresse (Mpa) nos dentes de pacientes com lesões de carie extensas e com indicação de endodontia. A aferição foi realizada

antes do tratamento endodôntico, após o tratamento e após a realização da etapa restauradora. Houve um aumento de 260% na força da mordida após o tratamento endodôntico, devido ao alívio da dor e desconforto causado pela pulpite. Além disso, através da análise de distribuição de estresse observou-se que a concentração de tensões passou da coroa para a raiz imediatamente após o tratamento endodôntico, ou seja, aumentando consideravelmente as chances de fratura radicular. Porém, após a realização da restauração, as tensões voltaram a ser distribuídas uniformemente.

Portanto, a restauração dos elementos dentários, sobretudo aqueles desvitalizados, deve ser realizada o mais rápido possível a fim de melhorar não apenas as condições estéticas e funcionais do paciente, mas também para melhorar o prognóstico do dente a modo de evitar problemas mais complexos como a perda do elemento. A escolha do material e técnica restauradora deve ser feita com critério, pois o índice anual de falha das restaurações de dentes endodonticamente tratados é 2% a 12%, mais alta do que os dentes vitais que gira em torno de 1% a 3% (Demarco *et al.*, 2012). Revisões sistemáticas de estudos clínicos apontam que as complicações endodônticas figuram como razão número um de falha das restaurações no primeiro ano de acompanhamento, ou seja, o sucesso endodôntico e restaurador caminham juntos (Kemaloglu *et al.*, 2015; Opdam *et al.*, 2014).

A utilização das RBF representa a possibilidade realizarmos restaurações de forma rápida e imediata devolvendo, principalmente, adequada biomecânica estrutural do elemento evitando fraturas. Os estudos que comparam as RBF com as RC quando utilizadas em dentes com tratamento endodôntico são quase unânimes em dizer que ambas

têm o mesmo comportamento em aspectos de resistência a fratura e integridade marginal (Atalay *et al.*, 2016; Kemaloglu *et al.*, 2015). Inclusive, em termos de modo de falha, segundo Mergulhão *et al.* (2019), os dentes restaurados com RBF apresentam 50% de falhas reparáveis ao passo que as RC apresentam apenas 30%. Por fim, cabe ressaltar que as RBF apresentam vantagens claras em relação as RCC como a menor contração de polimerização, menor deflexão de cúspide e melhor adaptação marginal, bem como menor chance de erros do operador, menor risco de incorporação de bolhas entre as camadas devido a possibilidade de utilização de incrementos de 4mm a 5mm dispensando assim a técnica de inserção incremental.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de restaurações Bulk Fill utilizando diferentes técnicas e em diferentes configurações de cavidades em dentes tratados endodonticamente. Além disso foi comparado o tempo de trabalho entre as técnicas. As hipóteses testadas foram: 1) as diferentes técnicas restauradoras têm desempenho similar na análise dos critérios FDI, análise de sobrevivência e sucesso em fadiga; 2) dentes mais fragilizados tem maior taxa de falha para a restauração; 3) o uso de técnicas Bulk Fill para restaurar dentes amplamente destruídos apresenta tempo clínico de trabalho inferior quando comparada a técnica incremental.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente o projeto foi enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade de Passo Fundo (UPF). Setenta e dois pré-molares superiores humanos hígidos, sem caries, sem reabsorções ou trincas visíveis foram obtidos no Biobanco de dentes da Faculdade de Odontologia da UPF. Resquícios de cálculo e tecido mole depositados sobre o dente foram removidos com auxílio de uma cureta periodontal (Figura 1A).

Com auxílio de um paquímetro digital o tamanho dos dentes foi padronizado nas seguintes dimensões: 8,47 mm a 10,59 mm no sentido bucolingual e 6,38 mm à 8,19 mm no sentido mesiodistal (Atalay *et al.*, 2016) (Figura 1B). Os dentes foram armazenados em água destilada e aleatoriamente divididos em 6 grupos experimentais conforme apresentado na Tabela 1. Os materiais restauradores utilizados estão descritos na Tabela 2.

Em todos os 72 dentes, cavidades classe II MOD foram confeccionadas por um único operador com pontas diamantadas #2214 (KG Sorensen, Cotia, SP, Brazil) em uma caneta de alta rotação refrigerada com spray de água (Kavo, Joinville, SC, Brazil) acoplada a um dispositivo que permite padronização das cavidades (Figura 1C). As pontas foram substituídas a cada 10 dentes para garantir alto poder de desgaste. As dimensões da cavidade estão descritas na Figura 2A (Martins *et al.*, 2020). Nos 36 dentes referentes aos grupos Ic, Cc e Bc a cúspide lingual teve 1/3 da sua altura removida após o preparo da cavidade (Figura 2B).

Tabela 1: Divisão dos grupos experimentais, n=12

Grupos	Tratamentos
I	Cavidade MOD restaurada com resina composta na técnica incremental (Filtek Z350XT)
C	Cavidade MOD restaurada com resina bulk fill na técnica de cobertura oclusal (Filtek Bulk Fill Flowable Restorative + Filtek Z350XT)
B	Cavidade MOD restaurada com resina bulk fill na técnica de incremento único (Filtek One Bulk Fill Restorative)
Ic	Cavidade MOD com remoção de 1/3 da cúspide lingual restaurada com resina composta na técnica incremental (Filtek Z350XT)
Cc	Cavidade MOD com remoção de 1/3 da cúspide lingual restaurada com resina bulk fill na técnica de cobertura oclusal (Filtek Bulk Fill Flowable Restorative + Filtek Z350XT)
Bc	Cavidade MOD com remoção de 1/3 da cúspide lingual restaurada com resina bulk fill na técnica de incremento único (Filtek One Bulk Fill Restorative)

Tabela 2: Descrição dos materiais restauradores utilizados

Material	Tipo	Fabricante	Composição
Filtek Z350XT	Resina Composta	3M, St. Paul, MN, EUA	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, and bis-EMA, sílica e zircônia.
Filtek Bulk Fill Flowable Restorative	Resina Bulk Fill Flow	3M, St. Paul, MN, EUA	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA, zirconia, sílica
Filtek One Bulk Fill Restorative	Resina Bulk Fill	3M ESPE, St Paul, MN, EUA.	Partículas inorgânicas, Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, resinas procryláticas, trifluoreto de ytterbium, zircônia e sílica

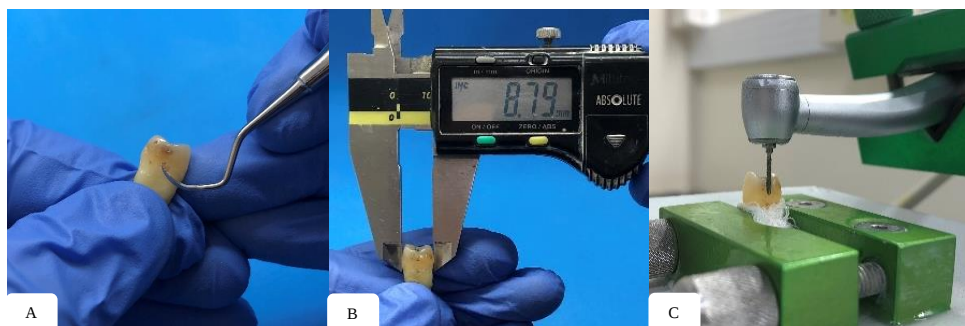


Figura 1 – (a) remoção de restos de tecido periodontal; (b) padronização do tamanho da coroa dos dentes selecionados; (c) confecção das cavidades MOD com auxílio de dispositivo que permite padronização das dimensões da cavidade

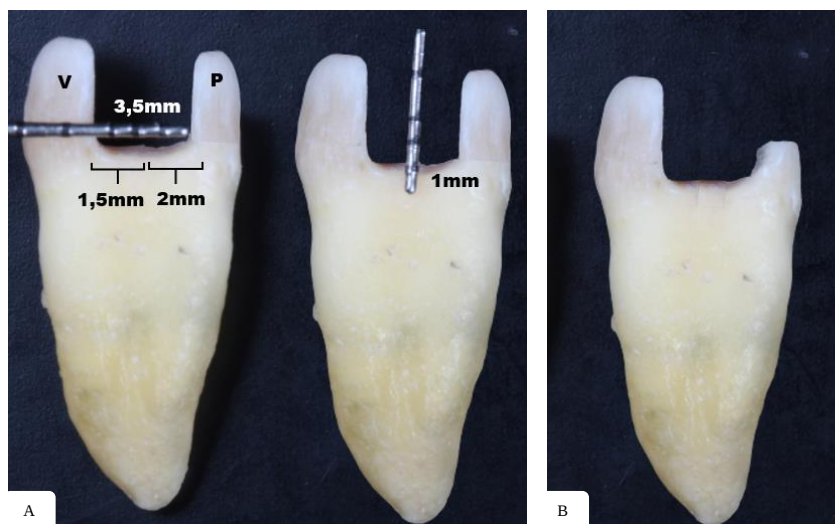


Figura 2 – (a) as medidas das cavidades MOD foram as seguintes: distância V-P de 3,5mm sendo 1,5mm para vestibular e 2mm para palatina partindo do centro da superfície oclusal. A margem cervical foi confeccionada 1mm acima da junção amelo-cementária; (b) amostra após remoção de 1/3 da cúspide lingual

4.1 Preparo endodôntico

Após os preparos cavitários, acessos endodônticos padrão foram realizados com uma ponta diamantada #1012 (KG Sorensen, Cotia, Brasil) em alta rotação refrigerada e também com broca Endo Z (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (Figura 3A). A polpa coronária foi removida com auxílio de uma cureta. Após, foi realizado instrumentação com lima Reciproc R40 (VDW, Munique, Baviera, Alemanha) ao nível do forame apical (Figura 3B). A solução irrigante utilizada foi soro fisiológico e clorexidina gel (Figura 3C). Posteriormente os dentes foram obturados com cones de guta-percha e cimento endodôntico AH Plus (Dentsply, Konstanz, Alemanha) pela técnica da condensação lateral ativa, 1 mm aquém do comprimento de trabalho (Figura 3D). Por fim realizou-se o corte dos cones 3 mm abaixo da entrada dos canais radiculares, selamento da entrada dos canais com cotosol e posterior armazenagem em estufa por 24 horas a 37°C e 100% de umidade para permitir total a presa do material. O cotosol foi removido previamente a etapa restauradora.

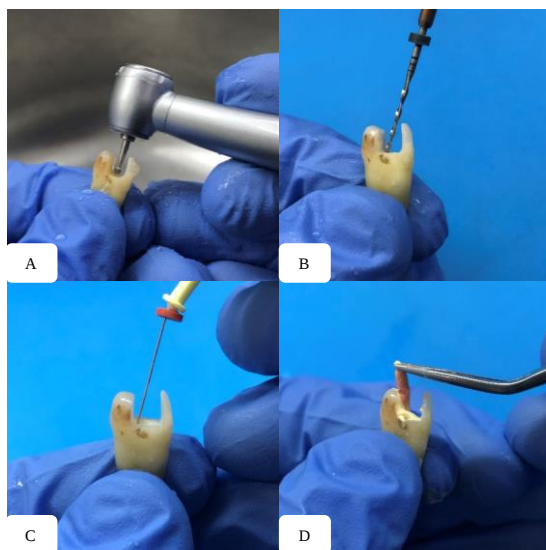


Figura 3 – (a) acesso ao sistema de canais radiculares; (b) instrumentação com lima Reciproc R40; (c) irrigação do canal; (d) obturação com cones de guta percha e cimento AH Plus.

4.2 Simulação do ligamento periodontal

Os dentes restaurados receberam um ligamento periodontal artificial para simular as condições orais durante o ensaio de fadiga. Para simulação do ligamento periodontal as raízes foram recobertas com uma camada de 0,2 a 0,3 mm de cera nº 7 derretida até 2 mm abaixo da margem cervical (Figura 4A) e então incluídas em cilindros de PVC contendo Resina Epóxi Cristal (Redelease, São Paulo, Brasil) (Figura 4B). Após a polimerização do material a cera foi derretida e o espaço foi preenchido com poliéter (Impregum Soft, 3M/ESPE, Sumaré, SP, Brasil) (Figura 4C-D).

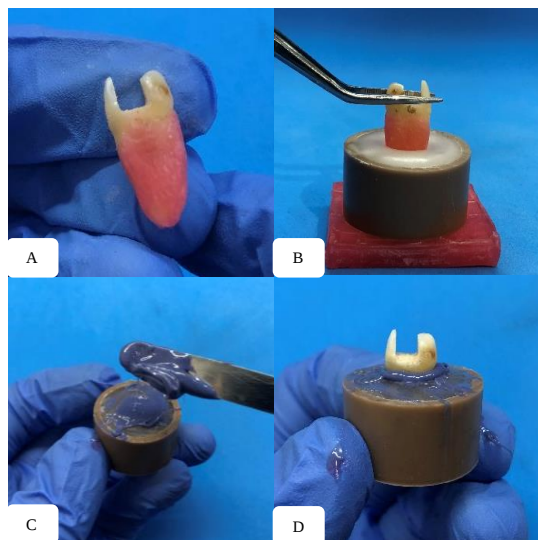


Figura 4 – (a) cera nº7 derretida na porção apical 2mm abaixo da margem cervical; (b) inserção da amostra em resina epóxi; (c) após polimerização da resina a cera foi derretida e seu espaço preenchido com poliéter; (d) aspecto final da amostra.

