



UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA

AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO EM RESTAURAÇÕES CLASSE II COM DIFERENTES RESINAS COMPOSTAS (BULK E CONVENCIONAIS) - ESTUDO *IN VITRO*

[Evaluation of microleakage in class II restorations with different composite resins (bulk and conventional) - in vitro study]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Giovanni Lo Buglio

Orientadora:

Mestre Susana Coelho

Junho 2025

**AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO EM RESTAURAÇÕES
CLASSE II COM DIFERENTES RESINAS COMPOSTAS (BULK E
CONVENCIONAIS) - ESTUDO *IN VITRO***

[Evaluation of microleakage in class II restorations with different composite resins (bulk and conventional) - in vitro study]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Giovanni Lo Buglio

Orientadora:

Mestre Susana Coelho

Junho 2025

AGRADECIMENTOS

Com estas linhas, desejo dedicar um pensamento a todas aquelas pessoas que, próximas ou distantes, com o seu amor, apoio e incentivo, conseguiram fazer com que eu realizasse o meu sonho.

Agradeço em primeiro lugar à minha orientadora, Mestre Susana Coelho, pela sua orientação constante, pelos conselhos valiosos e pelo apoio inestimável. A sua experiência e a sua paixão pela investigação foram para mim uma fonte contínua de inspiração. Estou profundamente grato por ter acreditado em mim como estudante, confiando-me um estudo exigente com a convicção nas minhas capacidades e na minha determinação.

Um agradecimento especial aos meus pais, pelos sacrifícios enfrentados e por me terem dado a oportunidade de estudar na faculdade dos meus sonhos. Juntos superámos momentos difíceis e dolorosos, mas esta conquista representa a nossa vingança: o símbolo da força, da tenacidade e do amor que sempre nos uniu. O exemplo deles, o seu empenho silencioso e incansável, foram para mim um farol constante, uma orientação nos momentos de dúvida e uma motivação contínua.

Ao meu pai, que sempre acreditou em mim, sem nunca me impor os seus sonhos, mas apoiando-me com discrição e confiança em cada uma das minhas escolhas. Admiro-o profundamente pela coragem com que enfrentou uma grande mudança na sua vida, arregaçando as mangas pelo bem da nossa família, construindo um futuro melhor para todos nós. É um trabalhador incansável e o meu mentor, e o seu exemplo acompanha-me todos os dias. Não me esqueço daqueles momentos em que, ao almoço ou ao jantar, pergunta à mamã: "Ainda não ligou? Mas o que estará a fazer de tão importante?", ou do seu (simpático) ciúme quando ligo para a mamã e não para si, apenas porque sei que está ocupado. Sei o quanto se orgulha de mim, mesmo que não o diga muitas vezes: vejo-o nos seus olhos... e a mamã também me confirma, contando-me quantas vezes repete isso com orgulho a quem o rodeia.

À minha mãe, que sempre foi o meu ponto de referência. Partilhamos o mesmo carácter e um laço profundo: cada dificuldade minha, cada desejo meu, contou com a sua presença, silenciosa mas constante. Com um olhar, ela consegue ler todos os meus pensamentos, e o seu apoio foi e continua a ser a minha âncora em cada fase deste percurso.

Poderia passar horas e horas a escrever todas as razões pelas quais me orgulho de ser vosso filho e nunca conseguirei agradecer-vos o suficiente por tudo o que fizeram por mim.

Um agradecimento especial à minha irmã Noemi, que sempre esteve ao meu lado com infinita paciência, mesmo nos meus momentos mais difíceis, quando fui realmente pesado. Admito que, mesmo que as nossas chamadas não fossem das mais frequentes, posso afirmar com certeza que a tua presença constante, o teu carinho e a tua compreensão foram para mim um refúgio seguro e uma fonte de equilíbrio.

Agradeço de todo o coração à minha avó Angela, que sempre acreditou em mim e nas minhas capacidades, tranquilizando-me nos momentos de incerteza e apoiando-me com o seu amor incondicional. A sua presença foi uma carícia para a alma nos momentos mais frágeis e o seu carinho um ponto firme no meu crescimento.

Um pensamento especial também vai para a minha avó Rosetta, pela sua presença carinhosa, pelos seus gestos de afeto e por aquela sua maneira única de me fazer sentir amado. E como não mencionar as suas míticas garrafas de molho de tomate, verdadeiros presentes do céu, que me acompanham nas noites longe de casa e me fazem ir para a cama tranquilo... como se tivesse sido sedado!

Um agradecimento sincero aos meus tios Rosanna e Alfredo, que sempre se preocuparam com o meu bem-estar, fazendo-me sentir apoiado e nunca sozinho. O seu carinho e a sua presença foram para mim um conforto constante.

Por fim, um agradecimento cheio de carinho vai para o meu avô Nino. Embora o tempo que passámos juntos tenha sido breve, nas minhas orações sempre senti a sua presença como um guia silencioso, uma figura reconfortante a quem confiar os meus medos e as minhas esperanças. A sua memória acompanha-me, discreta mas firme, em cada passo importante da minha vida.

Um agradecimento sentido vai também para a minha namorada Olga, que foi uma presença fundamental ao longo deste percurso. Com ela partilhei não só as dificuldades e os desafios destes anos, mas também muitos momentos felizes e inesquecíveis. A sua proximidade, o seu apoio constante e a sua capacidade de me compreender tiveram um significado profundo para mim. Em cada conquista alcançada há um pouco do seu amor, da serenidade que ela me transmite e do calor com que soube estar ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis. Partilhar tudo isto com ela tornou esta jornada mais

verdadeira, mais intensa e infinitamente mais preciosa.

Um pensamento afetuoso vai também para o meu maravilhoso “Dream Team” de colegas de casa: Aurora, Rosario, Ivan e Pietro. Juntos partilhámos alegrias, risos, piadas, momentos de desânimo e até algumas lágrimas. Vivemos noites sem dormir com os livros, acordares às três da manhã para rever antes dos exames, e mil aventuras quotidianas que nos tornaram uma verdadeira família. Nestes anos apoiámo-nos mutuamente em todas as circunstâncias, sabendo que podíamos sempre contar uns com os outros.

Um grande obrigado também a todo o maravilhoso grupo de amigos portugueses, franceses e italianos com quem partilhei experiências inesquecíveis, sobretudo na clínica. Evito fazer uma lista para não correr o risco de esquecer alguém e porque seriam precisas páginas inteiras, mas cada um de vocês contribuiu para tornar estes anos únicos. Obrigado de coração pelas gargalhadas, pelas festas e pelos momentos vividos juntos, que fortaleceram um laço especial que levarei sempre comigo.

Um sincero agradecimento vai também para o Dr. Manlio Paladino e para a Dra. Roberta Di Maria pela sua disponibilidade, por me terem transmitido preciosos “truques do dentista” e partilhado comigo parte da sua experiência profissional, enriquecendo os meus conhecimentos práticos e tornando-me ainda mais consciente do mundo do trabalho que me espera.

Agradeço ainda ao Dr. Salvatore Fiandaca e à Dra. Alba Lo Cicero, juntamente com os doutores anteriormente mencionados, pela grande disponibilidade e colaboração na fase de recolha das amostras, fundamental para a realização deste estudo in vitro. Obrigado também por terem tornado possível a organização dos consentimentos informados, assinados por cada participante, garantindo assim o respeito por todas as condições éticas necessárias.

Concluo estes agradecimentos com um provérbio de um velho sábio (o meu pai) que levo no coração e que, mais do que muitas palavras, resume o significado deste percurso:

“U piri quannu è maturu, cari sulu.”

Porque tudo chega ao seu tempo, quando estamos verdadeiramente prontos para colher os frutos. E hoje, com gratidão e consciência, sinto que este é o meu momento.

RESUMO

As resinas compostas têm um papel fundamental na medicina dentária restauradora, sendo consideradas o material de eleição, devido à sua estética e durabilidade. No entanto, a contração durante a polimerização ainda é um desafio significativo, pois pode levar à formação de espaços marginais e à microinfiltração, o que pode afetar o sucesso das restaurações. Para contornar essa limitação, surgiram no mercado os compósitos bulk-fill, que permitem a aplicação em bloco da restauração, reduzindo a formação de tensões internas. No entanto, a técnica de aplicação incremental tem sido considerada como uma abordagem tradicional que ajuda a diminuir o stress de polimerização e a melhorar a adaptação marginal. Este estudo *in vitro* teve como objetivo avaliar a microinfiltração marginal gengival e axial em restaurações Classe II, utilizando três materiais restauradores da 3M™ ESPE. Foram realizadas duas restaurações classe II (mesial e distal) em 51 dentes humanos. Das 102 restaurações, 90 foram divididos por três grupos de estudo: Grupo A (Filtek™ One Bulk Fill Restorative), Grupo B (Filtek™ Bulk Fill Flowable + Filtek™ Supreme XTE) e Grupo C (Filtek™ Supreme XTE), aplicados por duas técnicas restauradoras: incremental e em bloco e 12 foram utilizadas como controle. Os dentes foram termociclados e submetidos à infiltração com azul de metileno a 2%, cortados e analisados posteriormente ao microscópio por meio de um sistema de scores. Os resultados mostraram que apesar de o grupo B ter tido aparentemente menores níveis de infiltração, especialmente na margem gengival, e o grupo C ter tido maior tendência à microinfiltração, não existiram resultados estatisticamente significativos. Conclui-se que, sob condições laboratoriais controladas, tanto os compósitos bulk-fill quanto os convencionais, bem como as técnicas restauradoras em bloco e incremental, apresentaram desempenho semelhante no selamento marginal, ressaltando a necessidade de estudos clínicos futuros para validação desses resultados.

Palavras-chave: “Resinas Compostas”; “Bulk-fill”; “Bulk fill Flow”; “Restaurações posteriores”; “Microinfiltração”

ABSTRACT

Composite resins play a fundamental role in restorative dentistry and are considered the material of choice due to their aesthetics and durability. However, contraction during polymerisation is still a significant challenge, as it can lead to the formation of marginal spaces and microleakage, which can affect the success of restorations. To overcome this limitation, bulk-fill composites have appeared on the market, which allow the restoration to be applied en bloc, reducing the formation of internal tensions. However, the incremental application technique has been considered a traditional approach that helps to reduce polymerisation stress and improve marginal adaptation. This in vitro study aimed to evaluate gingival and axial marginal microleakage in Class II restorations using three 3M™ ESPE restorative materials. Two Class II restorations (mesial and distal) were made in 51 human teeth. Of the 102 restorations, 90 were divided into three study groups: Group A (Filtek™ One Bulk Fill Restorative), Group B (Filtek™ Bulk Fill Flowable + Filtek™ Supreme XTE) and Group C (Filtek™ Supreme XTE), applied using two restorative techniques: incremental and block, and 6 were used as a control. The teeth were thermocycled and subjected to infiltration with 2% methylene blue, cut and then analysed under a microscope using a scoring system. The results showed that although group B apparently had lower levels of infiltration, especially at the gingival margin, and group C had a greater tendency to microleakage, there were no statistically significant results. It is concluded that, under controlled laboratory conditions, both bulk-fill and conventional composites, as well as block and incremental restorative techniques, showed similar marginal sealing performance, emphasising the need for future clinical studies to validate these results.

Keywords: “Composite Resins”; “Bulk-fill”; “Bulk fill Flow”; “Posterior restorations”; “Microleakage”

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS	5
2.1. Recolha de dentes	5
2.2. Critérios de Inclusão	5
2.3. Critérios de exclusão.....	5
2.4. Metodologia de Pesquisa Bibliográfica	5
2.5. Amostra.....	6
2.6. Protocolo	7
2.6.1. Limpeza e desinfecção dos dentes	7
2.6.2. Preparo de cavidades	7
2.6.3. Restauração	8
2.6.3.1. Aplicação Sistema adesivo	9
2.6.3.2. Aplicação da Resina composta	10
2.6.3.3. Fotopolimerização	11
2.6.3.4. Acabamento	11
2.6.3.5. Polimento.....	11
2.6.4. Armazenamento	12
2.6.5. Termociclagem.....	12
2.6.6. Isolamento dos dentes	13
2.6.7. Imersão em corante	14
2.6.8. Inclusão dos dentes em resina transparente Epofix® Kit (Struers®)	14
2.6.9. Secção vertical dos dentes.....	15
2.6.10. Observação ao microscópio	15
2.7. Tratamento estatístico dos dados	16

3. RESULTADOS	19
4. DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Amostras utilizadas no estudo.....	6
Figura 2 Imagem ilustrativa das dimensões das cavidades do estudo	8
Figura 3 Cavidade de Classe II nas faces mesial e distal	8
Figura 4 Imagem ilustrativa dos grupos de estudo e técnicas restauradoras	10
Figura 5 Amostras restauradas com Filtek™ One Bulk Fill (3M™) e Filtek™ Supreme XTE (3M™)	11
Figura 6 Amostra restaurada com combinação de Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™) e Filtek™ Supreme XTE (3M™).....	12
Figura 7 Termociclador iCycler Thermal (Bio-Rad®) e telas mostrando parâmetros de um ciclo concluído	13
Figura 8 Amostras imersas em solução de azul de metileno a 2% para avaliação de microinfiltração	14
Figura 9 Kit EpoFix® (Struers®) e bloco de resina como um dente incluído	15
Figura 10 Representação esquemática do sistema de escore utilizado para avaliação da microinfiltração	16
Figura 11 Exemplos dos diferentes escores de microinfiltração observados no estudo..	17
Figura 12 Microinfiltração atípica observada no ângulo interno da restauração	18

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Materiais restauradores utilizados no estudo.....	9
Tabela 2 Frequência de microinfiltração gengival entre os materiais testados	19
Tabela 3 Frequência de microinfiltração axial entre os materiais testados	20
Tabela 4 Mediana, intervalo interquartil e valor de p para infiltração marginal entre materiais	21
Tabela 5 Mediana, intervalo interquartil e valor de p entre técnicas restauradoras	22

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Parecer da Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa.....	41
Anexo B. Modelo de Consentimento informado do paciente	43
Anexo C. Modelo do Consentimento do diretor clínico.	45

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS OU ACRÓNIMOS

®	Marca Registrada
°C	Grau Celsius
10-MDP	10-Metacriloiloxidecil Dihidrogenofosfato
AFM	Monômeros de Fragmentação de Adição (do inglês Addition-Fragmentation Monomers)
AUDMA	Dimetacrilato de Uretano Aromático (do inglês Aromatic Urethane Dimethacrylate)
Bis-EMA	Dimetacrilato de Bisfenol A Etoxilado
Bis-GMA	Bisfenol A-Glicidil Metacrilato
BPA	Bisfenol A
CAN	Transferência de Cadeia de Adição-Fragmentação (do inglês Addition-Fragmentation Chain Transfer)
DDDMA	Dodecil Dimetacrilato
DEB	Dentina, Esmalte e Corpo (do inglês Dentin, Enamel, and Body)
EUA	Estados Unidos da América
Factor C	Fator de Configuração cavitária
h	Hora
HEMA	2-Hydroxyethyl Methacrylate (Metacrilato de Hidroxietilo)
IBM	Máquinas de Negócios Internacional (do inglês International Business Machines)
ICR	Instrumentos de Corte Rotativos
ISO	Organização Internacional de Normalização (do inglês International Organization for Standardization)
ISO/TR	Organização Internacional para Normalização/Relatório Técnico (do inglês International Organization for Standardization/Technical Report)

ISO/TS	International Organization for Standardization/Technical Specification
Me	Mediana
MicroCT	Microtomografia de Raios-X
mm	Milímetro
MPa	Megapascal
mW/cm²	MiliWatt por Centímetro Quadrado
n	Número
nm	Nanómetro
PEGDMA	Polietilenoglicol Dimetacrilato
ph	Potencial de Hidrogénio
Q1	Quartil 1
Q3	Quartil 3
ref	Referência
seg	Segundo
Si	Silício
Si/Zr	Silício / Zircónio
SPSS	Pacote Estatístico para as Ciências Sociais (do inglês Statistical Package for the Social Sciences)
TEGDMA	Trietilenoglicol Dimetacrilato
TM	Marca Comercial (do inglês Trademark)
UDMA	Dimetacrilato de uretano
UV	Ultravioleta
vol%	Volume por Percentagem
wt%	Peso por Percentagem
YbF₃	Fluoreto de Itérbio
Zr	Zircónio

μm

Micrómetro

1. INTRODUÇÃO

As resinas compostas são atualmente consideradas materiais de eleição na medicina dentária restauradora, devido à crescente procura por resultados estéticos de alta qualidade (Scotti et al., 2014).

A sua introdução remonta à década de 1960, mas uma evolução significativa ocorreu nos anos 1970 com o aparecimento das resinas compostas fotopolimerizáveis, como o *Nuva-Fil®* (Dentsply DeTrey). No início dos anos 1980, foram desenvolvidos compósitos específicos para uso em dentes posteriores e, em meados da mesma década, foram introduzidas as resinas compostas híbridas, caracterizadas por um tamanho médio de partículas de cerca de 1 micrón (μm) e destinadas a uma aplicação universal (Relhan, 2015).

Os compósitos macroparticulados eram conhecidos por sua boa resistência mecânica, mas tinham um grande desafio: eram difíceis de polir e manter com uma superfície lisa, o que afetava a sua aparência ao longo do tempo. Para contornar essa questão, surgiram os compósitos microparticulados, que utilizavam partículas menores, facilitando o polimento e o brilho, embora ainda apresentassem limitações em termos de desempenho mecânico. Com o passar dos anos, os compósitos resinosos evoluíram, resultando nos compósitos microhíbridos, que combinavam partículas de diferentes tamanhos para melhorar tanto a estética quanto as propriedades mecânicas. Em seguida, foram lançados os compósitos nanohíbridos, que incorporavam partículas de carga em escala nanométrica junto com partículas maiores, proporcionando um acabamento superficial excecional, alta resistência ao desgaste, estabilidade de cor e um polimento duradouro. Graças a esse equilíbrio entre desempenho clínico e estética, os compósitos nanohíbridos tornaram-se a escolha preferida para restaurações diretas em dentes anteriores e posteriores (Rosin et al., 2022).

Assim, os compósitos apresentam inúmeras vantagens em relação aos materiais restauradores anteriormente utilizados (como a amálgama), incluindo uma estética melhorada, procedimentos mais conservadores, versatilidade, possibilidade de reparação, ausência de corrosão, resistência à desidratação, facilidade de manipulação e um custo relativamente acessível. Além disso, proporcionam uma ligação micromecânica eficaz à estrutura dentária (Badkul et al., 2023).

No entanto, estes materiais ainda apresentam algumas limitações, como a contração de polimerização, que pode gerar tensões na interface entre o material e a estrutura dentária. Se essa tensão exceder a resistência da ligação adesiva, pode formar-se um espaço marginal (*gap*), favorecendo a microinfiltração (Feiz et al., 2021).

O aumento da dimensão desses espaços sob as forças oclusais leva à acumulação de fluidos e consequente microinfiltração, originando fenômenos como descoloração marginal, sensibilidade pós-operatória, microfraturas do esmalte, fraturas cuspídeas e passagem de bactérias. Este fenômeno pode resultar em desmineralização marginal e cárie secundária, comprometendo a longevidade da restauração (Shadman et al., 2020).

Assim, a contração de polimerização representa uma das principais limitações dos compósitos quando utilizados como materiais restauradores posteriores, pois pode comprometer a integridade marginal (Yadav et al., 2022).

Este fenômeno depende de vários fatores, incluindo o volume total de compósito utilizado, o tipo de material, a velocidade de polimerização e o fator de configuração cavitária (fator C) (Feilzer et al., 1993).

O fator C é definido como a relação entre a área superficial aderida e não aderida em cavidades restauradas com compósitos. Um valor elevado deste parâmetro é considerado um fator de risco para o descolamento na interface com a dentina, influenciando negativamente o selamento marginal e a adaptação do compósito às paredes da cavidade (Feilzer et al., 1987).

Para reduzir o fator C, podem ser adotadas técnicas de restauração incremental na restauração com compósitos. No entanto, essa estratégia apresenta algumas limitações, incluindo a possível incorporação de bolhas de ar e uma elevada sensibilidade técnica, o que pode afetar a qualidade e a durabilidade da restauração final (Chandrasekhar et al., 2017).

Assim, as microinfiltrações continuam a ser uma das principais causas de falha em restaurações diretas posteriores, especialmente em cavidades de Classe II, tornando essencial uma gestão adequada para garantir a durabilidade do tratamento (Opdam et al., 1998).

Nos últimos anos, para superar algumas dessas limitações, foram introduzidos no mercado os compósitos *bulk-fill*, uma alternativa viável, especialmente para restaurações em dentes posteriores. Estes materiais permitem uma aplicação em camadas de até 4-5

mm de espessura, reduzindo o tempo operatório, especialmente em pacientes pouco colaborantes, melhorando a eficiência clínica. Os compósitos *bulk-fill* estão disponíveis em diferentes viscosidades, desde fluida até regular (Leprince et al., 2014).

Inicialmente, foram desenvolvidos compósitos *bulk* de baixa viscosidade, utilizados como base restauradora e combinados com uma camada adicional de compósito convencional de 2 mm. Posteriormente, foram introduzidos os compósitos *bulk-fill "full-body"*, de maior viscosidade, capazes de suportar melhor as cargas mastigatórias sem a necessidade de uma camada de cobertura, graças à sua elevada concentração de cargas inorgânicas (Ilie et al., 2013; Van Dijken & Pallesen, 2016; Arbildo-Vega et al., 2020).

Nos compósitos *bulk-fill*, o principal componente são partículas pré-polimerizadas de monômero metacrilato convencional. O uso de monômeros modificados permitiu reduzir a tensão de contração de polimerização e melhorar as propriedades físicas e mecânicas do material. Entre os principais componentes destes compósitos destacam-se o AUDMA (dimetacrilato de uretano aromático) e os AFM (monômeros de fragmentação de adição), que atuam como moduladores químicos da reação de polimerização (Ilie et al., 2013).

Em comparação com os compósitos convencionais, os *bulk-fill* apresentam menor tensão de contração (cerca de 2-3%), devido a estas modificações na composição dos monômeros de metacrilato e à redução da quantidade de TEGDMA em relação à formulação original de Bowen (Miletic et al., 2016). A velocidade de polimerização é mais lenta nos compósitos *bulk-fill* (Moorthy et al., 2012) e a tensão de contração varia entre 1,7 – 2,4 megapascals (MPa) (Miletic et al., 2016).

Outra vantagem destes materiais é a sua maior translucidez, permitindo uma polimerização mais profunda, auxiliada pelo uso de sistemas iniciadores mais eficientes (Moorthy et al., 2012). Segundo Cayo-Rojas et al. (2021), foi adicionado um novo iniciador (*Ivocerin*®) ao compósito *Tetric N-Ceram® Bulk Fill*, que apresenta maior reatividade comparativamente à canforoquinona, permitindo uma profundidade de polimerização de 4mm, reduzindo assim o tempo de trabalho clínico (Cayo-Rojas et al., 2021).

Acredita-se ainda que, em alguns compósitos *bulk-fill*, uma polimerização mais gradual possa favorecer um aumento progressivo do módulo de elasticidade, contribuindo para a redução do stress sem comprometer o grau de conversão do material (Kim et al., 2015).

Na ausência de dados clínicos, os estudos *in vitro* sobre microinfiltrações são um método

válido para avaliar a adaptação marginal das restaurações adesivas (Civelek et al., 2003).

Um estudo *in vitro* identificou uma diferença significativa nos valores de microinfiltração entre o compósito *Filtek™ One Bulk Fill* e o grupo *Filtek™ Z350 XT*, observando que o compósito convencional *Filtek™ Z350 XT* apresentou níveis de microinfiltração mais elevados (Atmaja & Dewanto, 2022).

No entanto, um outro estudo *in vitro*, utilizando a mesma metodologia, não encontrou diferenças significativas nas microinfiltrações marginais entre compósitos *bulk-fill* e convencionais (Shadman et al., 2020).

Uma revisão sistemática e meta-análise também indicou que a taxa de falha entre compósitos *bulk-fill*, convencionais ou fluidos, não apresenta diferenças significativas (Veloso et al., 2018).

O objetivo deste estudo é avaliar o grau de microinfiltração nas paredes gengival e axial de restaurações Classe II, utilizando três tipos de resinas compostas: dois materiais do tipo *bulk-fill* (um com viscosidade fluida e outro com viscosidade regular) e uma resina composta nanohíbrida convencional. As resinas serão aplicadas em cavidades padronizadas nas faces proximais mesial e distal de dentes posteriores humanos, e um sistema de score será utilizado para classificar a infiltração marginal.

Este estudo procura também entender se a técnica de restauração utilizada seja em massa única (em bloco) ou em camadas sucessivas (técnica incremental) influencia a ocorrência e a extensão da microinfiltração. Isso permitirá uma melhor compreensão do papel da técnica de aplicação no selamento marginal das restaurações adesivas.

Este estudo *in vitro* foi motivado pela escassez de artigos que avaliem e comparem as microinfiltrações utilizando estes três materiais diferentes e técnicas de aplicação distintas. Os resultados obtidos têm relevância clínica, pois podem auxiliar os médicos dentistas na seleção dos materiais e técnicas mais adequadas.

As hipóteses nulas assumem que a microinfiltração nas paredes axial e gengival, de restaurações classe II, não será significativamente diferente em restaurações *bulk fill* e convencionais, e que a microinfiltração em restaurações de Classe II não apresenta diferença estatisticamente significativa entre as técnicas restauradoras em bloco e incremental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A realização deste estudo *in vitro* foi aprovada e protocolada seguindo as diretrizes da Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa (cf. Anexo A).