4.3 Procedimento restaurador dos dentes

Foi utilizada a técnica de condicionamento ácido seletivo do esmalte. O esmalte foi tratado com ácido fosfórico a 37% (3M™ Scotchbond™ Universal Etchant) por 30 segundos e lavado com água por 60 segundos. O esmalte e a dentina foram secos ao ar, e o adesivo (3M Single Bond Universal Adhesive) foi aplicado e fotoativado seguindo as recomendações do fabricante (Figuras 5A-B). Posteriormente, uma matriz metálica foi fixada em cada dente preparado para permitir a construção das paredes proximais da restauração, e uma pinça hemostática modificada foi utilizada para simular a função de uma cunha interdental de modo a garantir correta adaptação marginal da restauração (Figura 5C).

Os grupos I e Ic foram restaurados com resina composta convencional (Z350XT, 3M, St. Paul, MN, EUA) seguindo a técnica incremental. Cada incremento possuía uma espessura máxima de 2 mm e foi fotoativado individualmente por 20 segundos. Os grupos C e Cc seguiram a técnica combinada, onde a câmara pulpar e o assoalho da cavidade foram preenchidos com incrementos de 4 mm de Filtek Bulk Fill Flowable Restorative (3M ESPE, St Paul, MN, EUA) e fotoativada por 40 segundos na face oclusal. Uma camada de cobertura de 2 mm de espessura de resina composta convencional (Z350XT, 3M, St. Paul, MN, EUA) foi inserida na superfície oclusal e fotoativada por 20 segundos

(Figuras 6A-D). Os grupos B e Bc foram restaurados com uma resina bulk fill regular (Filtek One Bulk Fill Restorative, 3M ESPE, St Paul, MN, EUA) em incrementos de 5 mm de espessura, fotoativada por 20 segundos nas superfícies vestibular, oclusal e lingual (Figuras 7A-B). Para todas as restaurações, um protocolo de acabamento superficial foi realizado com o uso de discos Sof-Lex Pop-On e brocas de polimento de borracha com motor de baixa velocidade (Figura 7C).

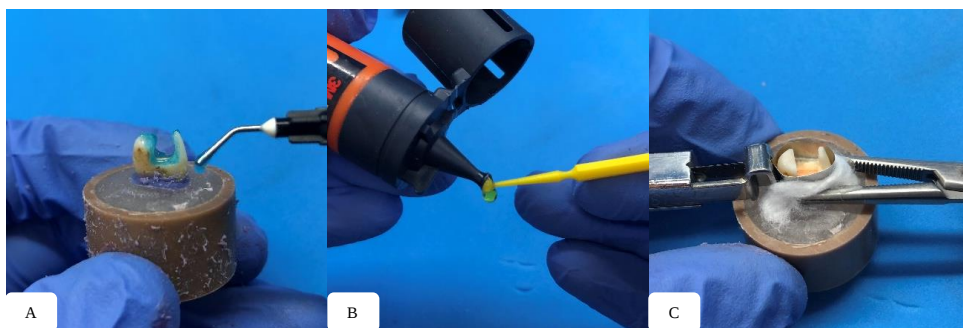


Figura 5 – (a) condicionamento ácido seletivo em esmalte; (b) aplicação de adesivo universal; (c) adaptação da matriz e porta matriz. Junto temos a pinça hemostática que foi adaptada para firmar a matriz em posição nas regiões proximais simulando a função da cunha interproximal objetivando adequada adaptação marginal do material restaurador.

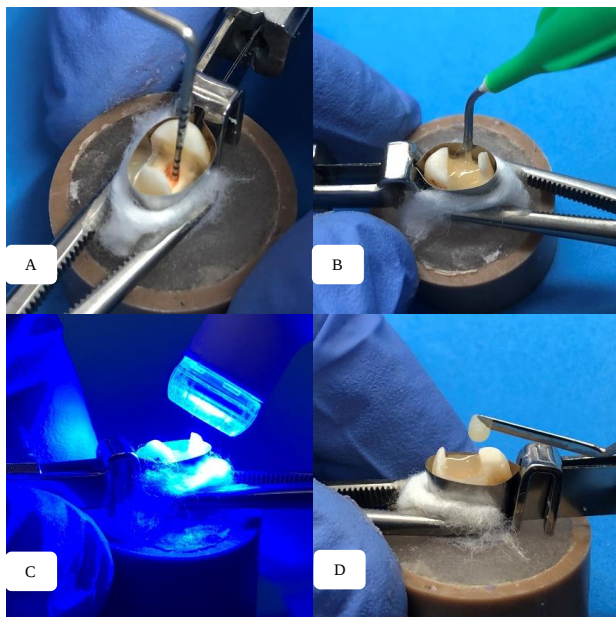


Figura 6 – (a) aferição da profundidade da cavidade; (b) inserção de incremento de 4mm de RBF flow; (c) fotopolimerização do material; (d) inserção de incremento de 2mm de RC na região oclusal

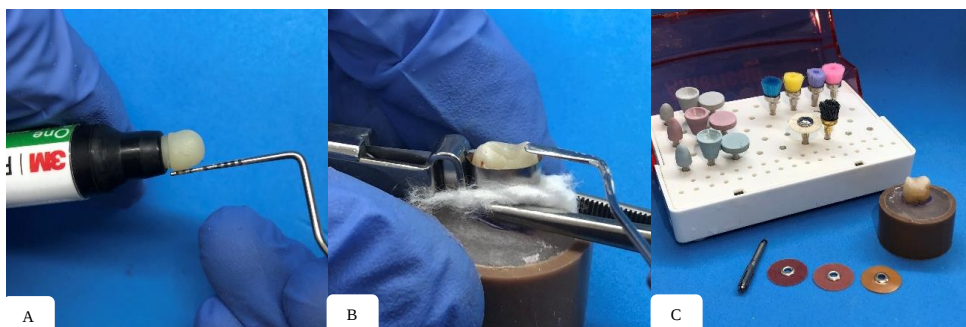


Figura 7 – (a) para RBF regular utilizamos incrementos de 5mm como recomenda a bula do fabricante; (b) restauração do dente; (c) após, todas as amostras foram polidas.

4.4 Avaliação do tempo

Para cada técnica utilizada foi calculado um tempo médio em segundos do tempo necessário para inserção do material restaurador na cavidade. Os operadores cronometraram o tempo em segundos entre a inserção do primeiro incremento de resina e o termino da fotoativação.

4.5 Testes Mecânicos

O ensaio de fadiga foi realizado em uma cicladora mecânica pneumática, com frequência de 2 Hz, em água com temperatura ambiente. Os corpos-de-prova foram sujeitos a uma carga de 80 N, aplicada por um pistão de resina epóxi reforçada com fibras de vidro (NEMA G10), por 1 milhão de ciclos (Figura 8). O ensaio foi interrompido a cada 250 mil ciclos para avaliação das restaurações.

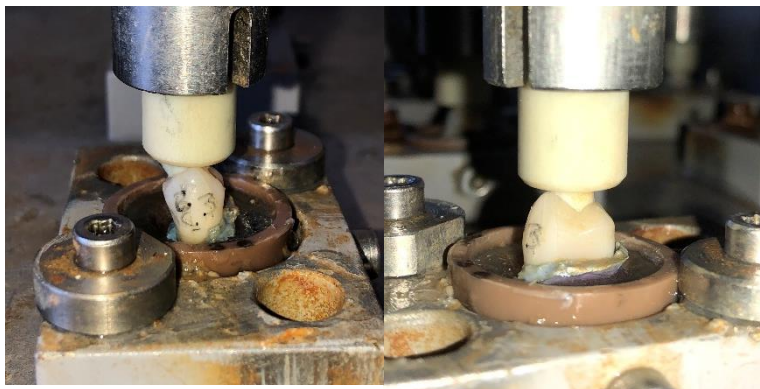


Figura 8 – posicionamento dos corpos de prova na cicladora mecânica pneumática. O pistão antagonista de G10 e o dente se tocam formando um tripoidismo.

4.6 Avaliação FDI

Três avaliadores previamente calibrados foram responsáveis por avaliar as restaurações utilizando os critérios da World Dental Federation (FDI) (Hickel *et al.*, 2010). As avaliações foram realizadas previamente ao início do teste de fadiga e a cada 250 mil ciclos até o final do teste, totalizando 5 avaliações. Foram avaliados os seguintes parâmetros: Integridade dental, fratura da restauração e adaptação marginal. Essas variáveis foram classificadas em 5 categorias: excelente, boa, satisfatória, insatisfatória porém reparável ou necessidade de substituição (escores 1 a 5). Cada parâmetro foi analisado individualmente conforme consta no Quadro 1.

Posteriormente, foram geradas duas variáveis de desfecho, uma para análise de sucesso e outra para análise de sobrevivência do conjunto dente/restauração. Na análise de sobrevivência, foram utilizados os parâmetros de integridade dental, sendo os escores 4 e 5 considerados

como falha. Na análise de sucesso, foram utilizados os parâmetros de fratura da restauração, sendo os escores 3, 4 e 5 considerados como falha.

Escore	Integridade dental	Fratura da restauração	Adaptação marginal
1. Clinicamente excelente	Completamente íntegro	Restauração retida sem fraturas ou trincas	Interface em harmonia, sem fendas e sem descoloração
2. Clinicamente bom (após polimento fica excelente)	Pequena perda de estrutura ou trinca no esmalte (<150µm)	Pequena trinca	Interface com fenda (<150µm). Pequena fratura marginal removível com polimento
3. Clinicamente suficiente / satisfatória	Pequena perda de estrutura ou trinca no esmalte, sem efeitos adversos (<250µm)	Duas ou mais trincas, ou trincas grandes ou lascamento (sem afetar a integridade marginal)	Fenda marginal <250µm mas não removível. Pequenas fraturas em esmalte ou dentina
4. Clinicamente insatisfatória (mas reparável)	Grande perda de estrutura ou trinca no esmalte (>250µm). Se consegue sondar	Lascamento que afeta a integridade marginal / fratura em bloco de menos da metade da restauração	Fenda >250µm ou exposição de dentina. Lascamento afetando a margem. Parede de esmalte ou dentina visivelmente fraturada
5. Deficiente (necessita de substituição)	Fratura da cúspide ou do dente	Perda parcial ou completa da restauração	Descolamento da restauração

Quadro 1 – parâmetros utilizados para avaliação das restaurações de acordo com cada critério da FDI (Hickel et al., 2010).

4.7 Análise dos dados

Os dados foram obtidos foram inseridos em uma planilha de dados no software Excel. Os escores de cada parâmetro do critério FDI foram comparados com teste exato de Fischer no software Stata 14.0

(StataCorp, College Station, TX). As análises de sobrevivência e sucesso do conjunto dente/restauração em fadiga foram realizadas com a distribuição de Weibull de dois parâmetros e Método de Máxima Verossimilhança (MLE). Os intervalos de confiança (IC) de 90% foram analisados com o Método de Razão da Verossimilhança (LRB). A análise estatística foi realizada com software de confiabilidade Weibull++ (Reliasoft). Os dados de tempo em segundos para a confecção das restaurações não passaram no teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) e foram analisados com Kruskal-Wallis e teste de comparação de Student-Newman-Keuls. Todas as análises consideraram um valor de $\alpha = 0,05$.

5. RESULTADOS

Os escores totais atribuídos as amostras dos diferentes grupos experimentais para cada critério FDI avaliado estão apresentados na Tabela 3. Para o critério “fratura da restauração” os dentes com a cúspide palatina íntegra obtiveram escores mais favoráveis.

Os dados da análise de sobrevivência (falha = escores FDI 4 e 5 de integridade dental) estão apresentados na Tabela 4. Os valores de modulo de Weibull (β) e tempo de vida característico (η) são semelhantes entre os grupos experimentais para a análise de sobrevivência, já que os 90% IC se sobrepõem.

Tabela 3 - Comparação entre diferentes técnicas de restauração direta com resina em pré-molares tratados endodonticamente, de acordo com os critérios FDI, após teste de fadiga (comparado pelo teste exato de Fisher em $p < 0,05$).