2.1. Recolha de dentes

Os dentes utilizados neste estudo foram recolhidos em várias clínicas odontológicas em Itália, com as respetivas certificações assinadas pelos médicos e pelos participantes seguindo critérios rigorosos, que forneceram o consentimento para a utilização dos dentes para fins de investigação científica (cf. Anexos B e C).

2.2. Critérios de Inclusão

De um total de 75 dentes humanos foram selecionados 51 dentes, de acordo com os critérios de inclusão, disponíveis para este estudo: dente posterior permanente; dente intacto; Dente sem cárie; Dente sem em fraturas verticais ou horizontais; dente hidratado e devidamente conservado.

2.3. Critérios de exclusão

Apos a seleção inicial, foram aplicados os seguintes critérios de exclusão: Dentes anteriores; dentes com superfícies oclusais destruídas; dentes com cáries ou restaurações; dentes com fraturas coronárias ou radiculares; dentes desidratados; dentes que impossibilitem o estudo.

2.4. Metodologia de Pesquisa Bibliográfica

Para fundamentar teoricamente este estudo, a seleção dos artigos científicos foi realizada com base nas palavras-chave “Resinas Compostas”, “Bulk-fill”, “Bulk fill Flow”, “Restaurações posteriores” e “Microinfiltração”. Foram analisadas publicações de 1987 a 2025, totalizando 45 artigos. A escolha de alguns artigos mais antigos se deve à sua

importância específica para certos conceitos fundamentais que discutimos, assegurando a coerência e o suporte científico adequado ao tema.

2.5. Amostra

O tamanho da amostra deste estudo foi definido com base em uma abordagem empírica conhecida como “regra do polegar” (ou método do qui-quadrado), que se fundamenta na experiência de estudos anteriores para estimar uma quantidade mínima de amostras por grupo, mesmo sem o uso de fórmulas estatísticas formais. Essa escolha foi reforçada por dados da literatura, que apontam uma média de 10 a 15 espécimes por grupo em pesquisas *in vitro* sobre microinfiltração em restaurações com resina composta (Rengo et al., 2015; Mosharrafian et al., 2017; Atmaja & Dewanto, 2022).

Assim, foi utilizado um total de 51 dentes (X= 51) Molares e Pré-molares humanos extraídos por qualquer motivo seja por motivo cirúrgico, periodontal, de emergência, protético (cf. Figura 1).

Figura 1

Amostras utilizadas no estudo.



Cumprindo o protocolo estabelecido meticulosamente (a seguir exposto), foi analisada a microinfiltração das restaurações pelo método de infiltração de corante e observação ao

microscópio dos cortes realizados. Os resultados posteriormente foram analisados estatisticamente usando o software SPSS v.30 (IBM Corp®, Armonk, EUA) com base nos scores de microinfiltração das restaurações, que vão de 0 a 4. Para isso, foram realizados testes não paramétricos, que se ajustam melhor à natureza ordinal dos dados.

2.6. Protocolo

2.6.1. Limpeza e desinfecção dos dentes

Limpeza e Destartarização dos dentes - Os dentes recolhidos foram armazenados em água destilada a 4°C, tendo sido substituída semanalmente.

Os dentes foram desinfetados em solução de cloramina t-tri-hidratada 0,5% durante 7 dias.

Posteriormente foram colocados em água destilada, grau 3, por 24h prévias aos procedimentos técnicos.

2.6.2. Preparo de cavidades

Foram preparadas duas classes II em cada dente, com as seguintes dimensões: 2 mm vestibulo-lingual × 2 mm mesio-distal × 4 mm de profundidade (cf. Figuras 2 e 3), simétricas e alinhadas, com brocas diamantadas cilíndricas 012 da Komet® (ref. 836314012) em turbina de alta rotação com refrigeração.

Os ICR (Instrumentos de Corte Rotativo) foram substituídos a cada 5 preparações.

Figura 2

Imagem ilustrativa das dimensões das cavidades do estudo

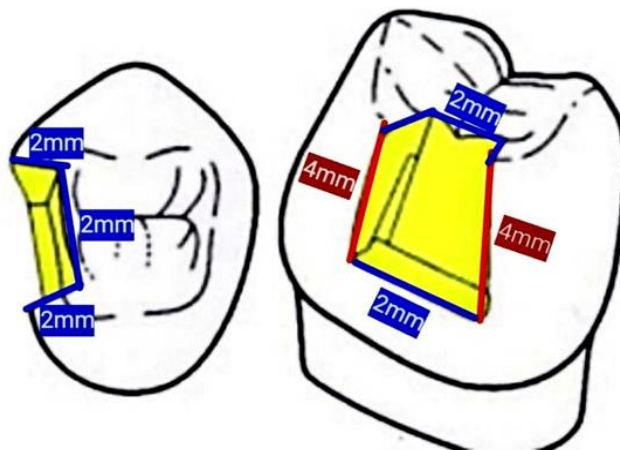
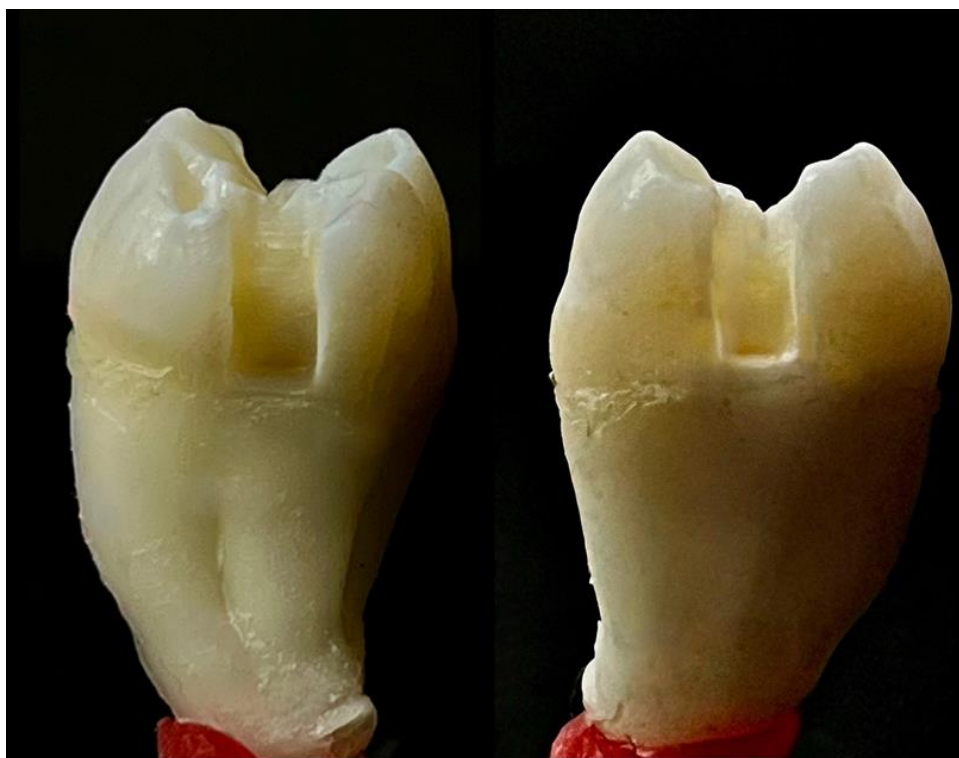


Figura 3

Cavidade de classe II nas faces mesial e distal



2.6.3. Restauração

Foi colocado um porta-matriz universal Tofflemire®, com matriz metálica Tofflemire® à volta de cada dente. A matriz foi ajustada com fita de PTFE OpalDam® (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) na área gengival para prevenir o excesso de compósito nesta área.

Dos 45 dentes, resultaram 90 restaurações, que foram posteriormente restauradas de acordo com três grupos seguintes, sendo 30 restaurações de cada um (cf. Tabela 1):

GRUPO A: *Filtek™ One Bulk Fill Restorative (3M™)* - 4 mm

GRUPO B: *Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™)* -3 mm + resina convencional nanohíbrida *Filtek™ Supreme XTE* -1 mm

GRUPO C: Resina convencional nanohíbrida *Filtek™ Supreme XTE (3M™)* -2 mm + 2 mm

Os restantes 6 dentes serão parte do grupo controlo.

Tabela 1

Materiais restauradores utilizados no estudo.

Materials	Type	Composition
Scotchbond™ Plus (3M™ ESPE)	Universal Adhesive	HEMA, 10-MDP, ethanol, water, initiators, dual-cure accelerator, filler, optimized silane mixture, dimethacrylate resins (BPA derivative-free), Vitrebond copolymer.
Filtek™ One Bulk Fill (3M™ ESPE)	Bulk Fill Composite	Si (20 nm), Zr (4-11 nm), Cluster Si/Zr, YbF ₃ (100 nm), AFM, AUDMA, UDMA, DDDMA, 76.5 wt% (58.5 vol%)
Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™ ESPE)	Bulk Fill Flowable Composite	BisGMA, UDMA, BisEMA (6), Procrylat resins, Zr/Si (0.01-3.5 µm), YbF ₃ (0.1-5.0 µm), 64.5 wt% (42.5 vol%)
Filtek™ Supreme XTE (3M™ ESPE)	Conventional Composite	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA (6), PEGDMA, Si (20 nm), Zr (4-11 nm), Zr/Si cluster (20 nm Si, 4-11 nm Zr), DEB shades (0.6-10 µm), T shades (0.6-20 µm), 72.5 wt% (55.6 vol%) (T shades), 78.5 wt% (63.3 vol%)
Dentaflux® Acid Gel	Etchant	37% Phosphoric acid

2.6.3.1. Aplicação Sistema adesivo

Aplicou-se ácido ortofosfórico a 37% (*Dentaflux®*) 30 segundos no esmalte, lavou-se abundantemente por 60 seg e secou-se sem desidratar.

Aplicou-se o sistema adesivo *Scotchbond™ Universal Adhesive Plus (3M™ ESPE)* com

microbrush, aplicou-se leve jato de ar, esperou-se 10 segundos e fotopolimerizou-se 20 seg.

2.6.3.2. Aplicação da Resina composta

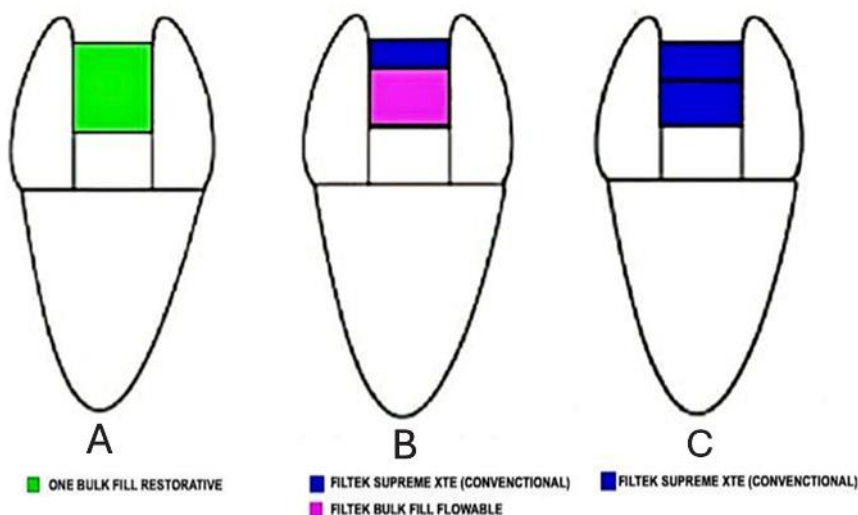
Foram utilizadas duas resinas compostas *bulk*, uma de baixa viscosidade (*Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™ESPE)*) e outra de viscosidade média (*Filtek™ One Bulk Fill (3M™ ESPE)*); e uma resina composta nanohíbrida (*Filtek™ Supreme XTE (3M™ ESPE)*); acordo com os diferentes grupos anteriormente descritos (cf. Figura 4).

Técnica *Bulk*: Foi colocado toda a resina de uma só vez e fotopolimerizada 40 segundos

Técnica Incremental: Foi colocada uma primeira camada de resina com 2mm e fotopolimerizada 20 seg e posteriormente uma última camada de resina e fotopolimerizada 40 segundos.

Figura 4

Imagem ilustrativa dos grupos de estudo



Adaptada de “An in vitro evaluation of microleakage associated with three different compomer placement techniques in primary molars.” de M. Gupta, D. Rao, e S. Hegde, 2017, *Contemporary Clinical Dentistry*, 8(1), 48. (https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_1152_16). Copyright 2017 dos autores

As restaurações foram realizadas com distribuição aleatória simples entre os grupos, a

fim de evitar viés de alocação e garantir a imparcialidade do estudo.

2.6.3.3. Fotopolimerização

A fotopolimerização será efetuada com um aparelho com luz UV 3TECH® com intensidade luminosa $5W > 1100mW/cm^2$ com comprimento de onda 430-485nm (monitorizada com um radiômetro em cada 10 ações de fotopolimerização), segundo a técnica convencional contínua de polimerização.

2.6.3.4. Acabamento

Brocas diamantada de grão fino de marca *Edenta®* (Ref. 8806314199514), espessura 0,10mm.

2.6.3.5. Polimento

Discos de polimento *Sof-Lex™ (3M™)* e taças de polimento de borracha do sistema *Enhance® Finishing and Polishing Points and Discs (Dentsply Sirona)* (cf. Figuras 5 e 6).

Figura 5

Amostras restauradas com resina composta *Filtek One Bulk Fill® 3M™* (esquerda) e *Filtek™ Supreme XTE® 3M™* (direita)

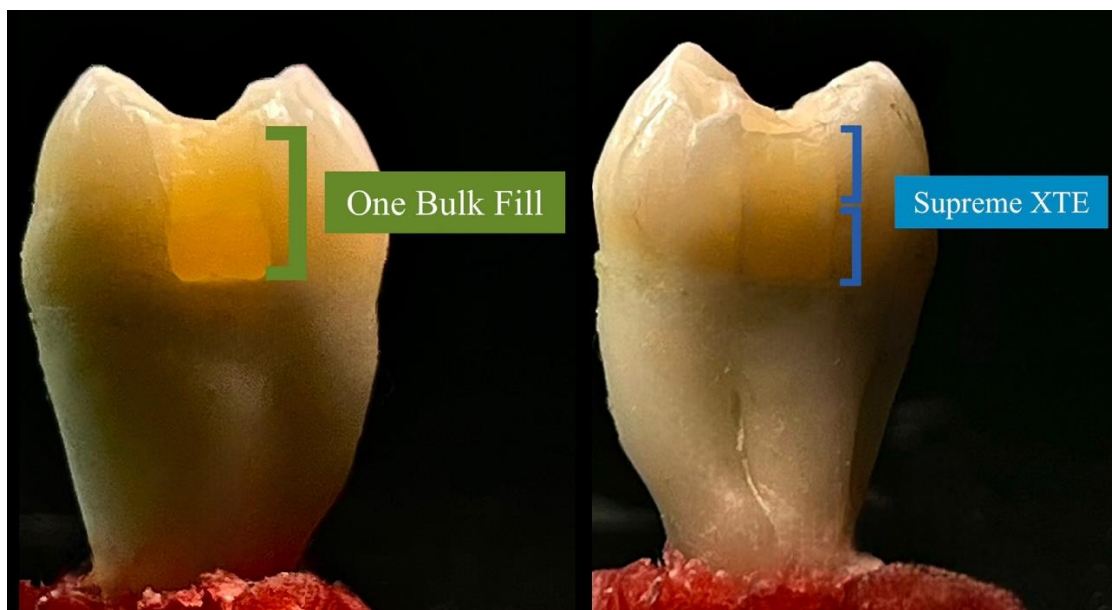
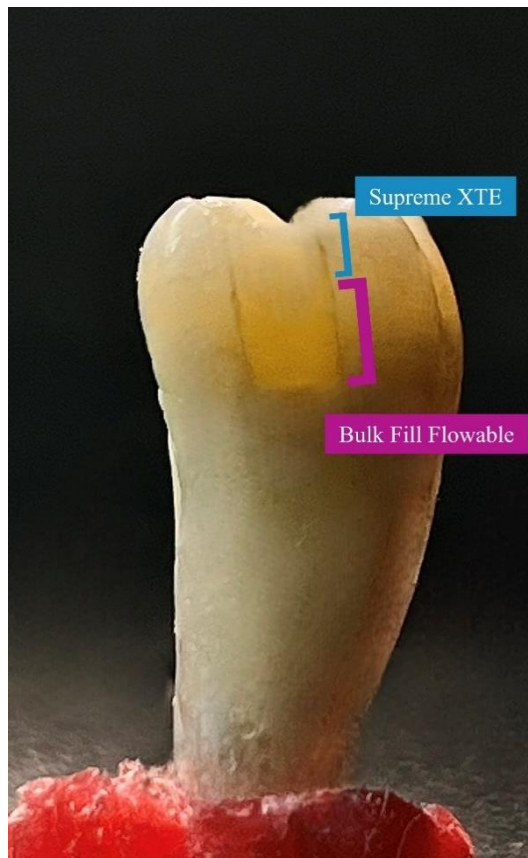


Figura 6

Amostra restaurada com combinação de resinas Bulk Fill Flowable® (3M™) na base e Filtek™ Supreme XTE® (3M™) na camada superficial



Todos os procedimentos foram realizados pelo mesmo operador, de modo a diminuir o erro interoperadores.

2.6.4. Armazenamento

Os dentes foram posteriormente armazenados em água destilada a 4 °C, em tubos tipo *Eppendorf*®, antes da termociclagem, a fim de evitar a desidratação e preservar a estrutura dentária, conforme recomendado pela norma ISO 11405:2015.

2.6.5. Termociclagem

Foram aplicados 500 ciclos, com 60 segundos cada e temperaturas variando entre 5°C e 55°C, utilizando um termociclador *iCycler Thermal* (Bio-Rad®). O protocolo de envelhecimento térmico seguiu as recomendações da norma ISO/TR 11405:2015 para

ensaios laboratoriais (cf. Figura 7).

Figura 7

Termociclador iCycler Thermal (Bio-Rad®) e telas mostrando parâmetros e resumo de um ciclo concluído



2.6.6. Isolamento dos dentes

Com o objetivo de isolar e concentrar a análise na interface entre a restauração e o dente, foram aplicadas duas camadas de verniz em toda a superfície dos dentes exceto na área das restaurações e num perímetro de 1mm adjacente às suas margens. Isto evita a penetração do corante em áreas não relacionadas e minimiza falsos positivos, permitindo uma avaliação mais precisa da adaptação marginal e da resistência dos materiais às microinfiltrações em estudos *in vitro*.

Para os dentes dos grupos de controle positivo e negativo, as restaurações foram realizadas alternando os materiais testados.

Grupo de controle negativo: Todo o dente foi isolado com verniz (3 dentes)

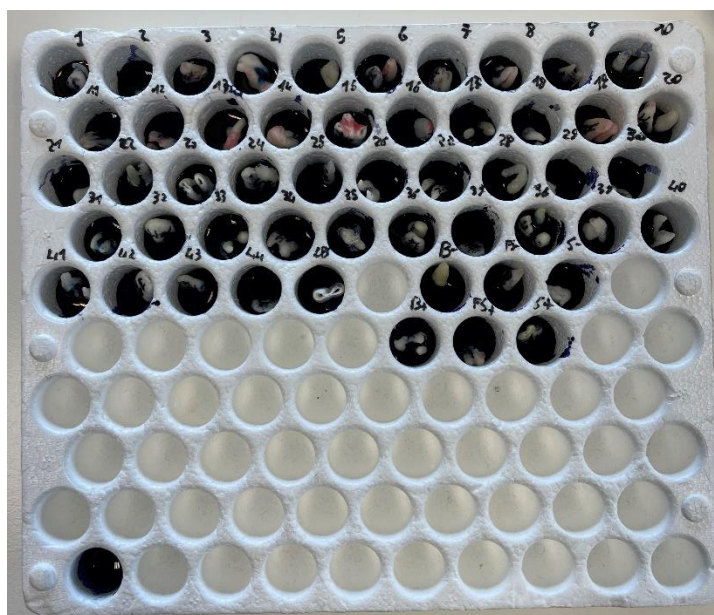
Grupo de controle positivo: Os dentes não foram impermeabilizados com verniz (3 dentes)

2.6.7. Imersão em corante

Os dentes foram imergidos numa solução de azul de metileno a 2% por um período de 4h e lavados em água destilada, para remover o excesso de corante e garantir resultados mais precisos (cf. Figura 8).

Figura 8

Amostras imersas em solução de azul de metileno a 2% utilizadas para a avaliação da microinfiltração



2.6.8. Inclusão dos dentes em resina transparente Epofix® Kit (Struers®)

Os dentes foram incorporados em resina transparente Epofix® Kit (Struers®) para garantir estabilidade, facilitar o corte e melhorar a visualização das infiltrações. Esse processo protege a amostra e permite uma análise mais precisa e confiável (cf. Figura 9).

Figura 9

Kit EpoFix® (Struers®) e bloco de resina com um dente incluído



2.6.9. Secção vertical dos dentes

Os dentes foram seccionados verticalmente, ao longo do eixo méso-distal, utilizando-se um disco diamantado da marca *Edenta®* (ISO n.º 806.104.353.514.220; rotação máxima: 15.000 rpm), montado num micromotor de bancada NSK® Volvere i7 (NSK Nakanishi Inc., Kanuma, Japão).

2.6.10. Observação ao microscópio

A análise da microinfiltração foi conduzida por um único operador, que recebeu orientação direta de um professor universitário da área de Dentística Restauradora. Antes do início da avaliação, o examinador foi calibrado com base em imagens-teste e critérios padronizados. Como o mesmo operador realizou todas as etapas do experimento, foram adotadas medidas para reduzir possíveis vieses.

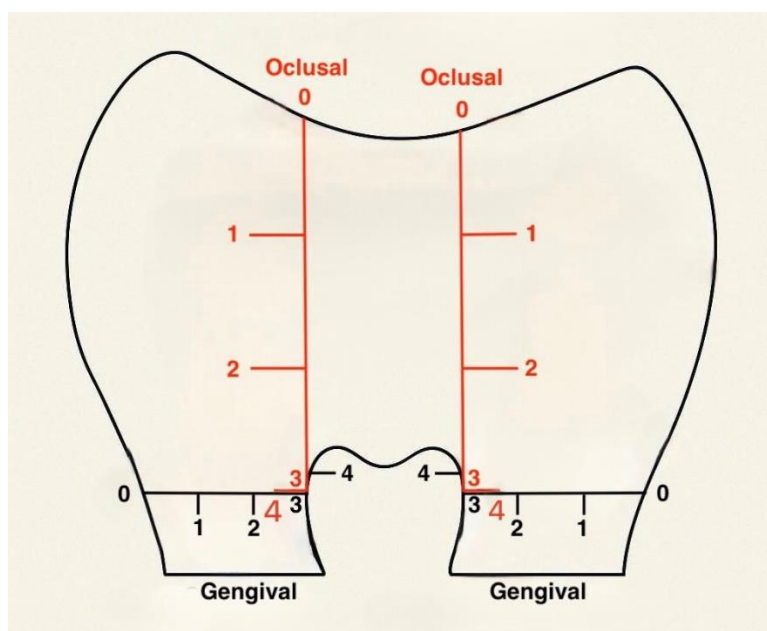
As seções obtidas do corte mencionado foram observadas e analisadas com uma lupa binocular microscópica *Motic® SMZ-168*, com uma lente de aumento de 40x. Isso garantiu que todas as amostras fossem examinadas e medidas seguindo o mesmo protocolo, o que assegurou uma boa uniformidade e reprodutibilidade tanto do método quanto dos dados.

Para avaliar o grau de microinfiltração do corante a nível gengival e axial, foi utilizado um sistema de score da seguinte forma (cf. Figuras 10,11 e 12).

- 0 - Sem penetração corante gengival/axial
- 1 - Penetração de corante até 1/3 gengival/axial
- 2 - Penetração de corante no segundo terço da parede gengival/axial
- 3 - Penetração de corante no terceiro terço da parede 3/3 gengival/axial
- 4 - Penetração completa da parede gengival/axial, ultrapassando o ângulo axiogengival

Figura 10

Representação esquemática do sistema de score utilizado para a avaliação da microinfiltração



Todos os dados foram agrupados, fotografados e gravados.

2.7. Tratamento estatístico dos dados

A análise dos dados recolhidos foi efetuada com recurso ao *software IBM® SPSS® Statistics*, versão 30 (*IBM Corp®*, Armonk, EUA). Uma vez que o índice utilizado para medir o nível de microinfiltração se encontra numa escala de 0 a 4, este não representa valores exatos, pois tratam-se de dados nominais. Assim, para comparar a microinfiltração entre os diferentes compósitos, calculou-se a mediana e o intervalo interquartil, recorrendo posteriormente ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, e

utilizou-se o teste U de Mann-Whitney para avaliar as diferenças entre as técnicas restauradoras (incremental e em bloco).

Fixou-se o nível de significância em $p \leq 0,05$.