Groups	FDI criteria ^a							
	Restoration Fracture		Tooth integrity		Marginal adaptation		Total restoration evaluation	
	% of restorations within each score (1/2/3/4/5)	p-Value*	% of restorations within each score (1/2/3/4/5)	p-Value*	% of restorations within each score (1/2/3/4/5)	p-Value*	Without small fractures ^b	Clinically acceptable ^c
1 I	75.0 / 0.0 / 0.0 / 8.3 / 16.7	0.656	0.0 / 75.0 / 0.0 / 8.3 / 16.7	0.656	58.3 / 0.0 / 16.7 / 8.3 / 16.7	0.544	75.0%	75.0%
2 C	75.0 / 0.0 / 0.0 / 0.0 / 25.0		0.0 / 75.0 / 0.0 / 0.0 / 25.0		66.7 / 8.3 / 0.0 / 0.0 / 25.0		75.0%	75.0%
3 B	91.7 / 0.0 / 0.0 / 0.0 / 8.3		0.0 / 91.7 / 0.0 / 0.0 / 8.3		83.3 / 0.0 / 8.3 / 0.0 / 8.3		91.7%	91.7%
4 Ic	41.7 / 16.7 / 16.7 / 0.0 / 25.0	0.412	0.0 / 75.0 / 0.0 / 0.0 / 25.5	0.656	41.6 / 16.7 / 16.7 / 0.0 / 25.0	0.134	58.3%	75.0%
5 Cc	75.0 / 8.4 / 0.0 / 8.3 / 8.3		0.0 / 83.4 / 0.0 / 8.3 / 8.3		83.4 / 0.0 / 0.0 / 8.3 / 8.3		83.3%	83.3%
6 Bc	41.7 / 8.3 / 25.0 / 0.0 / 25.0		0.0 / 75.0 / 0.0 / 0.0 / 25.0		50.0 / 0.0 / 25.0 / 0.0 / 25.0		50.0%	75.0%
Cusp	80.6 / 0.0 / 0.0 / 2.8 / 16.6	0.011	0.0 / 80.6 / 0.0 / 2.8 / 16.6	0.954	69.4 / 2.7 / 8.3 / 2.8 / 16.6	0.866	80.6%	80.6%
No cusp	52.8 / 11.1 / 13.9 / 2.8 / 19.4		0.0 / 77.8 / 0.0 / 2.8 / 19.4		58.3 / 5.6 / 13.9 / 2.8 / 19.4		63.9%	77.8%
Incremental	58.3 / 8.3 / 8.3 / 4.2 / 20.8	0.770	0.0 / 75.0 / 0.0 / 4.2 / 20.8	0.953	50.0 / 8.3 / 16.7 / 4.2 / 20.8	0.257	66.7%	75.0%
Combine	75.0 / 4.2 / 0.0 / 4.2 / 16.6		0.0 / 79.2 / 0.0 / 4.2 / 16.6		75.0 / 4.2 / 0.0 / 4.2 / 16.6		79.2%	79.2%
Bulk	66.7 / 4.2 / 12.5 / 0.0 / 16.6		0.0 / 83.4 / 0.0 / 0.0 / 16.6		66.7 / 0.0 / 16.7 / 0.0 / 16.6		70.8%	83.3%

^a Numbers separated by slashes represent the percentage of evaluated restorations for each score, according to the FDI criteria. Only parameters relevant from fatigue test were used.

^b 1 + 2: scores 1–2 represent restorations without small fractures/defects (FDI criteria) at the time of evaluation.

^c 1 + 2 + 3: scores 1–3 represent restorations clinically acceptable (FDI criteria) at the time of evaluation.

* Fisher's exact test.

Tabela 4 - Parâmetros de módulo de Weibull (β) e tempo de vida característico (η) da análise de sobrevivência, com seus respectivos intervalos de confiança de 90% (90% IC), para os grupos experimentais.

Grupo	β	β - 90% IC	η (n. ciclos)	η - 90% IC
I	1,1	0,4; 2,5	$3,2 \times 10^6$	$1,4 \times 10^6$; $6,6 \times 10^7$
C	1,5	0,5; 3,4	$2,3 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$; $2,0 \times 10^7$
B	0,7	0,1; 2,7	$2,6 \times 10^7$	$2,1 \times 10^6$; $1,6 \times 10^{18}$
Ic	1,0	0,3; 2,1	$3,5 \times 10^6$	$1,4 \times 10^6$; $1,2 \times 10^8$
Cc	0,8	0,2; 2,0	$8,8 \times 10^6$	$1,8 \times 10^6$; $3,2 \times 10^{10}$
Bc	5,5	1,9; 12	$1,3 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$; $2,3 \times 10^6$

Os dados da análise de sucesso (falha = escores FDI 3, 4 e 5 de fratura da restauração) estão apresentados na Tabela 5. A tabela 6 apresenta previsões de probabilidade de falha (Pf) para 500.000 e 1.000.000 de ciclos e o tempo de vida médio para os grupos experimentais estimados na análise de sucesso. Observa-se que o grupo Bc apresentou o maior módulo de Weibull, já que os IC 90% não se sobrepõem aos demais grupos. Entre os grupos com cúspide, não existe diferença significativa para o tempo de vida característico. Para os grupos sem cúspide, o grupo Cc apresenta maior valor de tempo de vida característico e tempo médio de vida do que o grupo Bc.

Tabela 5 - Parâmetros de módulo de Weibull (β) e tempo de vida característico (η) da análise de sucesso, com seus respectivos intervalos de confiança de 90% (90% IC), para os grupos experimentais.

Grupo	β	β - 90% IC	η (n. ciclos)	η - 90% IC
I	1,1	0,4; 2,5	$3,0 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$; $5,3 \times 10^7$
C	1,0	0,5; 3,6	$3,6 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$; $2,8 \times 10^7$
B	0,7	0,1; 2,7	$2,6 \times 10^7$	$2,1 \times 10^6$; $1,6 \times 10^{18}$
Ic	1,6	0,7; 2,9	$1,5 \times 10^6$	$9,9 \times 10^5$; $4,0 \times 10^6$
Cc	0,8	0,2; 2,0	$8,8 \times 10^6$	$1,8 \times 10^6$; $3,2 \times 10^{10}$
Bc	10,7	5,2; 19	$1,1 \times 10^6$	$9,9 \times 10^5$; $1,2 \times 10^6$

Tabela 6 - Previsões de probabilidade de falha (Pf) para 500.000 e 1.000.000 ciclos e tempo de vida médio para os grupos experimentais estimados na análise de sucesso, com seus respectivos intervalos de confiança de 90% (90% IC).

Grupo	500.000 ciclos		1.000.000 ciclos		Vida Média	90% IC
	Pf (%)	90% IC	Pf (%)	90% IC		
I	12	0,3; 30	25	8,9; 48	$2,8 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$; $4,6 \times 10^7$
C	12	0,2; 28	23	8,0; 50	$3,6 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$; $2,8 \times 10^7$
B	5,1	0,1; 20	8,4	1,0; 28	$3,2 \times 10^7$	$2,2 \times 10^6$; $4,8 \times 10^{18}$
Ic	16	5,4; 35	41	20; 64	$1,4 \times 10^6$	$8,9 \times 10^5$; $3,3 \times 10^6$
Cc	10	2,3; 28	17	4,3; 39	$1,0 \times 10^7$	$1,9 \times 10^6$; $5,6 \times 10^{10}$
Bc	0,0	0,0; 0,0	45	24; 66	$1,0 \times 10^6$	$9,4 \times 10^5$; $1,1 \times 10^6$

Os resultados da análise de tempo para a confecção da restauração estão apresentados na Figura 9. Houve diferença entre os grupos para o tempo necessário para a confecção da restauração ($p < 0,001$). O grupo Ic apresentou a maior mediana de tempo, enquanto os grupos B e Bc apresentaram as menores medianas, estatisticamente semelhantes entre si.

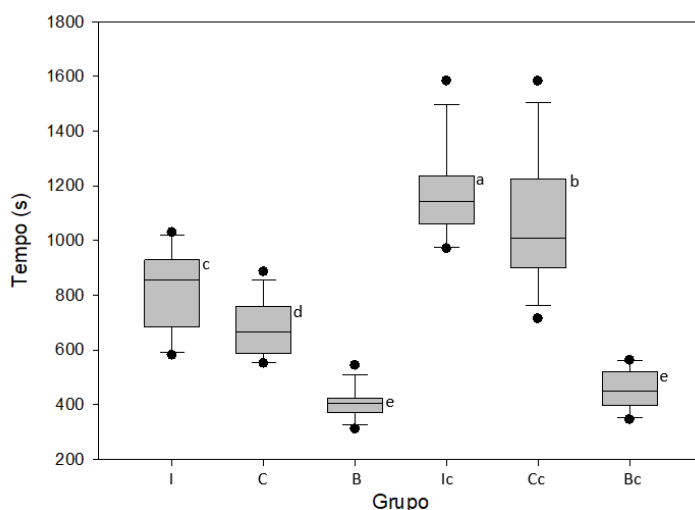


Figura 9 – Gráfico Box Plot de tempo para confecção das restaurações dos grupos. Letras iguais representam resultados estatísticos semelhantes ($p > 0,05$).

6. DISCUSSÃO

Considerando os critérios clínicos de avaliação das restaurações com os parâmetros da FDI as técnicas restauradoras com RBF não apresentaram diferença nas taxas de falha quando comparadas ao grupo controle. Entretanto, quando se levou em consideração o tipo de cavidade a ser restaurada, o critério “fratura da restauração” apresentou diferença estatística mostrando que dentes que tiveram um maior desafio restaurador, ou seja, tiveram parte da cúspide palatina removida, obtiveram escores mais desfavoráveis, diferentemente dos dentes que possuíam a cúspide intacta. Portanto, a hipótese de que dentes mais frágeis tem maior risco de falha foi aceita. Além disso, na análise de sucesso observou-se que entre os grupos com cúspide íntegra o tipo de técnica e configuração de cavidade não influenciaram no desempenho das restaurações e apresentaram desempenho similares. Já entre os grupos parcialmente sem cúspide, a técnica Bulk Fill obteve maior módulo de Weibull, ao passo que a técnica combinada obteve maiores valores de tempo de vida característico e maior tempo médio de vida. A hipótese de que as diferentes técnicas têm desempenho similar foi, portanto, parcialmente aceita, já que ambas as resinas obtiveram mesmo desempenho nos grupos com cúspide íntegra, porém, nos grupos onde parte da cúspide foi removida, as RBF obtiveram melhores resultados no teste de fadiga.

Estudos clínicos comparando o desempenho das RBF com as RC mostram que, de modo geral, as resinas *bulk* tem um desempenho satisfatório. Em dois estudos clínicos de 3 e 4 anos de acompanhamento comparando restaurações feitas com RBF e RC foi demonstrado um

desempenho similar entre ambas as resinas, situação essa que reflete o adequado comportamento mecânico das RBF encontrado nos estudos *in vitro* (Endo Hoshino *et al.*, 2022; Sekundo *et al.*, 2022). Em um outro estudo randomizado comparando diversos critérios estéticos, funcionais e biológicos a RBF obteve similaridade com a RC após um período de acompanhamento de 3 anos (Loguercio *et al.*, 2019). Revisões sistemáticas que analisaram estudos de até 10 anos de acompanhamento das RBF também afirmam que as mesmas são seguras para uso clínico e, além disso, que taxa anual de falha de ambos os materiais é estatisticamente semelhante (Boaro *et al.*, 2019; Dijken e Pallesen, 2016). Dentro do presente estudo a análise dos escores FDI revelou que o desempenho das restaurações frente as diferentes técnicas foram semelhantes, o que é um resultado promissor visto que reflete o que as pesquisas clínicas. Entretanto, vale ressaltar que um dos grandes diferenciais deste estudo é ter testado essas técnicas sobre uma situação extremamente desafiadora, por conta do extenso preparo cavitário que foi padronizado em todas as amostras além da presença de tratamento endodôntico.

As fraturas de restauração são a razão de falha mais relatada em estudos clínicos que avaliam restaurações de dentes posteriores (Rosa Rodolpho *et al.*, 2011). Em muitos casos essas falhas são passíveis de serem reparadas, como em situações de pequenos lascamentos ou fraturas que não comprometam adaptação marginal. Contudo, ainda é muito comum na rotina clínica casos de substituição completa de restaurações comprometidas, e esta situação causa impacto sobre o indivíduo, seja psicológico ou econômico, além de poder afetar as chances de sucesso do tratamento, pois a cada reintervenção realizada

estrutura dental sadia acaba sendo removida, podendo fragilizar ainda mais o remanescente dental (Laske *et al.*, 2016; Sande, van de *et al.*, 2019). Dentre os diversos parâmetros clínicos que compõe o FDI foram utilizados no presente estudo apenas “integridade dental”, “fratura da restauração” e “adaptação marginal”, pois são os parâmetros plausíveis a serem utilizados na metodologia empregada no estudo *in vitro* (Hickel *et al.*, 2010). Contudo, é importante interpretar os resultados aqui encontrados com cautela, pois existem fatores individuais que podem afetar a longevidade da restauração e que não são possíveis de serem reproduzidos em um estudo laboratorial, como idade do paciente, condição econômica, incidência de carie e hábitos parafuncionais (Demarco *et al.*, 2012; Sande, van de *et al.*, 2019).

No presente estudo, optou-se por realizar duas análises: sobrevivência e sucesso. Na análise de sobrevivência, os escores FDI 4 e 5 do critério integridade dental, que referem a grande perda de estrutura dental e fratura da cúspide ou do dente, respectivamente, foram considerados falha. Nesta análise, não foi possível encontrar diferença entre os grupos experimentais para o módulo de Weibull e tempo de vida característico. Na análise de sucesso, foram utilizados os critérios FDI de fratura da restauração, 3, 4 e 5, que referem a lascamentos pequenos, lascamentos grandes, e perda parcial ou completa da restauração, respectivamente. Neste caso, foi considerado sucesso quando o conjunto dente/restauração estava íntegro ou apresentava pequenas trincas que não necessitam de reparo. Como mencionado anteriormente, para a análise de sucesso, houve diferença entre as técnicas nos dentes com extensa destruição coronária.

É vasta a literatura que confirma que cavidades com um maior número de paredes envolvidas é fator preditor para o aumento do risco de falha da restauração (Laske *et al.*, 2016; Wierichs, Kramer e Meyer-Lueckel, 2020). Além disso, preparos cavitários extensos deixam o remanescente dental frágil e susceptível a fraturas da restauração, coroa e até mesmo da raiz (Sáry *et al.*, 2019). Esta relação de fatores também pode ser observada no presente estudo, pois quando levado em consideração a configuração de cavidade das amostras observamos que no critério “fratura da restauração” os espécimes que tiveram 1/3 de sua cúspide removida receberam escores mais altos. Não por acaso, a configuração cavitária também impactou nos resultados da análise de sucesso. Nesta, a variação do desempenho das técnicas restauradoras foi observada apenas entre os grupos Ic, Cc e Bc. O módulo de Weibull foi mais alto no grupo Bc, isso significa que a distribuição dos dados de falha foi menos variada e, portanto, temos maior previsão de quando o material vai falhar. Contudo, valores maiores de tempo de vida característico e tempo médio de vida foram observados na técnica combinada. Essas duas médias mostram, respectivamente, o número de ciclos para uma probabilidade de falha de 63,2% e a média de ciclos até a falha.

Do ponto de vista da propriedade dos materiais estes resultados são condizentes com a literatura. Em estudo que investigou o comportamento de RBF frente ao estresse de polimerização e tensão de cúspide em pré-molares, os resultados apresentam que os compósitos “bulk” geram menor tensão de cúspide e estresse de polimerização que resinas convencionais (Martins *et al.*, 2020). Os autores atribuem esse achado a contração pós-gel que ocorre após o processo de polimerização.

Outros estudos ressaltam ainda que a resina *flow*, por possuir uma menor quantidade de carga, tem um módulo de elasticidade inferior, se assemelhando mais com a dentina (Al-Nahedh e Alawami, 2020). Dessa forma, a absorção e dissipação das forças ocorre de maneira mais eficiente que na técnica incremental. Além disso, a camada de 2mm de resina convencional, que é aplicada como cobertura, proporciona uma resistência superficial maior, sendo menos susceptível a fratura e desgaste (Al-Nahedh e Alawami, 2020; Endo Hoshino *et al.*, 2022).

. A busca por materiais que simplifiquem a técnica restauradora e que ao mesmo tempo ofereçam bons resultados clínicos é uma área em constante desenvolvimento na odontologia. As RBF foram introduzidas dentro dessa perspectiva e, neste estudo, foram levadas ao limite do desafio restaurador levando em consideração aspectos que aumentam o risco de falha das restaurações como pouco remanescente dental e presença tratamento endodôntico, como podemos encontrar em outros estudos deste tipo (Atalay *et al.*, 2016; Kemaloglu *et al.*, 2015; Mergulhão *et al.*, 2019). Contudo, uma das limitações do presente estudo é poder reproduzir outros determinantes de falha que são dependentes do indivíduo como já foi citado anteriormente. Porém, comparando os achados desta pesquisa com os dos estudos clínicos mais recentes é possível observar a tendência de sucesso das RBF (Kaisarly *et al.*, 2022; Sekundo *et al.*, 2022). Dentro das escolhas metodológicas, a decisão por utilizar critérios da FDI para análise qualitativa das restaurações se justifica por ser uma ferramenta de excelência utilizada em estudo *in vivo* prévios e que pode, também, oferecer bons parâmetros de sucesso e falha em estudos *in vitro* (Endo Hoshino *et al.*, 2022; Loguercio *et al.*, 2019; Sekundo *et al.*, 2022). O teste de fadiga, por sua vez, se torna uma

maneira mais adequada de estimar a longevidade das restaurações do que testes de resistência a fratura, pois a aplicação intermitente de uma carga por um longo período de tempo é uma simulação mais realista do ambiente bucal, além de ser uma técnica pouco utilizada em estudos laboratoriais que testaram RBF. Entretanto, uma de nossas limitações foi que a carga aplicada no teste mecânico se manteve apenas na direção vertical, desconsiderando, portanto, a incidência de forças oclusais oblíquas que ocorrem durante os movimentos excursivos da mandíbula.

Por fim, podemos dizer que o uso das RBF em situações clínicas desafiadoras é aconselhado, pois o material mostrou desempenho comparável e, até mesmo, superior a técnica incremental com RC. Além disso, os dados de tempo de trabalho refletiram o que já se sabe sobre essa técnica, a qual demanda um tempo de cadeira consideravelmente inferior, se tornando mais vantajoso para o dentista e também ao paciente como já foi abordado em um estudo prévio de Tardem *et al.* (2019) confirmando a hipótese de que técnicas Bulk Fill são eficientes e com tempo clínico de trabalho inferior. A simplificação do procedimento restaurador também trás vantagens em relação ao prognóstico do tratamento. O menor número de incrementos e menor contração de polimerização deste material diminuem, consequentemente, as chances de contaminação do campo, de formação de espaços vazios e desadaptação marginal decorrente da ação das tensões de polimerização (Loguercio *et al.*, 2019; Tardem *et al.*, 2019). Estudos clínicos de maior tempo de acompanhamento ainda são necessários para investigar como o material se comporta ao longo dos anos, porém no que tange as questões laboratoriais as Resinas Bulk Fill podem ser utilizadas em situações de

perda de estrutura coronária extensa com inúmeros benefícios e desempenho adequado.

7. CONCLUSÕES

As diferentes técnicas restauradoras têm desempenho similar na análise dos critérios FDI e na análise de sobrevivência do conjunto dente/restauração. Na análise de sucesso, em uma situação de maior perda de estrutura dental, a técnica Bulk Fill apresentou maior confiabilidade, enquanto a Técnica Combinada resultou em maior tempo de vida em fadiga. Dentes mais frágeis possuem maior risco de falha e impactaram no desempenho das restaurações independente da técnica. Por fim, as técnicas do tipo “bulk” apresentam tempo clínico de trabalho inferior quando comparadas a técnicas incrementais.

REFERÊNCIAS

- ABOUELLEIL, H.; PRADELLE, N.; VILLAT, C.; ATTIK, N.; COLON, P.; GROSGOGEAT, B. Comparison of mechanical properties of a new fiber reinforced composite and bulk filling composites. *RDE*, v. 40, n. 4, p. 262–269, 2015.
- AL-NAHEDH, H.; ALAWAMI, Z. Fracture Resistance and Marginal Adaptation of Capped and Uncapped Bulk-fill Resin-based Materials. *Oper Dent*, v. 45, n. 2, p. 43–56, 2020.
- ANGELETAKI, F.; GKOGKOS, A.; PAPAZOGLU, E.; KLOUKOS, D. Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic review and meta-analysis. *J Dent*, v. 53, p. 12–21, 2016.
- ATALAY, C.; YAZICI, A. R.; HORUZTEPE, A.; NAGAS, E.; ERTAN, A.; OZGUNALTAY, G. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with bulk fill, bulk fill flowable, fiber-reinforced, and conventional resin composite. *Oper Dent*, v. 41, n. 5, p. 131–140, 2016.
- AUSIELLO, P.; CIARAMELLA, S.; FABIANELLI, A.; GLORIA, A.; MARTORELLI, M.; LANZOTTI, A.; WATTS, D. C. Mechanical behavior of bulk direct composite versus block composite and lithium disilicate indirect Class II restorations by CAD-FEM modeling. *Dent Mater*, v. 33, n. 6, p. 690–701, 2017.
- BANERJEE, A. *et al.* When to intervene in the caries process? A Delphi consensus statement. *BDJ*, v. 229, n. 7, p. 474–482, 2020.
- BENETTI, A.; HAVNDRUP-PEDERSEN, C.; HONORÉ, D.; PEDERSEN, M.; PALLESEN, U. Bulk-fill resin composites: Polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent*, v. 40, n. 2, p. 190–200, 2015.
- BENETTI, A. R.; HAVNDRUP-PEDERSEN, C.; PEDERSEN, M. K.; HONORÉ, D.; PALLESEN, U. Bulk-fill resin composites: Polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent*, v. 40, n. 2, p. 190–200, 2015.
- BOARO, L. C. C.; LOPES, D. P.; SOUZA, A. S. C. DE; NAKANO, E. L.; PEREZ, M. D. A.; PFEIFER, C. S.; GONÇALVES, F. Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin —a systematic review and meta-analysis. *Dent Mater*, v. 35, n. 10, p. e249–e264, 2019.

BUCUTA, S.; ILIE, N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Invest*, v. 18, n. 19, p. 1991–2000, 2014.

CANEPELE, T. M. F.; BRESCIANI, E. Resinas bulk-fill - O estado da arte. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent*, v. 70, n. 3, p. 242–248, 2016.

CHARAMBA, C. DE F.; MEIRELES, S. S.; DUARTE, R. M.; MONTENEGRO, R. V.; ANDRADE, A. K. M. DE. Resistência de união de compósitos do tipo Bulk Fill: análise in vitro. *Rev Odontol UNESP*, v. 1, n. 1, p. 1–5, 2017.

CHESTERMAN, J.; JOWETT, A.; GALLACHER, A.; NIXON, P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: A review. *Brit Dent J*, v. 222, n. 5, p. 337–344, 2017.

CZASCH, P.; ILIE, N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Invest*, v. 17, n. 1, p. 227–235, 2013.

DEMARCO, F. F.; CORRÊA, M. B.; CENCI, M. S.; MORAES, R. R.; OPDAM, N. J. M. Longevity of posterior composite restorations: Not only a matter of materials. *Dent Mater*, v. 28, n. 1, p. 87–101, 2012.

DIJKEN, J. W. VAN; PALLESEN, U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent*, v. 51, p. 29–35, 2016.

ENDE, A. VAN; MUNCK, J. DE; LISE, D. P.; MEERBEEK, B. VAN. Bulk-fill composites: A review of the current literature. *J Adhes Dent*, v. 19, n. 2, p. 95–109, 2017.

ENDO HOSHINO, I. A.; FRAGA BRISO, A. L.; BUENO ESTEVES, L. M.; SANTOS, P. H. DOS; MEIRA BORGHI FRASCINO, S.; FAGUNDES, T. C. Randomized prospective clinical trial of class II restorations using flowable bulk-fill resin composites: 4-year follow-up. *Clin Oral Invest*, 2022.

FRONZA, B. M.; RUEGGEBERG, F. A.; BRAGA, R. R.; MOGILEVYCH, B.; SOARES, L. E. S.; MARTIN, A. A.; AMBROSANO, G.; GIANNINI, M. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater*, v. 31, n. 12, p. 1542–1551, 2015.

GAROUSHI, S.; SÄILYNOJA, E.; VALLITTU, P. K.; LASSILA, L. Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dent Mater*, v. 29, n. 8, p. 835–841, 2013.

GERULA-SZYMAŃSKA, A.; KACZOR, K.; LEWUSZ-BUTKIEWICZ, K.; NOWICKA, A. Marginal integrity of flowable and packable bulk fill materials used for class ii restorations —A systematic

review and meta-analysis of in vitro studies. *Dent Mater J*, v. 39, n. 3, p. 335–344, 2020.

HICKEL, R.; PESCHKE, A.; TYAS, M.; MJÖR, I.; BAYNE, S.; PETERS, M.; HILLER, K. A.; RANDALL, R.; VANHERLE, G.; HEINTZE, S. D. FDI world dental federation - clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations update and clinical examples. *Journal of Adhesive Dentistry*, v. 12, n. 4, p. 259–272, 2010.

HIRATA, R.; CLOZZA, E.; GIANNINI, M.; FARROKHMANESH, E.; JANAL, M.; TOVAR, N.; BONFANTE, E. A.; COELHO, P. G. Shrinkage assessment of low shrinkage composites using micro-computed tomography. *J Biomed Mater Res Part B*, v. 103, n. 4, p. 798–806, 2014.

ILIE, N.; BUCUTA, S.; DRAENERT, M. Bulk-fill resin-based composites: An in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent*, v. 38, n. 6, p. 618–625, 2013.

JANG, J.; PARK, S.; HWANG, I. Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk-Fill Resin Composites and Highly Filled Flowable Resin. *Oper Dent*, v. 40, n. 2, p. 172–180, 2015.