Figura 11

Ilustra os diferentes scores de microinfiltração avaliados neste estudo:

score 0 (Filtek™ Bulk Fill Flowable 3M™ + Filtek™ Supreme XTE 3M™),

score 1 (Filtek™ Supreme XTE 3M™),

score 2 (Filtek™ One Bulk Fill Restorative 3M™)

score 3 (Filtek™ Supreme XTE 3M™)

score 4 (Filtek™ Bulk Fill Flowable 3M™ + Filtek™ Supreme XTE 3M™)

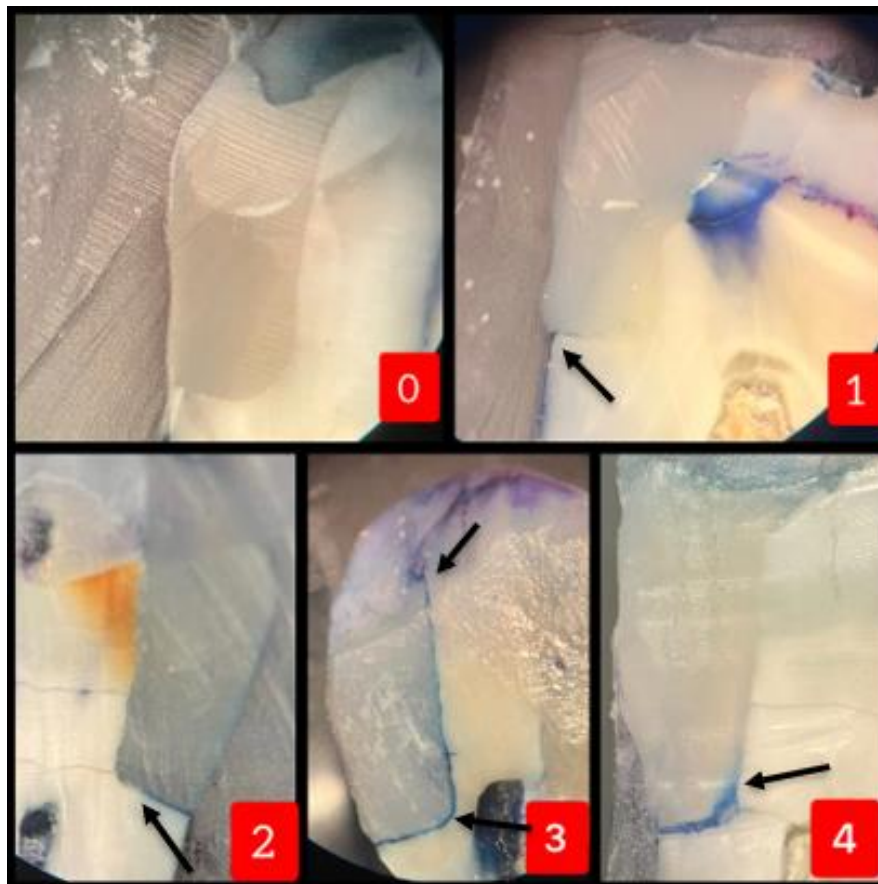
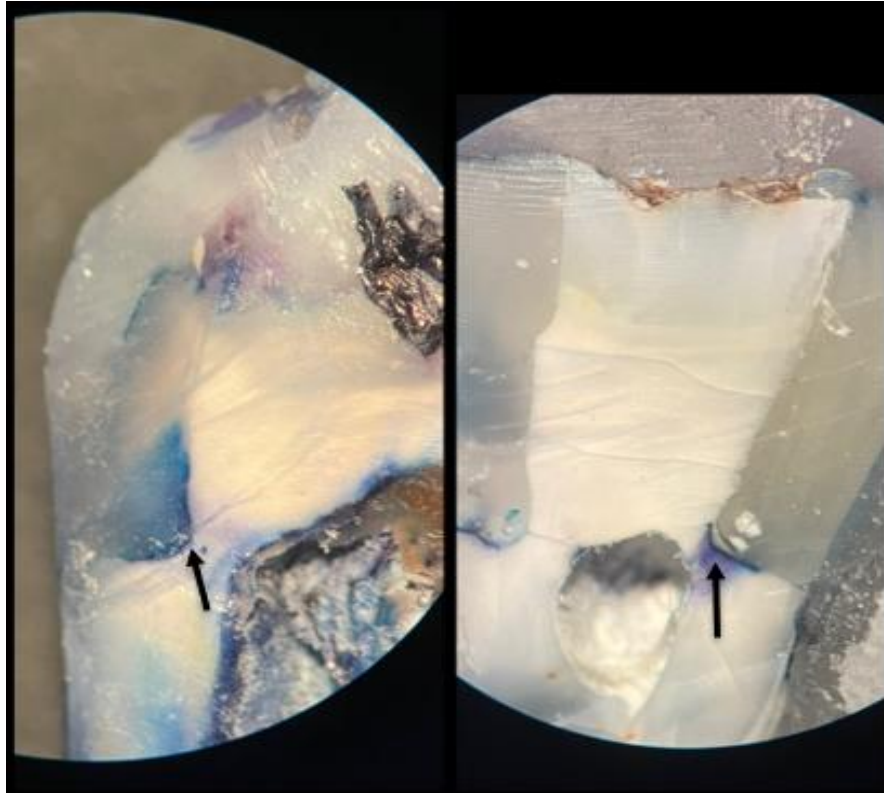


Figura 12

Nos quadros à esquerda (Filtek™ Bulk Fill Flowable 3M™ + Filtek™ Supreme XTE 3M™) e à direita (Filtek™ Supreme XTE 3M™), observa-se a presença de uma microinfiltração atípica localizada no ângulo interno da restauração sem acesso aparente a partir do ângulo cavo-superficial gengival nem da região oclusal



3. RESULTADOS

A tabela 2 apresenta a frequência de microinfiltração gengival observada nos três grupos de materiais restauradores. O grupo Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™) + Filtek™ Supreme XTE (3M™) mostrou a maior quantidade de restaurações sem infiltração (score 0), seguido pelo grupo Filtek™ One Bulk Fill (3M™ ESPE). O grupo Filtek™ Supreme XTE (3M™) apresentou maior número de escores elevados (3 e 4), sugerindo uma tendência a maior infiltração gengival neste grupo. Apesar disso, escores mais baixos (0 e 1) também foram encontrados em todos os grupos.

Tabela 2

Frequência de microinfiltração gengival observada nos três grupos de materiais restauradores

	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Total
	n	n	n	n	n	n
Filtek™ One Bulk Fill (3M™ ESPE)	14	4	3	4	5	30
Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™) + Filtek™ Supreme XTE (3M™)	18	4	0	3	5	30
Filtek™ Supreme XTE (3M™)	13	2	5	7	3	30

A tabela 3 apresenta a frequência de scores de microinfiltração axial atribuídos às restaurações. A maioria dos espécimes nos três grupos apresentou escore 0, indicando ausência de infiltração axial. O grupo Filtek™ One Bulk Fill (3M™ ESPE) destacou-se com 26 amostras sem infiltração, enquanto Filtek™ Supreme XTE (3M™) apresentou maior dispersão de escores, incluindo alguns casos de infiltração mais profunda (scores 2, 3 e 4). Esses dados sugerem uma infiltração oclusal geralmente baixa, com pequena variação entre os materiais.

Tabela 3

Frequência de microinfiltração axial observada nos três grupos de materiais restauradores

	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Total
	n	n	n	n	n	n
Filtek™ One Bulk Fill (3M™ ESPE)	26	1	1	2	0	30
Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™) + Filtek™ Supreme XTE (3M™)	23	3	0	3	1	30
Filtek™ Supreme XTE (3M™)	20	3	3	3	1	30

A Tabela 4 apresenta os valores de mediana e intervalos interquartis (Q1–Q3) da microinfiltração gengival e axial para os três materiais testados.

Observa-se que o grupo *Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™) + Filtek™ Supreme XTE (3M™)* apresentou a menor mediana na infiltração gengival (0), indicando que a maioria das restaurações nesse grupo não apresentou infiltração visível. Já o grupo *Filtek™ Supreme XTE (3M™)* teve a mediana mais elevada (1,5), o que significa que pelo menos metade das amostras apresentou algum grau de infiltração gengival, evidenciando uma tendência maior à microinfiltração em comparação com os demais grupos.

Quanto à infiltração axial, todos os grupos apresentaram medianas baixas, com destaque para o grupo *Filtek™ One Bulk Fill (3M™ ESPE)*, cuja mediana e intervalo interquartil foram iguais a 0, refletindo ausência de microinfiltração na maioria das amostras.

Por outro lado, o grupo *Filtek™ Supreme XTE (3M™)* apresentou o intervalo interquartil mais elevado (0–1,25), sugerindo que foi o grupo com maior variabilidade e maior presença de infiltração oclusal entre os três materiais testados.

No entanto, o teste de Kruskal-Wallis indicou que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os materiais, tanto para a microinfiltração gengival ($p = 0,546$) quanto para a axial ($p = 0,204$).

Tabela 4

Mediana, intervalo interquartil (Q1–Q3) e valor de p da microinfiltração gengival e axial entre os materiais restauradores (teste de Kruskal-Wallis).

	Material	Me (Q1-Q3)	p
Microinfiltração Gengival	Filtek™ One Bulk Fill (3M™ ESPE)	1 (0-3)	0,546
	Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™) + Filtek™ Supreme XTE (3M™)	0 (0-3)	
	Filtek™ Supreme XTE (3M™)	1,50 (0-3)	
Microinfiltração Axial	Filtek™ One Bulk Fill (3M™ ESPE)	0 (0-0)	0,204
	Filtek™ Bulk Fill Flowable (3M™) + Filtek™ Supreme XTE (3M™)	0 (0-0,25)	
	Filtek™ Supreme XTE (3M™)	0 (0-1,25)	

A tabela 5 compara as medianas e os intervalos interquartis da microinfiltração entre as técnicas restauradoras em bloco e incremental.

Ambas as técnicas apresentaram valores semelhantes de mediana, com pequenas variações no terceiro quartil (Q3), especialmente na infiltração axial.

Observa-se que a técnica incremental apresentou um intervalo interquartil mais elevado na infiltração axial (0–1), em comparação com a técnica em bloco (0–0), o que pode indicar uma maior variabilidade e uma ligeira tendência a maiores escores de infiltração nesse tipo de margem. No que diz respeito à microinfiltração gengival, ambas as técnicas também apresentaram valores de mediana semelhantes (1 para bloco e 0 para incremental), com intervalos interquartis iguais (0–3), indicando uma variabilidade comparável entre as duas técnicas. No entanto, o teste de Mann-Whitney mostrou que não houve diferença estatisticamente significativa entre as técnicas utilizadas, com $p = 0,716$ para infiltração gengival e $p = 0,120$ para a infiltração oclusal.

Tabela 5

Mediana, intervalo interquartil (Q1–Q3) e valor de p da microinfiltração gengival e oclusal segundo a técnica restauradora utilizada (teste de Mann-Whitney).

		Me (Q1-Q3)	p
Microinfiltração Gengival	Bloco	1 (0-3)	0,716
	Incremental	0 (0-3)	
Microinfiltração Axial	Bloco	0 (0-0)	0,120
	Incremental	0 (0-1)	

4. DISCUSSÃO

A durabilidade das restaurações diretas de resina composta é influenciada por vários fatores, entre os quais a resistência à microinfiltração. Os espaços vazios que se podem formar nas restaurações de compósito ocorrem quando o sistema adesivo não consegue resistir às forças de contração do compósito durante a polimerização. Nas restaurações de Classe II, a forma da cavidade pode criar uma tensão de contração considerável, aumentando o risco de microinfiltração e, consequentemente, reduzindo a durabilidade da restauração (Opdam et al., 1998).

A procura por materiais que ajudem a reduzir esse problema resultou no desenvolvimento dos compósitos *bulk-fill*. Esses materiais são projetados para ter uma contração de polimerização mais baixa, o que ajuda a diminuir o stress na interface entre o dente e a restauração. Por isso, são frequentemente usados em restaurações diretas, permitindo que sejam aplicados na cavidade dentária em uma única camada, com espessura de 3 mm ou mais, ou em quantidades maiores do que os compósitos tradicionais (Zotti et al., 2021).

Além dessas vantagens, estudos indicam que os compósitos *bulk-fill* do tipo *full-body* permitem uma redução no tempo clínico necessário para a realização de restaurações em dentes posteriores quando comparados às resinas convencionais. No entanto, esse benefício não é observado nos compósitos *bulk-fill* do tipo *flowable*, que não apresentam a mesma eficiência na otimização do procedimento restaurador (Bellinaso et al., 2019).

Neste estudo, escolheu-se utilizar um material restaurador da 3M™ ESPE pela reconhecida qualidade dos produtos da marca, que se destacam por suas boas propriedades mecânicas, estéticas e pela confiabilidade no uso clínico. Essa confiança é reforçada por diversos estudos científicos que frequentemente adotam materiais da mesma fabricante em suas pesquisas (Pigozzo et al., 2021). Num estudo de Baltacioglu et al, em 2024, foi comparada a adaptação marginal de vários compósitos *bulk-fill* mas de diferentes marcas com diferentes viscosidades, em restaurações de Classe II utilizando imagens de micro-CT: 3M™ ESPE (Filtek™ One Bulk Fill Restorative e Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative), juntamente com VOCO® e SHOFU®. Os resultados indicam que, embora a viscosidade não tenha tido um impacto significativo na adaptação marginal, a marca do compósito influenciou os níveis de microinfiltração, com os compósitos da 3M™ ESPE a apresentarem um bom desempenho nas formas viscosa e

fluida. Em contraste, os compósitos bulk-fill da marca VOCO® apresentaram níveis mais elevados de microinfiltração do que as outras marcas (Baltacioğlu et al., 2024).