KAISARLY, D.; LANGENEGGER, R.; LITZENBURGER, F.; HECK, K.; GEZAWI, M. EL; RÖSCH, P.; KUNZELMANN, K. H. Effects of application method on shrinkage vectors and volumetric shrinkage of bulk-fill composites in class-II restorations. *Dent Mater*, v. 38, n. 1, p. 79–93, 2022.

KEMALOGLU, H.; EMIN KAVAL, M.; TURKUN, M.; MICOOGULLARI KURT, S. Effect of novel restoration techniques on the fracture resistance of teeth treated endodontically: An in vitro study. *Dent Mater J*, v. 34, n. 5, p. 618–622, 2015.

KIM, R. J. Y.; KIM, Y. J.; CHOI, N. S.; LEE, I. B. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *J Dent*, v. 43, n. 4, p. 430–439, 2015.

LASKE, M.; OPDAM, N. J. M.; BRONKHORST, E. M.; BRASPENNING, J. C. C.; HUYSMANS, M. C. D. N. J. M. Longevity of direct restorations in Dutch dental practices. Descriptive study out of a practice based research network. *J Dent*, v. 46, n. 2015, p. 12–17, 2016.

LOGUERCIO, A. D.; REZENDE, M.; GUTIERREZ, M. F.; COSTA, T. F.; ARMAS-VEGA, A.; REIS, A. Randomized 36-month follow-up of posterior bulk-filled resin composite restorations. *J Dent*, v. 85, n. 3, p. 93–102, 2019.

MARTINS, L. C.; OLIVEIRA, L. R. S.; BRAGA, S. S. L.; SOARES, C.

J.; VERSLUIS, A.; BORGES, G. A.; VERÍSSIMO, C. Effect of Composite Resin and Restorative Technique on Polymerization Shrinkage Stress, Cuspal Strain and Fracture Load of Weakened Premolars. *J Adhes Dent*, v. 22, n. 5, p. 503–514, 2020.

MERGULHÃO, V. A.; MENDONÇA, L. S. DE; ALBUQUERQUE, M. S. DE; BRAZ, R. Fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars restored with different methods. *Oper Dent*, v. 44, n. 1, p. 1–11, 2019.

MOHAMMADI, N.; KAHNAMOII, M. A.; YEGANEH, P. K.; NAVIMIPOUR, E. J. Effect of Fiber Post and Cusp Coverage on Fracture Resistance of Endodontically Treated Maxillary Premolars Directly Restored with Composite Resin. *JOE*, v. 35, n. 10, p. 1428–1432, 2009.

NAGI, S. M.; MOHARAM, L. M.; ZAAZOU, M. H. Effect of resin thickness, and curing time on the micro-hardness of bulk-fill resin composites. *J Clin Exp Dent*, v. 7, n. 5, p. 600–604, 2015.

OPDAM, N. J. M.; SANDE, F. H. VAN DE; BRONKHORST, E.; CENCI, M. S.; BOTTENBERG, P.; PALLESEN, U.; GAENGLER, P.; LINDBERG, A.; HUYSMANS, M. C. D. N. J. M.; DIJKEN, J. W. VAN. Longevity of posterior composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*, v. 93, n. 10, p. 943–949, 2014.

PAR, M.; GAMULIN, O.; MAROVIC, D.; KLARIC, E.; TARLE, Z. Raman spectroscopic assessment of degree of conversion of bulk-fill resin composites-changes at 24 hours post cure. *Oper Dent*, v. 40, n. 3, p. 92–101, 2015.

RODRIGUES, M. DE P.; SOARES, P. B. F.; GOMES, M. A. B.; PEREIRA, R. A.; TANTBIROJN, D.; VERSLUIS, A.; SOARES, C. J. Direct resin composite restoration of endodontically-treated permanent molars in adolescents: bite force and patient-specific finite element analysis. *JAOS*, v. 28, n. e20190544, p. 1–11, 2020.

ROSA RODOLPHO, P.; DONASSOLLO, T.; CENCI, M.; LOGUÉRCIO, A.; MORAES, R.; BRONKHORST, E.; OPDAM, N.; DEMARCO, F. 22-Year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dent Mater*, v. 27, n. 10, p. 955–963, 2011.

ROSATTO, C. M. P.; BICALHO, A. A.; VERÍSSIMO, C.; BRAGANÇA, G. F.; RODRIGUES, M. P.; TANTBIROJN, D.; VERSLUIS, A.; SOARES, C. J. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *J Dent*, v. 43, n. 12, p.

1519–1528, 2015.

SANDE, F. H. VAN DE; MORAES, R. R.; ELIAS, R. V.; MONTAGNER, A. F.; RODOLPHO, P. A.; DEMARCO, F. F.; CENCI, M. S. Is composite repair suitable for anterior restorations? A long-term practice-based clinical study. *Clin Oral Invest*, v. 23, n. 6, p. 2795–2803, 2019.

SÁRY, T.; GAROUSHI, S.; BRAUNITZER, G.; ALLEMAN, D.; VOLOM, A. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials Fracture behaviour of MOD restorations reinforced by various fi bre- reinforced techniques – An in vitro study. *J Mech Behav Biomed Mater*, v. 98, n. July, p. 348–356, 2019.

SEKUNDO, C.; FAZELI, S.; FELTEN, A.; SCHOILEW, K.; WOLFF, D.; FRESE, C. A randomized clinical split-mouth trial of a bulk-fill and a nanohybrid composite restorative in class II cavities: Three-year results. *Dent Mater*, v. 38, n. 5, p. 759–768, 2022.

TARDEM, C.; ALBUQUERQUE, E. G.; SOUZA LOPES, L. DE; MARINS, S. S.; CALAZANS, F. S.; POUBEL, L. A.; BARCELOS, R.; OLIVEIRA BARCELEIRO, M. DE. Clinical time and postoperative sensitivity after use of bulk-fill (syringe and capsule) vs. incremental filling composites: A randomized clinical trial. *Braz Oral Res*, v. 33, p. 1–13, 2019.

VELOSO, S. R. M.; LEMOS, C. A. A.; MORAES, S. L. D. DE; EGITO VASCONCELOS, B. C. DO; PELLIZZER, E. P.; MELO MONTEIRO, G. Q. DE. Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Invest*, v. 23, n. 1, p. 221–233, 2019.

VICENZI, C. B.; BENETTI, P. Características mecânicas e ópticas de resinas bulk-fill: revisão de literatura. *RFO*, v. 23, n. 1, p. 107–113, 2018.

WIERICHS, R. J.; KRAMER, E. J.; MEYER-LUECKEL, H. Risk Factors for Failure of Direct Restorations in General Dental Practices. *Journal of Dental Research*, v. 99, n. 9, p. 1039–1046, 2020.

ZARRATI, S.; MAHBOUB, F. Marginal adaptation of indirect composite, glass-ceramic inlays and direct composite: an in vitro evaluation. *J Dent (Tehran)*, v. 7, n. 2, p. 77–83, 2010.

ZORZIN, J.; MAIER, E.; HARRE, S.; FEY, T.; BELL, R.; LOHBAUER, U.; PETSCHLT, A.; TASCHNER, M. Bulk-fill resin composites: Polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater*, v. 31, n. 3, p. 293–301, 2015.

**PERFORMANCE OF BULK FILL COMPOSITE
RESIN RESTORATIONS IN LARGELY DESTROYED
PREMOLARS**

Mateus W. P. Lopes^{*a}, Kaue F. Collares^b, Márcia Borba^b

^a Master student in Dentistry from the University of Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil

^b Post-graduation Program in Dentistry, University of Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brazil

* Corresponding author at: Rua Lava Pés, 878 apt 303, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, RS Zip Code: 99010-160, Brazil. Tel.: +55 55 996514314

Abstract:

Objectives: to evaluate the performance of Bulk Fill (RBF) restorations using different techniques and in different cavity configurations in endodontically treated teeth. The working time of the techniques was also compared. **Methods:** Class II cavities (MOD) followed by endodontic treatment were made in 72 healthy human maxillary premolars. Of these, half had 1/3 of their palatal cusp removed. The samples were restored using 3 techniques: incremental with Filtek Z350XT, combined with Filtek Bulk Fill Flowable and Bulk Fill with Filtek One Bulk Fill Restorative, totaling 6 experimental groups. The

samples were subjected to fatigue testing in a pneumatic mechanical cycluser with a load of 80 N for 1 million cycles. Restorations were evaluated using the FDI clinical criteria. Data were analyzed using the two-parameter Weibull distribution and Maximum Likelihood Method (MLE). FDI scores were analyzed using Fischer's exact test. **Results:** The different restorative techniques presented similar performance in the analysis of the FDI criteria and in the survival analysis of the tooth/restoration set. In the successful analysis, in a situation of greater loss of tooth structure, the Bulk Fill technique showed greater reliability, while the Combined Technique resulted in a longer fatigue life. More fragile teeth have a higher risk of failure and impacted the performance of restorations regardless of technique. The time of clinical work with the RBF was considerably lower. **Significance:** RBF and resin composites (RC) restorations have similar performance, however in larger cavities Bulk Fill resins showed better performance in fatigue behavior. Bulk techniques presents a lower clinical time of work when compared to the incremental technique

Keywords: Permanent Dental Restoration, Composite Resins, Endodontics, Bulk-Fill

1. Introduction

The restorative procedure of teeth affected by caries, coronary fractures and wear are one of the most common clinical practices in the dental office. In addition, there is also a large number of patients who need repair and replacement of previously existing restorations [1,2]. All these scenarios lead to a financial impact, whether on the individual or on health systems, as well as on the well-being of the patient, which makes it essential to choose the best materials and clinical protocols, ensuring longevity and good prognosis for treatments [2].

Among the restorative materials available, RC are the most used for direct restoration techniques. They are practical, cheap and versatile, have acceptable mechanical and aesthetic properties in addition to presenting excellent clinical longevity, which is already consolidated in the literature [3–5]. However, restorative treatment and its durability can be a challenge for the professional, especially when patients have higher risk factors for failure of restorations. It is known that individual factors such as socioeconomic, age and even caries experience are linked to the longevity of restorations [6]. In addition, studies indicate that large losses of coronary structure, number of lost walls and presence of

endodontic treatment, for example, are dental level factors that most negatively impact the annual survival rate of restorations [1,4,7].

As any other restorative material, RC also have limitations, such as high polymerization shrinkage, which generates tensions, especially at the adhesive interface and which can, consequently, lead to marginal maladaptation, in addition to a sensitive, long and multiple-step clinical protocol in consequence of the incremental insertion technique [8–10]. In this context, combining the need to improve the restorative technique, especially for widely destroyed teeth, as well as the search for treatments that require less clinical time, some materials have been developed.

The RBF have advantages compared to the RC, which stand out lower polymerization contraction and the possibility of inserting increments of up to 5 mm in the cavity [11]. Thus, the clinical time is significantly shorter, making the technique less sensitive. The smaller number of increments also reduces the chances of voids being incorporated between resin layers [12–14]. Furthermore, the low stresses generated by the restoration would likely reduce the chances of catastrophic fractures which these elements are already predisposed to suffer [1,15]. Therefore, the use of this material in weakened teeth and

with great loss of structure, especially endodontically treated ones, suggests promising results when compared to conventional techniques.

The need to rehabilitate structurally lost elements is imperative, in order to improve their prognosis. In addition, the decision to opt for a direct restoration in widely destroyed and weakened teeth must be carefully studied. Understanding the behavior of restorative materials used in this situation is essential. The literature is still scarce to assess the clinical and mechanical behavior of RBF in widely destroyed teeth. Comparative studies of strength, wear and marginal fit show mixed results [7,16–19]. Therefore, a comparative laboratory study is needed between restorations performed with RBF and RC in endodontically treated teeth that have challenging cavity configurations. The aim of this study was to evaluate the performance of Bulk Fill restorations using different techniques and in different cavity configurations in endodontically treated teeth. In addition, the working time between the techniques was compared. The hypotheses tested were: 1) the different restorative techniques have similar performance in the analysis of the FDI criteria, analysis of survival and success in fatigue; 2) more fragile teeth have a higher failure rate for the restoration; 3) the use of Bulk Fill

techniques to restore widely destroyed teeth presents a lower clinical work time when compared to the incremental technique.

2. Materials and methods

The project was sent to the Research Ethics Committee (CEP) of the Universidade de Passo Fundo (UPF). Seventy-two healthy human upper premolars, without caries, visible resorptions or cracks, were obtained from the teeth Biobank of the Faculty of Dentistry - UPF. Calculus and soft tissue deposited on the tooth were removed with a periodontal curette (Figure 1A).

With the aid of a digital caliper, the size of the teeth was standardized in the following dimensions: 8.47 mm to 10.59 mm in the buccolingual direction and 6.38 mm to 8.19 mm in the mesiodistal direction [16] (Figure 1B). The teeth were stored in distilled water and randomly divided into 6 experimental groups as shown in Table 1. The restorative materials used are described in Table 2.

In all 72 teeth, class II MOD cavities were made by a single operator with #2214 diamond burs (KG Sorensen, Cotia, SP, Brazil) in a high-speed handpiece (Kavo, Joinville, SC, Brazil) that was coupled to a device that allows standardization of the cavities (Figure 1C). The burs

were replaced every 10 teeth to ensure high wear power. The cavity dimensions are described in Figure 2A [13]. In the 36 teeth belonging to the Ic, Cc and Bc groups, the lingual cusp had 1/3 of its height removed after cavity preparation (Figure 2B).

Table 1: Division of experimental groups, n=12.

Groups	Treatments
I	MOD cavity restored with composite resin in the incremental technique (Filtek Z350XT)
C	MOD cavity restored with bulk fill resin in the combine technique (Filtek Bulk Fill Flowable Restorative + Filtek Z350XT)
B	MOD cavity restored with bulk fill resin in the single increment technique (Filtek One Bulk Fill Restorative)
Ic	MOD cavity with removal of 1/3 of the lingual cusp restored with composite resin in the incremental technique (Filtek Z350XT)
Cc	MOD cavity with removal of 1/3 of the lingual cusp restored with bulk fill resin in the combine technique (Filtek Bulk Fill Flowable Restorative + Filtek Z350XT)
Bc	MOD cavity with removal of 1/3 of the lingual cusp restored with bulk fill resin in the single increment technique (Filtek One Bulk Fill Restorative)

Table 2: Description of the restorative materials used.

Material	Type	Manufacturer	Composition
Filtek Z350XT	Resin composite	3M, St. Paul, MN, EUA	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, and bis-EMA, silica and zirconia.
Filtek Bulk Fill Flowable Restorative	Bulk Fill Flow resin	3M, St. Paul, MN, EUA	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA, silica and zirconia.
Filtek One Bulk Fill Restorative	Bulk Fill resin	3M ESPE, St Paul, MN, EUA.	Inorganic particles, Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, procrylatic resins, ytterbium trifluoride, zirconia and silica

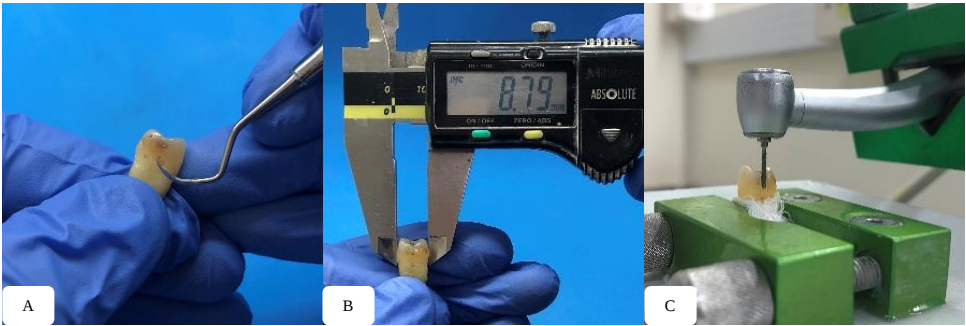


Figure 1 – (a) removal of periodontal tissue remains; (b) standardization of crown size of selected teeth; (c) manufacture of MOD cavities with the aid of a device that allows standardization of cavity dimensions

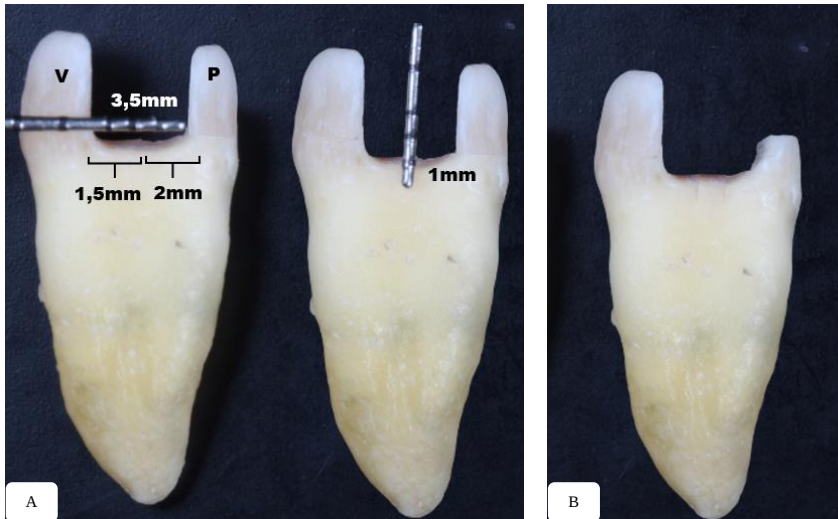


Figure 2 – (a) the measurements of the MOD cavities were as follows: B-L distance of 3.5mm, 1.5mm for the buccal and 2mm for the lingual, starting from the center of the

*occlusal surface. The cervical margin was made 1mm above the cementoenamel junction;
(b) sample after removal of 1/3 of the lingual cusp*

2.1 Endodontic treatment

After the cavity preparations, standard endodontic accesses were performed with a #1012 diamond bur (KG Sorensen, Cotia, Brazil) at high refrigerated rotation and also with an Endo Z bur (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (Figure 3A). The coronal pulp was removed with a curette. Afterwards, instrumentation was performed with a Reciproc R40 file (VDW, Munich, Bavaria, Germany) at the level of the apical foramen (Figure 3B). The irrigating solution used was saline and chlorhexidine gel (Figure 3C). Subsequently, the teeth were filled with gutta-percha cones and AH Plus endodontic cement (Dentsply, Konstanz, Germany) using the active lateral condensation technique, 1 mm short of the working length (Figure 3D). Finally, the cones were cut 3 mm below the entrance of the root canals, the entrance of the canals was sealed with coltosol and subsequent storage for 24 hours at 37°C and 100% humidity to allow the material to fully set. The coltosol was removed prior to the restorative step.

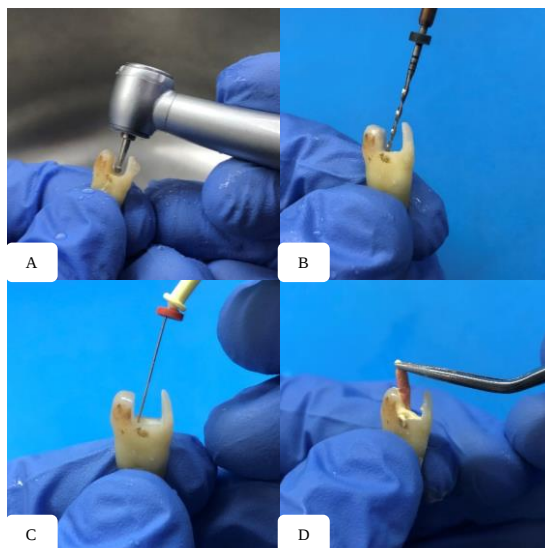


Figure 3 – (a) access to the root canal; (b) instrumentation with Reciproc R40 file; (c) canal irrigation; (d) filling with gutta-percha cones and AH Plus cement.

2.2 Periodontal ligament simulation

The restored teeth received an artificial periodontal ligament to simulate oral conditions during the fatigue test. To simulate the periodontal ligament, the roots were covered with a layer of 0.2 to 0.3 mm of wax melted up to 2 mm below the cervical margin (Figure 4A) and then included in PVC cylinders containing Crystal Epoxy Resin (Redelease , São Paulo, Brazil) (Figure 4B). After the material polymerization, the wax was melted and the space was filled with

polyether (Impregum Soft, 3M/ESPE, Sumaré, SP, Brazil) (Figure 4C-D).

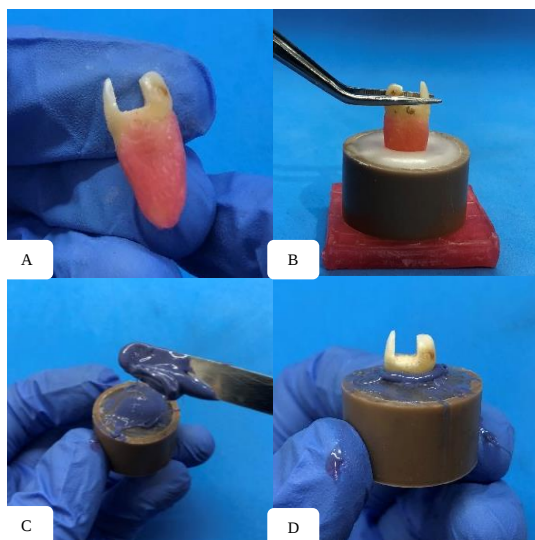


Figure 4 – (a) melted wax in the apical portion 1mm below the cervical margin; (b) inserting the sample in epoxy resin; (c) after polymerization of the resin, the wax was melted and its space filled with polyether; (d) final appearance of the sample.

2.3 Restorative procedure

Selective acid etching of enamel was used. The enamel was treated with 37% phosphoric acid (3M™ Scotchbond™ Universal Etchant) for 30 seconds and rinsed with water for 60 seconds. The enamel and dentin were air-dried, and the adhesive (3M Single Bond Universal Adhesive) was applied and light-cured following the manufacturer's recommendations (Figures 5A-B). Subsequently, a

metallic matrix was fixed on each prepared tooth to allow the construction of the proximal walls of the restoration, and a modified hemostatic forceps was used to simulate the function of an interdental wedge in order to ensure correct marginal adaptation of the restoration (Figure 5C).

Groups I and Ic were restored with conventional composite resin (Z350XT, 3M, St. Paul, MN, USA) following the incremental technique. Each increment had a maximum thickness of 2 mm and was individually light-cured for 20 seconds. Groups C and Cc followed the combined technique, where the pulp chamber and cavity floor were filled with 4 mm increments of Filtek Bulk Fill Flowable Restorative (3M ESPE, St Paul, MN, USA) and light-cured for 40 seconds on the occlusal surface. A 2 mm thick cover layer of conventional composite resin (Z350XT, 3M, St. Paul, MN, USA) was inserted into the occlusal surface and light-cured for 20 seconds (Figures 6A-D). Groups B and Bc were restored with a regular bulk fill resin (Filtek One Bulk Fill Restorative, 3M ESPE, St Paul, MN, USA) in 5 mm thick increments, light cured for 20 seconds on the buccal, occlusal and lingual surfaces (Figures 7A-B). For all restorations, a surface finishing protocol was

performed using Sof-Lex Pop-On discs and low-speed handpiece rubber polishing burs (Figure 7C).



Figure 5 – (a) selective acid etching on enamel; (b) application of universal adhesive; (c) adaptation of the matrix. Together we have the hemostat that was adapted to hold the matrix in position in the proximal regions, simulating the function of the interproximal wedge, aiming at adequate marginal adaptation of the restorative material.

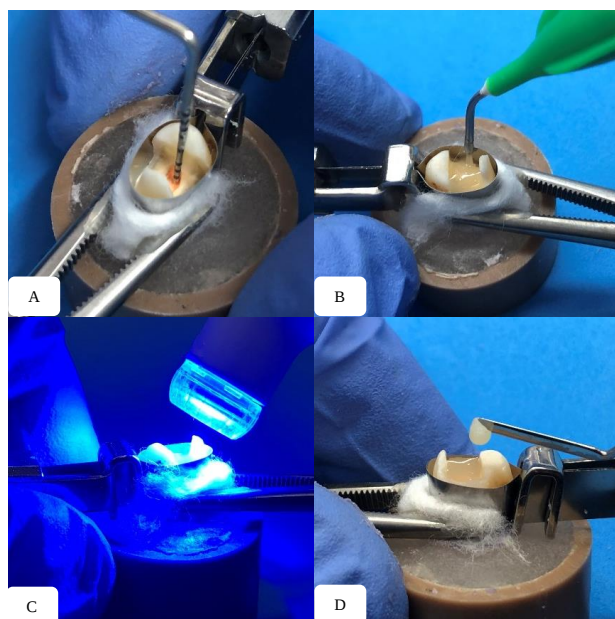


Figure 6 – (a) measurement of cavity depth; (b) insertion of 4mm increment of RBF flow; (c) light-curing the material; (d) insertion of 2mm increment of CR in the occlusal region

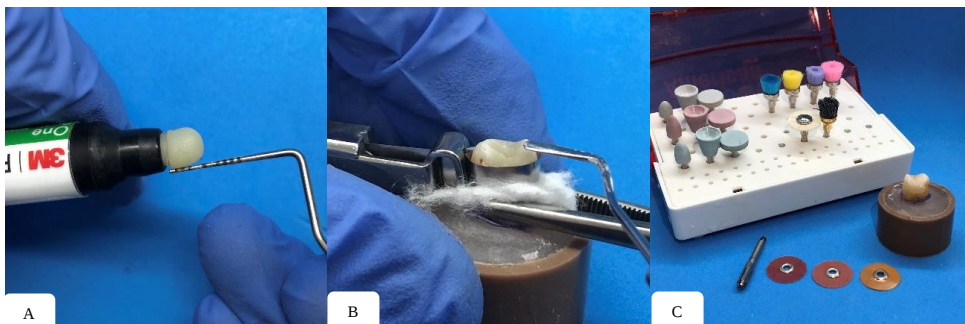


Figure 7 – (a) for regular RBF, we used 5mm increments as recommended by the manufacturer's package insert; (b) tooth restoration; (c) afterwards, all samples were polished.