Apesar dos avanços nos materiais restauradores, ainda existem divergências na literatura sobre a real eficácia dos compósitos *bulk-fill* em comparação aos convencionais (Velooso et al., 2018; Shadman et al., 2020).

Parte dessas incertezas pode estar relacionada ao fato de que, ao longo dos anos, a técnica incremental tem sido amplamente utilizada por proporcionar melhores resultados mecânicos e adesivos, além de reduzir a deformação das cúspides, especialmente em restaurações profundas de Classe II (Bicalho et al., 2014).

No presente estudo, a análise estatística demonstrou que não houve diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração entre os três materiais restauradores testados *Filtek™ One Bulk Fill*, *Filtek™ Bulk Fill Flow* + *Filtek™ Supreme XTE* e *Filtek™ Supreme XTE* (todos marca 3M™ ESPE), tanto na parede gengival ($p = 0,546$) quanto na parede axial ($p = 0,204$), conforme os resultados obtidos pelo teste de Kruskal-Wallis.

Ainda assim, observou-se que o grupo *Filtek™ Bulk Fill Flow* + *Filtek™ Supreme XTE* apresentou a menor mediana gengival (0), sugerindo melhor integridade marginal. O grupo *Filtek™ One Bulk Fill* também apresentou bons resultados, com mediana gengival de 1 e ausência de infiltração oclusal na maioria das amostras ($Q1-Q3 = 0-0$). Já o grupo *Filtek™ Supreme XTE* (resina composta convencional) apresentou a maior mediana gengival (1,5) e maior dispersão dos escores na infiltração axial indicando uma tendência clínica à maior infiltração, embora sem significância estatística. Foi feita também análise envolvendo os três materiais restauradores e os grupos controle positivo e negativo, não foram observadas também diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração marginal, tanto nas margens gengivais quanto axiais.

A menor microinfiltração observada no grupo restaurado com resina bulk flow como base, seguida de resina composta convencional, pode ser vista como resultado da sinergia positiva entre esses dois materiais. A resina flow, devido à sua baixa viscosidade, adapta-se melhor às paredes cavitárias, preenchendo pequenas irregularidades e garantindo um selamento mais eficaz. Especificamente, a resina bulk fill flow utilizada (*Filtek™ Bulk Fill Flowable*, 3M™) já possui tecnologias que ajudam a reduzir a contração de polimerização, o que potencializa ainda mais esse efeito de selamento inicial. Por outro

lado, a camada de resina convencional colocada por cima tem um papel crucial em reforçar esse selamento. Quando aplicada em camadas e polimerizada corretamente, ela oferece um controle dimensional superior, ajudando a estabilizar a base bem-adaptada e minimizando as contrações que poderiam causar problemas na interface adesiva. Assim, a resina convencional funciona como uma camada de proteção, mantendo a integridade do selamento proporcionado pela flow e reduzindo o risco de microinfiltração ao longo da interface restauradora.

Num estudo semelhante, Shadman et al. (2020) examinaram a microinfiltração marginal de vários compósitos e técnicas de aplicação. Neste estudo, foram utilizados 21 pré-molares superiores, nos quais foram criadas 42 cavidades de classe II (mesial e distal) e depois restauradas com diferentes materiais: o compósito tradicional Grandio® (VOCO®), aplicado em incrementos de 2 mm; X-tra fil® (VOCO®) (bulk-fill body), colocado numa única camada; e X-tra base® (VOCO®) (bulk-fill flow), utilizado como camada inicial, seguido de uma camada superficial de Grandio®. As amostras foram submetidas a um protocolo de termociclagem semelhante ao do presente estudo e depois imersas numa solução de fucsina básica para análise num microscópio estereoscópico (40x). Os resultados não revelaram diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração marginal entre os vários compósitos, nem entre as técnicas de aplicação em bloco e incremental.

Foi realizada uma revisão sistemática e meta-análise realizado por Veloso et al. (2018) com o objetivo de comparar o desempenho clínico das resinas compostas *bulk-fill* com as resinas compostas convencionais em restaurações diretas de dentes posteriores. Foram analisados 522 artigos de diferentes bases de dados para a pesquisa inicial, que foi reduzida para 356 após a eliminação de duplicados. Destes, 15 foram selecionados com base na sua relevância para a questão de investigação. No entanto, após uma análise mais aprofundada, apenas 10 foram incluídos na análise final, sendo que o resultado final foi que não há diferenças significativas na microinfiltração entre as resinas bulk-fill e convencionais, indicando que ambas podem oferecer selamento marginal semelhante, apresentando resultados semelhantes ao estudo anterior.

Além disso, um estudo realizado por Rengo et al. (2015) evidenciou resultados que se alinham com os de Shadman et al. (2020) e Veloso et al. (2018). O estudo comparou a perda marginal de compósitos bulk-fill e estratificados em restaurações de Classe II em 36 molares humanos. Seis materiais foram testados: G-aenial® Flo, G-aenial® Universal

Flo, Kalore® (estratificados) e suas versões bulk-fill (G-aenial® Flo bulk fill, G-aenial® Universal Flo bulk fill, Kalore® bulk fill), todos da marca GC®. O estudo confirmou que não houveram diferenças significativas nas microinfiltrações entre os materiais bulk-fill e os convencionais. No entanto, ao contrário dos outros estudos, este utilizou duas técnicas avançadas, a MicroCT e o microscópio digital, para garantir uma análise mais precisa dos resultados.

Contrariamente aos estudos citados, Atmaja e Dewanto (2022) relataram resultados distintos num estudo *in vitro* que comparou a microinfiltração entre dois compósitos restauradores da 3M™ ESPE: o Filtek™ One Bulk Fill Restorative, de uso em bloco, e o Filtek™ Supreme XTE, um compósito convencional amplamente utilizado na prática clínica. As restaurações foram feitas em cavidades Classe I de pré-molares humanos, e os dentes foram imersos em solução de azul de metileno a 1% para posterior análise por meio de uma câmera macro. Os resultados mostraram que o compósito bulk-fill apresentou níveis significativamente menores de microinfiltração em comparação ao convencional.

Uma possível explicação para esse melhor desempenho está na formulação do Filtek™ One Bulk Fill Restorative, que contém três monómeros específicos com funções complementares. O AUDMA possui um alto peso molecular, o que contribui para reduzir a quantidade de ligações poliméricas formadas e, com isso, a retração de polimerização. O DDDMA atua conferindo rigidez ao material, graças ao seu elevado módulo de elasticidade, o que melhora a resistência da restauração. Já o AFM, por meio de um mecanismo conhecido como fragmentação controlada (CAN), ajuda a aliviar o stress gerado durante a polimerização, permitindo que o material se adapte melhor às paredes da cavidade.

A presença desses três componentes na fórmula pode, portanto, justificar a menor microinfiltração observada com o compósito bulk-fill.

Os resultados deste estudo estão alinhados com os dados apresentados por Shadman et al. (2020). Mesmo utilizando materiais de marcas diferentes, como Grandio®, X-tra fil® e X-tra base® da VOCO®, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração marginal entre compósitos convencionais e bulk-fill, nem nas técnicas de aplicação incremental e em bloco.

Da mesma forma, a revisão sistemática e meta-análise de Veloso et al. (2018), que incluiu

várias marcas de compósitos, confirmou que não existem diferenças significativas na taxa de microinfiltração entre resinas convencionais e bulk-fill em restaurações diretas de dentes posteriores, corroborando os resultados deste estudo.

Além disso, o trabalho de Rengo et al. (2015), que utilizou compósitos da marca GC®, reforçou essa tendência ao mostrar que não houve diferenças relevantes na perda marginal entre compósitos bulk-fill e convencionais, mesmo quando analisados com técnicas avançadas como MicroCT e microscopia digital.

Contrariamente, as diferenças observadas entre os resultados do presente estudo e os de Atmaja e Dewanto (2022) podem ser atribuídas a diversos fatores metodológicos. Primeiramente, o tipo de cavidade restaurada foi distinto: cavidades Classe II no presente estudo, versus Classe I em Atmaja e Dewanto (2022), o que implica diferenças no fator de configuração (C-Factor) e nas tensões de contração. Além disso, houve diferenças importantes nos protocolos experimentais adotados: no presente estudo, as amostras foram submetidas a um protocolo de termociclagem padronizado (500 ciclos entre 5°C e 55°C, conforme a norma ISO/TS 11405:2015), simulando o envelhecimento oral; enquanto em Atmaja e Dewanto (2022), o procedimento envolveu apenas a imersão em solução de azul de metileno sem menção explícita à termociclagem ou simulação térmica. Também o método de avaliação da infiltração foi distinto: neste estudo, utilizou-se um sistema de escores ordinais (0 a 4) sob observação microscópica, enquanto Atmaja e Dewanto (2022) aplicou um método de análise quantitativa da área infiltrada por imagens macrofotográficas tratadas digitalmente, portanto maior precisão.

Essas diferenças no modelo experimental e nos métodos de avaliação podem justificar a divergência nos resultados de microinfiltração entre os dois estudos.

Um dos fatores importantes na microinfiltração é a adesão do material ao esmalte e à dentina. A escolha do sistema adesivo e a técnica de aplicação podem influenciar diretamente os níveis de infiltração (Bourgi et al., 2024).

A empresa 3M™ *Oral Care*, escolhida como fabricante para este estudo, introduziu em 2013 o *Scotchbond™ Universal Adhesive*, desde então, outros fabricantes têm copiado e melhorado este tipo de sistema adesivo. Nos últimos anos, o mesmo fabricante lançou um novo tipo de adesivo, melhorando e substituindo algumas características do seu antecessor, o *Scotchbond™ Universal Plus Adhesive*, que é adequado para todos os processos de condicionamento, incluindo processos de adesão direta e indireta. Pode também servir

como um primer geral para todos os materiais de restauração (Brkanović et al., 2023).

A decisão de utilizar a versão Plus neste estudo é motivada pelo facto de, segundo o fabricante, esta nova formulação substituir o monómero Bis-GMA (que contém Bisfenol A) por UDMA, um monómero igualmente radiopaco, mas muito mais biocompatível. Além disso, o adesivo tem uma cadeia de silano mais longa, eliminando a necessidade de um primer separado e reduzindo a presença de HEMA (metacrilato de hidroxietilo) (Alam et al., 2023).

Foram introduzidos dimonómeros de metacrilato hidrofílicos, que interagem eficazmente com a dentina húmida sem os problemas associados ao HEMA. Por fim, a fórmula inclui um ativador de dupla polimerização, que permite atingir mesmo as zonas mais profundas da restauração, garantindo uma polimerização completa (Alam et al., 2023).

O adesivo clássico (*Scotchbond™ Universal Adhesive*) contendo maior percentagem de HEMA foi capaz de penetrar facilmente no substrato desmineralizado devido à sua hidrofiliidade, sendo compatível com a dentina que tem uma maior concentração de água do que o esmalte. Por outro lado, a sua hidrofiliidade torna-o suscetível à degradação hidrolítica e à absorção, aumentando a sensibilidade pós-operatória e reduzindo a adesão ao longo do tempo com um risco acrescido de descolamento, sendo também conhecido por causar reações alérgicas (Ahmed et al., 2020).

Um estudo sobre adesivos universais mostrou que tanto o tipo de adesivo como o método de aplicação influenciam a adesão. O protocolo etch-and-rinse não melhorou a resistência de ligação ao esmalte em comparação com o *self-etch* e teve menos impacto na resistência à fadiga da dentina. Além disso, um adesivo universal aplicado com o método self-etch mostrou uma força de adesão à dentina igual ou superior à dos adesivos de referência, proporcionando uma maior estabilidade de adesão. Por outro lado, um maior condicionamento poderia comprometer a resistência (Brkanović et al., 2023).

Um estudo deste ano de Dawoud et al. (2025) analisou as diferenças clínicas entre o *Scotchbond™ Universal Plus* e o *Single Bond™ Universal* em lesões cervicais cariosas, acompanhando cinquenta pacientes durante 24 meses. No final deste período, ambos os adesivos apresentaram resultados satisfatórios, sem diferenças estatisticamente significativas, com exceção de uma deterioração marginal significativa observada com o *Single Bond™ Universal*. O *Scotchbond™ Universal Plus* destaca-se pela sua radiopacidade, baixa viscosidade e excelente manuseamento, apoiando o sucesso a longo

prazo nas restaurações (Dawoud et al., 2025).

A estratégia de fotopolimerização pode também afetar também a tensão de contração, sendo a polimerização gradual uma alternativa para minimizar o stress na interface dentina-restauração (Kim et al., 2015).

Assim como outros estudos indicam que o tempo de fotopolimerização influencia significativamente as propriedades das resinas, especialmente nas resinas de preenchimento em massa, como a taxa de conversão e a microdureza. Em particular, com tempos de exposição curtos (por exemplo, 10 segundos), observa-se uma taxa de conversão e microdureza inferiores, enquanto o aumento do tempo de exposição (mínimo de 30 segundos) resulta em uma melhoria dessas propriedades, reduzindo também a contração e o estresse de polimerização (Xue, 2020).