2.4 Time evaluation

For each technique used, an average time in seconds of the time required to insert the restorative material into the cavity was calculated. Operators timed the time in seconds between the insertion of the first resin increment and the end of the light curing.

2.5 Mechanical Tests

The fatigue test was performed in a pneumatic mechanical cycling machine, in a 2 Hz frequency in water at room temperature. The

specimens were subjected to a load of 80 N, applied by a piston of epoxy resin reinforced with glass fibers (NEMA G10), for 1 million cycles (Figure 8). The test was interrupted every 250 thousand cycles to evaluate the restorations.



Figure 8 – positioning of the specimens in the pneumatic mechanical cyclus. The antagonist piston of G10 and the tooth touch each other forming a tripodism.

2.6 FDI evaluation

Three previously calibrated evaluators were responsible for evaluating the restorations using the World Dental Federation criteria (FDI) [20]. The evaluations were carried out prior to the beginning of the fatigue test and every 250 thousand cycles until the end of the test, totaling 5 evaluations. The following parameters were evaluated: Dental integrity, restoration fracture and marginal adaptation. These variables

were classified into 5 categories: excellent, good, satisfactory, unsatisfactory but repairable or need for replacement (scores 1 to 5). Each parameter was analyzed individually as shown in Table 1.

Subsequently, two outcome variables were generated, one for analysis of success and another for analysis of survival of the tooth/restoration set. In the survival analysis, the parameters of dental integrity were used, with scores 4 and 5 considered as failure. In the success analysis, the fracture parameters of the restoration were used, with scores 3, 4 and 5 considered as failure.

Escore	Tooth integrity	Restoration fracture	Marginal adaptation
1. Clinically excellent	Complete integrity	Restoration retained without fractures or cracks	Harmonious interface, no cracks and no discoloration
2. Clinically good (after polishing it is excellent)	Small loss of structure or enamel cracking (<150µm)	Small crack	Cracked interface (<150µm). Small removable marginal fracture with polishing
3. Clinically sufficient / satisfactory	Small loss of structure or enamel cracking, no adverse effects (<250µm)	Two or more cracks, or large cracks or chipping (without affecting marginal integrity)	Marginal slit <250µm but not removable. Small fractures in enamel or dentin
4. Clinically unsatisfactory (but repairable)	Large loss of structure or enamel cracking (>250µm). You can probe	Chipping that affects the marginal integrity/block fracture of less than half of the restoration	>250µm crack or exposed dentin. Chipping affecting the margin. Visibly fractured enamel or dentin wall
5. Clinically poor (needs replacement)	Cusp or tooth fracture	Partial or complete loss of restoration	Restoration detachment

Table 1 – parameters used to evaluate the restorations according to each FDI criteria [20].

2.7 Data analysis

The data was set into a data sheet in Excel software. The scores of each parameter of the FDI criterion were compared with Fischer's exact test in the Stata 14.0 software (StataCorp, College Station, TX). The survival and success analyzes of the tooth/restoration set in fatigue were performed using the two-parameter Weibull distribution and Maximum Likelihood Method (MLE). The 90% confidence intervals (CI) were analyzed using the Likelihood Ratio Method (LRB). Statistical analysis was performed using Weibull++ reliability software (Reliasoft). The time data in seconds for making the restorations did not pass the Shapiro-Wilk normality test ($p < 0.05$) and were analyzed with Kruskal-Wallis and Student-Newman-Keuls comparison test. All analyzes considered a value of $\alpha = 0.05$.

3. Results

The total scores assigned to the samples of the different experimental groups for each FDI criteria evaluated are shown in Table 3. For the “restoration fracture” criteria, teeth with intact lingual cusp obtained more favorable scores.

The survival analysis data (failure = FDI scores 4 and 5 of dental integrity) are presented in Table 4. The Weibull modulus (β) and characteristic lifetime (η) values are similar between the experimental groups for the analysis survival rate, as the 90% CI overlap.

Table 3 - Comparison between different direct resin restoration techniques in endodontically treated premolar, according to the FDI criteria, after fatigue testing (compared by Fisher's exact test at $p < 0.05$).

Groups	FDI criteria ^a							
	Restoration Fracture		Tooth integrity		Marginal adaptation		Total restoration evaluation	
	% of restorations within each score (1/2/3/4/5)	p-Value*	% of restorations within each score (1/2/3/4/5)	p-Value*	% of restorations within each score (1/2/3/4/5)	p-Value*	Without small fractures ^b	Clinically acceptable ^c
1 I	75.0 / 0.0 / 0.0 / 8.3 / 16.7	0.656	0.0 / 75.0 / 0.0 / 8.3 / 16.7	0.656	58.3 / 0.0 / 16.7 / 8.3 / 16.7	0.544	75.0%	75.0%
2 C	75.0 / 0.0 / 0.0 / 0.0 / 25.0		0.0 / 75.0 / 0.0 / 0.0 / 25.0		66.7 / 8.3 / 0.0 / 0.0 / 25.0		75.0%	75.0%
3 B	91.7 / 0.0 / 0.0 / 0.0 / 8.3		0.0 / 91.7 / 0.0 / 0.0 / 8.3		83.3 / 0.0 / 8.3 / 0.0 / 8.3		91.7%	91.7%
4 Ic	41.7 / 16.7 / 16.7 / 0.0 / 25.0	0.412	0.0 / 75.0 / 0.0 / 0.0 / 25.5	0.656	41.6 / 16.7 / 16.7 / 0.0 / 25.0	0.134	58.3%	75.0%
5 Cc	75.0 / 8.4 / 0.0 / 8.3 / 8.3		0.0 / 83.4 / 0.0 / 8.3 / 8.3		83.4 / 0.0 / 0.0 / 8.3 / 8.3		83.3%	83.3%
6 Bc	41.7 / 8.3 / 25.0 / 0.0 / 25.0		0.0 / 75.0 / 0.0 / 0.0 / 25.0		50.0 / 0.0 / 25.0 / 0.0 / 25.0		50.0%	75.0%
Cusp	80.6 / 0.0 / 0.0 / 2.8 / 16.6	0.011	0.0 / 80.6 / 0.0 / 2.8 / 16.6	0.954	69.4 / 2.7 / 8.3 / 2.8 / 16.6	0.866	80.6%	80.6%
No cusp	52.8 / 11.1 / 13.9 / 2.8 / 19.4		0.0 / 77.8 / 0.0 / 2.8 / 19.4		58.3 / 5.6 / 13.9 / 2.8 / 19.4		63.9%	77.8%
Incremental	58.3 / 8.3 / 8.3 / 4.2 / 20.8	0.770	0.0 / 75.0 / 0.0 / 4.2 / 20.8	0.953	50.0 / 8.3 / 16.7 / 4.2 / 20.8	0.257	66.7%	75.0%
Combine	75.0 / 4.2 / 0.0 / 4.2 / 16.6		0.0 / 79.2 / 0.0 / 4.2 / 16.6		75.0 / 4.2 / 0.0 / 4.2 / 16.6		79.2%	79.2%
Bulk	66.7 / 4.2 / 12.5 / 0.0 / 16.6		0.0 / 83.4 / 0.0 / 0.0 / 16.6		66.7 / 0.0 / 16.7 / 0.0 / 16.6		70.8%	83.3%

^a Numbers separated by slashes represent the percentage of evaluated restorations for each score, according to the FDI criteria. Only parameters relevant from fatigue test were used.

^b 1 + 2: scores 1– 2 represent restorations without small fractures/defects (FDI criteria) at the time of evaluation.

^c 1 + 2 + 3: scores 1–3 represent restorations clinically acceptable (FDI criteria) at the time of evaluation.

* Fisher's exact test.

Table 4 - Weibull's modulus (β) and characteristic lifetime (η) parameters of the survival analysis, with their respective 90% confidence intervals (90% CI), for the experimental groups.

Group	β	β - 90% IC	η (n. ciclos)	η - 90% IC
I	1.1	0.4; 2.5	3.2×10^6	1.4×10^6 ; 6.6×10^7
C	1.5	0.5; 3.4	2.3×10^6	1.2×10^6 ; 2.0×10^7
B	0.7	0.1; 2.7	2.6×10^7	2.1×10^6 ; 1.6×10^{18}
Ic	1.0	0.3; 2.1	3.5×10^6	1.4×10^6 ; 1.2×10^8
Cc	0.8	0.2; 2.0	8.8×10^6	1.8×10^6 ; 3.2×10^{10}
Bc	5.5	1.9; 12	1.3×10^6	1.1×10^6 ; 2.3×10^6

The success analysis data (failure = FDI scores 3, 4 and 5 of restoration fracture) are presented in Table 5. Table 6 presents predictions of probability of failure (Pf) for 500,000 and 1,000,000 cycles and the mean lifetime for the groups values estimated in the success analysis. It is observed that the Bc group presented the highest Weibull modulus, since the 90% CI does not overlap with the other groups. Among the groups with sound cusp, there is no significant difference for the characteristic lifetime. For the groups partially without cusp, the Cc group has a higher characteristic lifetime value and mean lifetime value than the Bc group.

Table 5 - Weibull modulus (β) and characteristic lifetime (η) parameters of the success analysis, with their respective 90% confidence intervals (90% CI), for the experimental groups.

Group	β	β - 90% IC	η (n. cycles)	η - 90% IC
I	1.1	0.4; 2.5	3.0×10^6	1.3×10^6 ; 5.3×10^7
C	1.0	0.5; 3.6	3.6×10^6	1.2×10^6 ; 2.8×10^7
B	0.7	0.1; 2.7	2.6×10^7	2.1×10^6 ; 1.6×10^{18}
Ic	1.6	0.7; 2.9	1.5×10^6	9.9×10^5 ; 4.0×10^6
Cc	0.8	0.2; 2.0	8.8×10^6	1.8×10^6 ; 3.2×10^{10}

Bc	10.7	5.2; 19	1.1×10^6	9.9×10^5 ; 1.2×10^6
-----------	------	---------	-------------------	---------------------------------------

Table 6 - Predictions of probability of failure (Pf) for 500,000 and 1,000,000 cycles and mean lifetime for the experimental groups estimated in the success analysis, with their respective 90% confidence intervals (90% CI).

Group	500.000 cycles		1.000.000 cycles		Mean lifetime	90% IC
	Pf (%)	90% IC	Pf (%)	90% IC		
I	12	0.3; 30	25	8.9; 48	2.8×10^6	1.3×10^6 ; 4.6×10^7
C	12	0.2; 28	23	8.0; 50	3.6×10^6	1.2×10^6 ; 2.8×10^7
B	5.1	0.1; 20	8.4	1.0; 28	3.2×10^7	2.2×10^6 ; 4.8×10^{18}
Ic	16	5.4; 35	41	20; 64	1.4×10^6	8.9×10^5 ; 3.3×10^6
Cc	10	2.3; 28	17	4.3; 39	1.0×10^7	1.9×10^6 ; 5.6×10^{10}
Bc	0.0	0.0; 0.0	45	24; 66	1.0×10^6	9.4×10^5 ; 1.1×10^6

The results of the analysis of time for making the restoration are shown in Figure 9. There was a difference between the groups for the time needed to make the restoration ($p < 0.001$). Group Ic had the highest median time, while groups B and Bc had the lowest medians, statistically similar to each other.

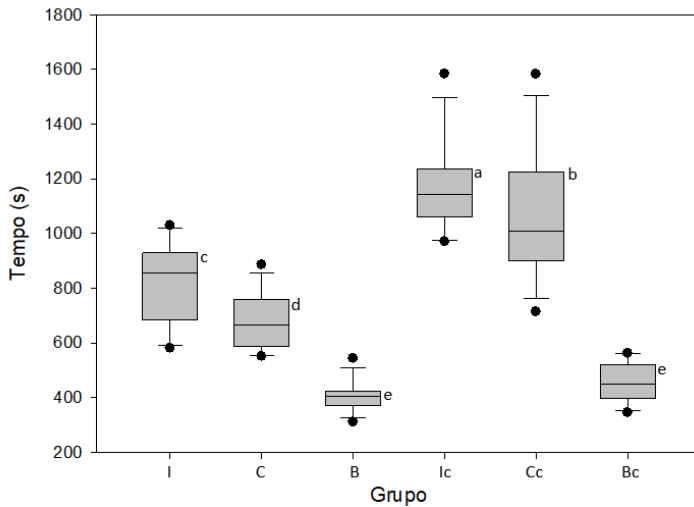


Figure 9 – Box Plot of time for making the restorations of the groups. Equal letters represent similar statistical results ($p>0.05$).

4. Discussion

Considering the clinical evaluation criteria of restorations with FDI parameters, the restorative techniques with RBF showed no difference in failure rates when compared to the control group. However, when considering the type of cavity to be restored, the “fracture of the restoration” criteria presented a statistical difference, showing that teeth that had a greater restorative challenge, that is, had part of the lingual cusp removed, obtained more unfavorable scores, unlike teeth that had an intact cusp. Therefore, the hypothesis that more fragile teeth have a

higher risk of failure was accepted. In addition, in the success analysis, it was observed that between the groups with sound cusp, the type of technique and cavity configuration did not influence the performance of the restorations and presented similar performance. Among the partially cusplless groups, the Bulk Fill technique had the highest Weibull modulus, while the combined technique had higher characteristic lifetime values and longer mean lifetime. The hypothesis that the different techniques have similar performance was, therefore, partially accepted, since both resins had the same performance in the groups with integral cusp, however, in the groups where part of the cusp was removed, the RBF obtained better results in the test of fatigue.

Clinical studies comparing the performance of RBF with RC show that, in general, bulk resins perform satisfactorily. In two clinical studies with 3 and 4 years of follow-up restorations made with RBF and RC were compered. A similar performance was shown between both resins, a situation that reflects the adequate mechanical behavior of RBF found in in vitro studies [21,22]. In another randomized study comparing various aesthetic, functional and biological criteria, RBF was similar to RC after a 3-year follow-up period [12]. Systematic reviews that analyzed studies of up to 10 years of follow-up of RBF also state that

they are safe for clinical use and, in addition, that the annual failure rate of both materials is statistically similar [23,24]. Within the present study, the analysis of the FDI scores revealed that the performance of the restorations against the different techniques was similar, which is a promising result as it reflects what clinical research has shown. However, it is worth mentioning that one of the great differentials of this study is that it tested these techniques in an extremely challenging situation, due to the extensive cavity preparation that was standardized in all samples, in addition to the presence of endodontic treatment.

Restorative fractures are the most reported failure reason in clinical studies evaluating posterior tooth restorations [4]. In many cases these failures are likely to be repaired, as in situations of small chipping or fractures that do not compromise marginal adaptation. However, cases of complete replacement of compromised restorations are still very common in clinical routine, and this situation has an impact on the individual, whether psychological or economic, in addition to affecting the chances of successful treatment, since with each reintervention performed, a healthy dental structure ends up being removed, which may weaken the remaining tooth even more [1,2]. Among the various clinical parameters that make up the FDI, only “tooth integrity”, “restoration

fracture” and “marginal adaptation” were used in the present study, as these are the plausible parameters to be used in the methodology used in the in vitro study [20]. However, it is important to interpret the results found here with caution, as there are individual factors that can affect the longevity of the restoration that cannot be reproduced in a laboratory study, such as patient age, economic status, caries incidence, and parafunctional habits. [2.6].

In the present study, we chose to perform two analyses: survival and success. In the survival analysis, the FDI scores 4 and 5 of the dental integrity criterion, which refer to great loss of tooth structure and fracture of the cusp or tooth, respectively, were considered failure. In this analysis, it was not possible to find a difference between the experimental groups for the Weibull modulus and characteristic lifetime. In the success analysis, the FDI restoration fracture criteria, 3, 4 and 5, which refer to small chipping, large chipping, and partial or complete loss of the restoration, respectively, were used. In this case, it was considered successful when the tooth/restoration set was intact or had small cracks that did not require repair. As mentioned earlier, for the successful analysis, there was a difference between the techniques in teeth with extensive coronary destruction.

There is a vast literature that confirms that cavities with a greater number of walls involved is a predictor for an increased risk of restoration failure [1,5]. In addition, extensive cavity preparations leave the remaining tooth fragile and susceptible to fractures of the restoration, crown and even the root [25]. This mix of factors can also be observed in the present study, because when taking into account the cavity configuration of the samples, we observed that in the “restoration fracture” criteria, the specimens that had 1/3 of their cusp removed received higher scores. Not coincidentally, the cavity configuration also impacted the success analysis. In this, the variation of the performance of the restorative techniques was observed only among the groups Ic, Cc and Bc. The Weibull modulus was higher in the Bc group, which means that the distribution of failure data was less varied and therefore we have a better prediction of when the material will fail. However, higher values of characteristic lifetime and mean lifetime were observed in the combined technique. These two averages show, respectively, the number of cycles for a failure probability of 63.2% and the average of cycles to failure.

From the material properties point of view, these results are consistent with the literature. In a study that investigated the behavior of

RBF related to polymerization stress and cusp tension in premolars, the results show that bulk composites generate less cusp tension and polymerization stress than conventional resins [13]. The authors attribute this finding to post-gel shrinkage that occurs after the polymerization process. Other studies also point out that flow resin, because it has a lower amount of filler, has a lower elastic modulus, being more similar to dentin [26]. Thus, the absorption and dissipation of forces occurs more efficiently than in the incremental technique. In addition, the 2mm layer of conventional resin, which is applied in the occlusal surface, provides greater surface strength, being less susceptible to fracture and wear [21,26].

The search for materials that simplify the restorative technique and at the same time offer good clinical results is an area in constant development in dentistry. The RBFs were introduced within this perspective and, in this study, they were taken to the limit of the restorative challenge, taking into account aspects that increase the risk of failure of restorations, such as little dental remnant and the presence of endodontic treatment, as we can find in other studies of this type [7, 16, 18]. However, one of the limitations of the present study is being able to reproduce other determinants of failure that are dependent on the

individual, as previously mentioned. Still, comparing the findings of this research with those of more recent clinical studies, it is possible to observe the trend of success of RBF [11,22]. Within the methodological choices, the decision to use FDI criteria for the qualitative analysis of restorations is justified because it is an excellent tool used in previous in vivo studies and that can also offer good parameters of success and failure in in vitro studies [12, 21, 22]. Fatigue testing, in turn, becomes a more suitable way of estimating the longevity of restorations than fracture resistance tests, as the intermittent application of a load for a long period of time is a more realistic simulation of the oral environment in addition to being a technique rarely used in laboratory studies that tested RBF. However, one of our limitations was that the load applied in the mechanical test was maintained only in the vertical direction, thus disregarding the incidence of oblique occlusal forces that occur during excursive mandibular movements.

Ultimately, it is possible to say that the use of RBF in challenging clinical situations is advised, as the material showed comparable performance and even superior to the incremental technique with RC. In addition, the working time data reflected what is already known about this technique, which requires considerably less chair time, making it

more advantageous for the dentist and also for the patient, as already discussed in a previous study by Tardem. et al. (2019) confirming the hypothesis that Bulk Fill techniques are efficient and have less clinical work time. The simplification of the restorative procedure also brings advantages in relation to the prognosis of the treatment. The smaller number of increments and smaller polymerization contraction of this material consequently decrease the chances of field contamination, formation of voids and marginal misadaptation resulting from the action of polymerization stresses [12,14]. Longer follow-up clinical studies are still needed to investigate how the material behaves over the years, but with regard to laboratory issues, Bulk Fill Resins can be used in situations of extensive coronary structure loss with numerous benefits and adequate performance.

5. Conclusion

The different restorative techniques perform similarly in the analysis of FDI criteria and in the analysis of survival of the tooth/restoration set. In the successful analysis, in a situation of greater loss of tooth structure, the Bulk Fill technique showed greater reliability, while the Combined Technique resulted in a longer fatigue life. More

fragile teeth have a higher risk of failure and impacted the performance of restorations regardless of technique. Finally, bulk techniques have lower clinical work time when compared to incremental techniques.

Acknowledgements

The authors would like to thank 3M Oral Care and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brazil (CAPES) who supported this project.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

6. References

- [1] Laske M, Opdam NJM, Bronkhorst EM, Braspenning JCC, Huysmans MCDNJM. Longevity of direct restorations in Dutch dental practices. Descriptive study out of a practice based research network. J Dent 2016;46:12–7. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.01.002>.
- [2] van de Sande FH, Moraes RR, Elias R V., Montagner AF, Rodolpho PA, Demarco FF, et al. Is composite repair suitable for

- anterior restorations? A long-term practice-based clinical study. *Clin Oral Invest* 2019;23:2795–803. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2722-5>.
- [3] Opdam NJM, Van De Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of posterior composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2014;93:943–9. <https://doi.org/10.1177/0022034514544217>.
- [4] Rosa Rodolpho P, Donassollo T, Cenci M, Loguércio A, Moraes R, Bronkhorst E, et al. 22-Year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dent Mater* 2011;27:955–63. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.06.001>.
- [5] Wierichs RJ, Kramer EJ, Meyer-Lueckel H. Risk Factors for Failure of Direct Restorations in General Dental Practices. *J Dent Res* 2020;99:1039–46. <https://doi.org/10.1177/0022034520924390>.
- [6] Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJM. Longevity of posterior composite restorations: Not only a matter of materials. *Dent Mater* 2012;28:87–101. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.09.003>.

- [7] Mergulhão VA, De Mendonça LS, De Albuquerque MS, Braz R. Fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars restored with different methods. *Oper Dent* 2019;44:1–11. <https://doi.org/10.2341/17-262-L>.
- [8] Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Invest* 2014;18:1991–2000. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1177-y>.
- [9] Charamba C de F, Meireles SS, Duarte RM, Montenegro RV, Andrade AKM de. Resistência de união de compósitos do tipo Bulk Fill: análise in vitro. *Rev Odontol UNESP* 2017;1:1–5.
- [10] Rosatto CMP, Bicalho AA, Veríssimo C, Bragança GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D, 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;43:1519–28. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.09.007>.
- [11] Kaisarly D, Langenegger R, Litzenburger F, Heck K, El Gezawi M, Rösch P, et al. Effects of application method on shrinkage vectors and volumetric shrinkage of bulk-fill composites in

- class-II restorations. *Dent Mater* 2022;38:79–93.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.10.013>.
- [12] Loguercio AD, Rezende M, Gutierrez MF, Costa TF, Armas-Vega A, Reis A. Randomized 36-month follow-up of posterior bulk-filled resin composite restorations. *J Dent* 2019;85:93–102.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.05.018>.
- [13] Martins LC, Oliveira LRS, Braga SSL, Soares CJ, Versluis A, Borges GA, et al. Effect of Composite Resin and Restorative Technique on Polymerization Shrinkage Stress, Cuspal Strain and Fracture Load of Weakened Premolars. *J Adhes Dent* 2020;22:503–14. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a45180>.
- [14] Tardem C, Albuquerque EG, De Souza Lopes L, Marins SS, Calazans FS, Poubel LA, et al. Clinical time and postoperative sensitivity after use of bulk-fill (syringe and capsule) vs. incremental filling composites: A randomized clinical trial. *Braz Oral Res* 2019;33:1–13. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2019.VOL33.0089>.
- [15] Rodrigues M de P, Soares PBF, Gomes MAB, Pereira RA, Tantbirojn D, Versluis A, et al. Direct resin composite restoration of endodontically-treated permanent molars in

adolescents: bite force and patient-specific finite element analysis. *JAOS* 2020;28:1–11.

- [16] Atalay C, Yazici AR, Horuztepe A, Nagas E, Ertan A, Ozgunaltay G. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with bulk fill, bulk fill flowable, fiber-reinforced, and conventional resin composite. *Oper Dent* 2016;41:131–40. <https://doi.org/10.2341/15-320-L>.
- [17] Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Pedersen MK, Honoré D, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: Polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent* 2015;40:190–200. <https://doi.org/10.2341/13-324-L>.
- [18] Kemaloglu H, Emin Kaval M, Turkun M, Micoogullari Kurt S. Effect of novel restoration techniques on the fracture resistance of teeth treated endodontically: An in vitro study. *Dent Mater J* 2015;34:618–22. <https://doi.org/10.4012/dmj.2014-326>.
- [19] Kim RJY, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *J Dent* 2015;43:430–9. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.02.002>.
- [20] Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjör I, Bayne S, Peters M, et al.

- FDI world dental federation - clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations update and clinical examples. *J Adhes Dent* 2010;12:259–72. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a19262>.
- [21] Endo Hoshino IA, Fraga Briso AL, Bueno Esteves LM, dos Santos PH, Meira Borghi Frascino S, Fagundes TC. Randomized prospective clinical trial of class II restorations using flowable bulk-fill resin composites: 4-year follow-up. *Clin Oral Invest* 2022. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04526-6>.
- [22] Sekundo C, Fazeli S, Felten A, Schoilew K, Wolff D, Frese C. 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;38:759–68. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2022.04.019>.
- [23] Dijken JW Van, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent* 2016;51:29–35. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.05.008>.
- [24] Boaro LCC, Lopes DP, de Souza ASC, Nakano EL, Perez MDA, Pfeifer CS, et al. Clinical performance and chemical-physical

- properties of bulk fill composites resin —a systematic review and meta-analysis. *Dent Mater* 2019;35:e249–64. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.007>.
- [25] Sáry T, Garoushi S, Braunitzer G, Alleman D, Volom A. Fracture behaviour of MOD restorations reinforced by various fibre- reinforced techniques – An in vitro study. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019;98:348–56. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.07.006>.
- [26] Al-Nahedh H, Alawami Z. Fracture Resistance and Marginal Adaptation of Capped and Uncapped Bulk-fill Resin-based Materials. *Oper Dent* 2020;45:43–56. <https://doi.org/10.2341/17-367-L>.