Outro fator determinante na microinfiltração é a técnica restauradora, pois a forma de aplicação do compósito influencia diretamente a contração de polimerização. A técnica incremental, com estratificação em múltiplas camadas, é amplamente utilizada como método eficaz para minimizar esses efeitos adversos (Chandrasekhar et al., 2017).

Em relação à técnica restauradora, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas neste estudo entre a aplicação em camada única (em bloco) e a aplicação incremental, tanto na infiltração gengival ($p = 0,716$) quanto na axial ($p = 0,120$), conforme o teste de Mann-Whitney. Contudo, notou-se que a técnica incremental teve uma variabilidade maior na infiltração oclusal ($Q1-Q3 = 0-1$), indicando uma leve tendência para uma infiltração um pouco maior, mesmo que sem relevância estatística. Foi feita também aqui a análise de comparação entre as técnicas restauradoras em bloco e incremental, incluindo a análise dos grupos controle positivo e negativo, não demonstrou diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração marginal.

Contudo, um estudo indicou que, mesmo com a utilização da técnica de restauração em bloco para a aplicação da resina composta, o stress de contração pós-polimerização pode ser reduzido, apresentando resultados promissores. Especificamente, os compósitos de resina *Bulk-fill* demonstraram maior adaptabilidade e menor perda microscópica em comparação aos materiais tradicionais (Warad et al., 2022).

Além das evidências já mencionadas, um estudo *in vitro* realizado por Zubaidah et al. (2019) comparou diretamente duas formas de aplicação de um mesmo compósito bulk-fill: a técnica em bloco e a incremental. Curiosamente, mesmo utilizando o mesmo

material, os resultados mostraram que a aplicação em camadas incremental apresentou uma microinfiltração significativamente menor. Isso reforça a ideia de que, apesar do avanço dos materiais restauradores e da praticidade oferecida pelos compósitos bulk-fill, a técnica incremental amplamente utilizada por muitos anos ainda mantém sua relevância clínica. A possibilidade de controlar melhor a tensão gerada durante a polimerização e garantir uma adaptação mais cuidadosa do material às paredes cavitárias pode explicar esse resultado mais favorável.

Os resultados obtidos são concordantes com os relatados com os resultados de Shadman et al. (2020) acima citados e também por Warad et al. (2022), que também não identificaram diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas restauradoras avaliadas. O estudo destacou que os compósitos bulk-fill apresentaram melhor adaptabilidade marginal e menor microinfiltração em comparação aos compósitos convencionais aplicados em camadas.

De forma semelhante ao presente estudo, Warad et al. (2022) reforçou a eficácia clínica da técnica em bloco, especialmente quando utilizada com compósitos bulk-fill de última geração.

Pelo contrário estes resultados obtidos são diferentes dos de Zubaidah et al. (2019) onde as diferenças entre os estudos podem ser atribuídas a vários fatores metodológicos combinados. Em primeiro lugar, o tipo de cavidade restaurada foi distinto: Classe I no estudo de Zubaidah et al. (2019) e Classe II no presente estudo, sendo que as cavidades Classe II representam um maior desafio para a adaptação marginal devido à sua geometria e maior fator de configuração (C-Factor). Além disso, enquanto no presente estudo as amostras foram submetidas a termociclagem padronizada (ISO/TS 11405:2015) para simular o envelhecimento oral, no estudo de Zubaidah et al. (2019) esse procedimento não foi realizado, o que pode ter influenciado a resistência ao microvazamento. Outro ponto relevante refere-se ao material utilizado: o Tetric® N-Ceram Bulk Fill e Te-Econom® Bond (ambos da Ivoclar Vivadent®) empregados por Zubaidah et al. (2019) possuem propriedades físico-químicas e comportamento de polimerização diferentes do Filtek™ One Bulk Fill e Scotchbond™ Plus (ambos da 3M™ ESPE) usados neste estudo, o que pode ter impactado na capacidade de selamento marginal.

Por fim, embora ambos os trabalhos tenham utilizado o método de infiltração com corante azul de metileno e avaliação por escores, houve diferenças na concentração do corante (0,3% em Zubaidah et al. (2019) vs 2% neste estudo) e nos protocolos de preparo, fatores

que também podem ter contribuído para a divergência nos resultados.

Uma menor microinfiltração observada na parede axial em comparação com a gengival pode ser explicada pela composição do substrato dentário. A parede axial é geralmente revestida por esmalte, um tecido altamente mineralizado que oferece uma adesão mais confiável e estável. Além disso, essa região possui uma espessura consideravelmente maior, o que ajuda a criar uma interface adesiva mais eficiente e resistente. Por outro lado, a parede gengival, especialmente em cavidades classe II profundas, frequentemente se encontra em dentina ou cimento com pouca espessura de esmalte, estes substratos são menos favoráveis para a adesão devido à sua menor mineralização, maior teor orgânico e umidade intrínseca. Para complicar ainda mais, a localização mais apical dificulta o acesso e o controle da técnica, o que pode prejudicar a adaptação marginal e aumentar a microinfiltração, mesmo em condições laboratoriais controladas.

Essas informações são baseadas no estudo de Mosharrafian et al. (2023), que analisou a microinfiltração nos limites de esmalte e dentina em cavidades classe II em molares decíduos e permanentes. Os autores atribuíram os resultados às características intrínsecas da dentina como a presença de túbulos dentinários, maior teor orgânico e umidade que tornam a adesão menos previsível em comparação ao esmalte altamente mineralizado. Apesar das diferenças morfológicas e estruturais que existem entre os substratos, os resultados que obtivemos não mostraram significância estatística entre os grupos analisados.

No protocolo adotado neste estudo após o preparo e restauração das cavidades, as amostras foram imersas em água destilada grau 3 antes da termociclagem para simular as condições de umidade e temperatura intrabucais, evitando a desidratação e preservando a estrutura dentária (Lahor-Soler et al., 2015).

Neste estudo, a termociclagem e a imersão em azul de metileno foram utilizadas como métodos fundamentais para simular o envelhecimento oral e avaliar a microinfiltração ao longo da interface dente-material, protocolo adotado também por Klaisiri et al. em 2022.

No campo da investigação laboratorial, o teste de termociclagem é reputado internacionalmente como um dos processos mais eficazes de avaliação dos materiais dentários. A associação dos ciclos térmicos e do teste de microinfiltração representa uma abordagem *in vitro* muito válida para analisar a capacidade de selamento das restaurações dentárias. A exposição a um elevado número de ciclos térmicos pode simular as condições

do ambiente oral, uma vez que as flutuações de temperatura causam tensões repetidas de contração e expansão na interface entre a restauração e a estrutura dentária. Este fenómeno ocorre porque o coeficiente de expansão térmica dos materiais de restauração é geralmente mais elevado do que o do tecido dentário natural (Gönülol et al., 2014).

No entanto, a técnica de termociclagem não reflete exatamente as condições clínicas, o que se deve ao fato de que os testes *in vitro* frequentemente falharem em reproduzir com precisão todos os fatores clínicos, como as mudanças na temperatura oral, as forças oclusais, a saliva com pH variável, a capacidade de tamponamento e a taxa de fluxo (Schmid-Schwap et al., 2011).

Embora o protocolo de 500 ciclos térmicos (5°C - 55°C) seja amplamente adotado de acordo com a norma ISO, é considerado um teste adequado para o envelhecimento de materiais dentários (Gönülol et al., 2014) e representa aproximadamente 20 dias quando comparado com o estudo de Gale e Darvell (1999), onde foi descrito que a microinfiltração aumenta com o stress térmico e que 10 000 termociclos correspondem a 1 ano *in vivo*. Assim, a abordagem adotada ainda não consegue simular completamente as condições da boca real.

Foi efetuada uma investigação para compreender como o número de ciclos térmicos pode influenciar a microinfiltração em restaurações de resina composta. Neste estudo, o sistema adesivo Adper™ Single Bond 2 (3M™ ESPE) juntamente com o compósito Filtek™ Z250 (3M™ ESPE) foi utilizado em classes V. A amostra foi dividida em cinco grupos: um controlo, que não foi submetido a termociclagem, e os outros quatro expostos a 500, 1.000, 2.500 e 5.000 ciclos térmicos (com temperaturas entre 5° e 55°C ± 2°C, e um tempo de permanência de 15 segundos por ciclo). Os resultados não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, nem uma correlação clara entre o aumento dos ciclos térmicos e o nível de microinfiltração nas restaurações de compósito (Pazinatto et al., 2003).

De acordo com as normas ISO, a aplicação de 500 ciclos térmicos com temperaturas entre 5°C e 55°C é considerada um protocolo standard para avaliar o envelhecimento dos materiais dentários (Gönülol et al., 2014).

A avaliação *in vitro* da microinfiltração por meio da imersão em corantes, como o azul de metileno, é amplamente utilizada na literatura devido à sua boa reprodutibilidade na deteção de falhas no selamento marginal. Esse corante, com dimensão molecular entre

0,5-0,7 nm, é frequentemente empregue para analisar a infiltração na interface resina-dente, pois seu tamanho reduzido permite estimar indiretamente a capacidade de selamento do material restaurador em comparação à penetração bacteriana (Klaisiri et al., 2022).

No entanto, é importante considerar que estudos laboratoriais, por serem realizados sob condições idealizadas, podem não refletir com precisão a complexidade do ambiente oral real (Elrashid et al., 2023).

O tamanho da amostra também constitui uma limitação importante (Elrashid et al., 2023).

Embora tenha sido utilizado um número de amostras suficiente para a análise, um número maior poderia aumentar o poder estatístico, permitindo a detecção de diferenças mais sutis entre os materiais testados. No entanto, isso se depara com a dificuldade prática de encontrar todos os dentes necessários para o estudo, o que limita a possibilidade de aumentar o número de amostras de forma muito significativa.

Apesar do rigor metodológico adotado, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados, como o tamanho da amostra e à viabilidade da transposição de resultados para a prática clínica inerentes a um estudo laboratorial.

Em estudos laboratoriais, a ausência de um ambiente oral real representa uma limitação significativa, uma vez que fatores como a presença de saliva e resíduos alimentares não são considerados, podendo influenciar os níveis de microinfiltração (Elrashid et al., 2023). Além disso, a ausência de forças mastigatórias simuladas, das variações de pH salivar e da atividade microbiológica pode comprometer a reprodução fiel das condições clínicas (Schmid-Schwap et al., 2011; Elrashid et al., 2023).

5. CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, pode concluir-se que:

Não existiram diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração marginal entre os materiais restauradores testados, nem entre as técnicas de restauração em bloco e incremental, aceitando assim a hipótese nula colocada.

No entanto, o grupo B (Filtek™ Bulk Fill Flowable + Filtek™ Supreme XTE) apresentou os valores mais baixos de índice de infiltração, especialmente na parede gengival, o que sugere uma tendência clínica para um desempenho marginal mais favorável para as restaurações feitas com a combinação de resina composta bulk flowable e convencional.

O grupo A (Filtek™ One Bulk Fill Restorative) também apresentou bons resultados, com baixa infiltração, principalmente na parede axial. Por outro lado, o grupo Filtek™ Supreme XTE (resina convencional) mostrou a maior tendência à microinfiltração, tanto nas paredes gengival como na axial, embora essas diferenças não tenham sido estatisticamente significativas.

Os resultados deste estudo reforçam a ideia de que, num ambiente de laboratório controlado e com materiais de alta qualidade, tanto os compósitos convencionais como os bulk-fill podem oferecer um desempenho clínico comparável em termos de selamento marginal.

Como perspectivas futuras, poderia ser relevante aumentar o número de ciclos de termociclagem para reproduzir de maneira mais precisa a longevidade das restaurações, utilizar diferentes sistemas adesivos ou protocolos de fotopolimerização.

É, no entanto, de salientar a importância de realizar estudos clínicos de longo prazo para validar os resultados observados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, M., Yoshihara, K., Yao, C., Okazaki, Y., Van Landuyt, K., Peumans, M., & Van Meerbeek, B. (2020). Multiparameter evaluation of acrylamide HEMA alternative monomers in 2-step adhesives. *Dental Materials*, 37(1), 30–47. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.10.002>
- Alam, A., Yamauti, M., Chowdhury, A. F. M. A., Wang, X., Álvarez-Lloret, P., Zuñiga-Heredia, E., Cifuentes-Jiménez, C., Dua, R., Iijima, M., & Sano, H. (2023). Evaluating the advancements in a recently introduced universal adhesive compared to its predecessor. *Journal of Dental Sciences*, 19(3), 1609–1619. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.12.004>
- Arbildo-Vega, H. I., Lapinska, B., Panda, S., Lamas-Lara, C., Khan, A. S., & Lukomska-Szymanska, M. (2020). Clinical effectiveness of bulk-fill and conventional resin composite restorations: Systematic review and meta-analysis. *Polymers*, 12(8), 1786. <https://doi.org/10.3390/polym12081786>
- Atmaja, W. D., Dewanto, N. M. (2022). The difference of microleakage between One-Bulkfill resin composite and conventional resin composite. *Insisiva Dental Journal Majalah Kedokteran Gigi Insisiva*, 11(2), 90-95. <https://doi.org/10.18196/di.v11i2.16060>
- Badkul, P., Mahendra, M., Bichpuriya, A., & Vaidya, A. (2023). A comparative evaluation of microleakage among new composites Filtek Z350 XT, Tetric N-Cream, and Clearfil AP-X: An In Vitro Study. *International Journal of Orofacial Research*, 7(1), 20–26. <https://doi.org/10.56501/intjorofacres.v7i1.865>
- Baltacioğlu, İ. H., Demirel, G., Öztürk, B., Aydın, F., & Orhan, K. (2024). Marginal adaptation of bulk-fill resin composites with different viscosities in class II restorations: a micro-CT evaluation. *BMC Oral Health*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03975-7>
- Bellinaso, M. D., Soares, F. Z. M., & Rocha, R. de O. (2019). Do bulk-fill resins decrease the restorative time in posterior teeth? A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 10(4), e12463. <https://doi.org/10.1111/jicd.12463>
- Bicalho, A. A., Pereira, R. D., Zanatta, R. F., Franco, S. D., Tantbirojn, D., Versluis, A., & Soares, C. J. (2014). Incremental filling technique and composite material—Part I: Cuspal deformation, bond strength, and physical properties. *Operative Dentistry*, 39(2), E71–E82. <https://doi.org/10.2341/12-441-L>
- Bourgi, R., Kharouf, N., Cuevas-Suárez, C. E., Lukomska-Szymanska, M., Haikel, Y., & Hardan, L. (2024). A literature review of adhesive systems in dentistry: Key components and their clinical applications. *Applied Sciences*, 14(18), 8111. <https://doi.org/10.3390/app14188111>
- Brkanović, S., Sever, E. K., Vukelja, J., Ivica, A., Miletić, I., & Krmek, S. J. (2023). Comparison of different universal adhesive systems on dentin bond strength. *Materials*, 16(4), 1530. <https://doi.org/10.3390/ma16041530>

- Cayo-Rojas, C. F., Hernández-Caba, K. K., Aliaga-Mariñas, A. S., Ladera-Castañeda, M. I., & Cervantes-Ganoza, L. A. (2021). Microleakage in class II restorations of two bulk fill resin composites and a conventional nanohybrid resin composite: an in vitro study at 10,000 thermocycles. *BMC Oral Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01942-0>
- Chandrasekhar, V., Rudrapati, L., Badami, V., & Tummala, M. (2017). Incremental techniques in direct composite restoration. *Journal of Conservative Dentistry*, 20(6), 386–391. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_157_16
- Civelek, A., Ersoy, M., L'Hotelier, E., Soyman, M., & Say, E. C. (2003). Polymerization shrinkage and microleakage in Class II cavities of various resin composites. *Operative Dentistry*, 28(5), 635–641.
- Dawoud, B., Abou-Auf, E., & Shaalan, O. (2025). 24-Month clinical evaluation of cervical restorations bonded using radio-opaque universal adhesive compared to conventional universal adhesive in carious cervical lesions: A randomized clinical trial. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88201-2>
- Elrashid, A. H., Alsarh, S. A., Alotaibi, D. S., Albaqami, M. A., Algadhi, S. K., Alfaraj, R. A., Cicciù, M., & Minervini, G. (2023). Microleakage effect of in-office bleaching on two types of nanohybrid composites with or without surface sealer. *Technology and Health Care*, 32(2), 787–798. <https://doi.org/10.3233/thc-230213>
- Feilzer, A., De Gee, A., & Davidson, C. (1987). Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *Journal of Dental Research*, 66(11), 1636–1639. <https://doi.org/10.1177/00220345870660110601>
- Feilzer, A., De Gee, A., & Davidson, C. (1993). Setting stresses in composites for two different curing modes. *Dental Materials*, 9(1), 2–5. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(93\)90095-8](https://doi.org/10.1016/0109-5641(93)90095-8)
- Feiz, A., Sajedi, M., Jafari, N., & Swift, E. J. (2021). Evaluation of microleakage in Class II composite restorations: Bonded-base and bulk-fill techniques. *Dental Research journal*, 18, 89.
- Gale, M. S., & Darvell, B. W. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, 27(2), 89–99. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(98\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(98)00037-2)
- Gönülol, N., Ertaş, E., Yılmaz, A., & Çankaya, S. (2014). Effect of thermal aging on microleakage of current flowable composite resins. *Journal of Dental Sciences*, 9(3), 245–251. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2014.02.005>
- Gupta, M., Rao, D., & Hegde, S. (2017). An In vitro Evaluation of Microleakage Associated with Three Different Compomer Placement Techniques in Primary Molars. *Contemporary Clinical Dentistry*, 8(1), 48–52. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_1152_16
- Ilie, N., Bucuta, S., & Draenert, M. (2013). Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Operative Dentistry*, 38(6), 618–625. <https://doi.org/10.2341/12-395-l>
- Kim, R. J., Kim, Y., Choi, N., & Lee, I. (2015). Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, 43(4), 430–439. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.02.002>

- Klaisiri, A., Vongsang, J., Leelaudom, T., & Krajangta, N. (2022). Methylene blue penetration of resin infiltration and resin sealant in artificial White-Spot lesions. *European Journal of Dentistry*, 17(03), 828–833. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1756689>
- Lahor-Soler, E., Miranda-Rius, J., Brunet-Llobet, L., Farre, M., & Pumarola, J. (2015). In vitro study of the apical microleakage with resilon root canal filling using different final endodontic irrigants. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 7(2), e212–e217. <https://doi.org/10.4317/jced.51755>
- Leprince, J. G., Palin, W. M., Vanacker, J., Sabbagh, J., Devaux, J., & Leloup, G. (2014). Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, 42(8), 993–1000. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.009>
- Miletic, V., Peric, D., Milosevic, M., Manojlovic, D., & Mitrovic, N. (2016). Local deformation fields and marginal integrity of sculptable bulk-fill, low-shrinkage and conventional composites. *Dental Materials*, 32(11), 1441–1451. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.09.011>
- Moorthy, A., Hogg, C., Dowling, A., Grufferty, B., Benetti, A., & Fleming, G. (2012). Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. *Journal of Dentistry*, 40(6), 500–505. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.02.015>
- Mosharrafian, S., Heidari, A., & Rahbar, P. (2017). Microleakage of Two Bulk Fill and One Conventional Composite in Class II Restorations of Primary Posterior Teeth. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 14(3), 123–131.
- Mosharrafian, S., Farahmand, N., Poorzandpoush, K., Hosseinipour, Z. S., & Kahforushan, M. (2023). In vitro microleakage at the enamel and dentin margins of class II cavities of primary molars restored with a bulk-fill and a conventional composite. *Clinical and Experimental Dental Research*, 9(3), 512–517. <https://doi.org/10.1002/cre2.729>
- Opdam, N., Roeters, F., Feilzer, A., & Verdonchot, E. (1998). Marginal integrity and postoperative sensitivity in Class 2 resin composite restorations in vivo. *Journal of Dentistry*, 26(7), 555–562. [https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(97\)00042-0](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(97)00042-0)
- Pazinatto, F. B., Campos, B. B., Costa, L. C., & Atta, M. T. (2003). Effect of the number of thermocycles on microleakage of resin composite restorations. *Pesquisa Odontológica Brasileira*, 17(4), 337–341. <https://doi.org/10.1590/s1517-74912003000400008>
- Pigozzo, M. N., Cerutti, A., & Gherlone, E. (2021). Valutazione dell'adesione alla dentina di un materiale ibrido CAD/CAM. *Italian Journal of Dental Materials*, 6(2), 45–52.
- Relhan, N. (2015). An In-Vitro Comparison of Micro Leakage Between Two Posterior Composites Restored with Different Layering Techniques Using Two Different LED Modes. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(5), ZC78 - ZC81. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2015/12782.5961>
- Rengo, C., Spagnuolo, G., Ametrano, G., Goracci, C., Nappo, A., Rengo, S., & Ferrari, M. (2015). Marginal leakage of bulk fill composites in Class II restorations: A microCT and digital microscope analysis. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 60, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.04.007>

- Rosin, M., Froehlich, L., Mazur, N., Bervian, R. K., Santana, S. C., Piana, E. A., Queiroz, K. F. A., Colussi, J. O. M., & Pezzini, R. P. (2022). Resinas compostas: uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*, 11(13), e257111335128. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35128>
- Schmid-Schwapa, M., Graf, A., Preinerstorfer, A., Watts, D. C., Piehslinger, E., & Schedle, A. (2011). Microleakage after thermocycling of cemented crowns—A meta-analysis. *Dental Materials*, 27(7), 702-707. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.05.008>
- Scotti, N., Comba, A., Gambino, A., Paolino, D. S., Alovizi, M., Pasqualini, D., & Berutti, E. (2014). Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fills flowable resin. *European Journal of Dentistry*, 08(01), 001–008. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.126230>
- Shadman, N., Pezeshki, B., & Rostami, S. (2020). Marginal Sealing of Bulk Fill versus Conventional Composites in Class II Composite Restorations: An In Vitro Study. *Frontiers in Dentistry*, 17, 40. <https://doi.org/10.18502/fid.v17i40.5313>
- Van Dijken, J. W., & Pallesen, U. (2016). Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *Journal of Dentistry*, 51, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.05.008>
- Veloso, S. R. M., Lemos, C. A. A., Moraes, S. L. D., Vasconcelos, B. C. E., Pellizzer, E. P., & Monteiro, G. Q. M. (2018). Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 22(8), 2821–2839. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2429-7>
- Warad, J., Manish, A., Airani, A. K., Sreenivasalu, P. K. P., Kulkarni, S., & Kumari, R. A. (2022). Comparative Evaluation of Novel Bulk Fill Resin Composites with Conventional Composites for Microleakage Formation – A Stereomicroscopic Study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 14(Suppl 1), S928–S932. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_709_21
- Xue, J. (2020). Factors influencing clinical application of bulk-fill composite resin. *West China Journal of Stomatology*, 38(3), 233–239. <https://doi.org/10.7518/hxkq.2020.03.001>
- Yadav, V., Roongta, R. N., Yadav, S., & Talwar, S. (2022). Effect of C-factor on Micro-tensile bond strength of Bulk fill V/S Micro-hybrid composite in Class II restorations: <https://doi.org/10.60787/NMJ-63-2-92>. *Nigerian Medical Journal*, 63(2), 112–120. <https://doi.org/10.60787/nmj.v63i2.92>
- Zotti, F., Falavigna, E., Capocasale, G., De Santis, D., & Albanese, M. (2021). Microleakage of Direct Restorations-Comparison Between Bulk-Fill and Traditional Composite Resins: Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Dentistry*, 15(04), 755–767. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1724155>
- Zubaidah, N., Mayangsari, M. A., & Mudjiono, M. (2019). Microleakage difference between bulk and incremental technique on bulk fill resin composite restoration (in vitro study). *Journal of International Dental and Medical Research*, 12(2), 498–503.

ANEXOS

Anexo A. Parecer da Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa



UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

Exma. Senhora
Prof. Doutora Sandra Gavinha
Diretora da FCS

Nº	Data
FCS/MMED – 699/25	14 de Fevereiro de 2025

Exma. Senhora Professora Doutora,

A Comissão de Ética apreciou o projeto de investigação apresentado por Giovanni Lo Buglio, intitulado "Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com diferentes resinas compostas (bulk e convencionais) - estudo *in vitro*", a realizar no âmbito do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, sob orientação da Mestre Susana Coelho.

Os objetivos deste projeto são: avaliar quantitativamente o grau de microinfiltração de dois materiais bulk-fill com diferentes viscosidades (fluida e regular) e uma resina composta convencional, aplicados em cavidades de Classe II em dentes posteriores; examinar a influência da viscosidade do material na contração da polimerização, para determinar se uma maior ou menor viscosidade pode impactar no desempenho clínico da restauração; comparar a microinfiltração entre as resinas compostas bulk e as convencionais, quando aplicadas em restaurações classe II.

As questões éticas estão acauteladas.

Deste modo, a Comissão de Ética considera nada haver a opor quanto à realização deste projeto.

Com os melhores cumprimentos,

A Presidente da
Comissão de Ética da UFP


Inês Lopes Cardoso



FUNDAÇÃO ENSINO E CULTURA "FERNANDO PESSOA"
NIPC. 502 057 602 • Reg. Comercial nº 26 Conservatória do Registo Comercial do Porto

FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
Praça 9 de Abril, 349 • 4249-004 Porto - Portugal
T. +351 22 507 1300* • <https://www.ufp.pt>
geral@fundacaofernandopessoa.pt

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
Rua Carlos da Maia, 296 • 4200-150 Porto - Portugal
T. +351 22 507 4630* • <https://www.ufp.pt>
geral@fundacaofernandopessoa.pt

FACULDADE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Praça 9 de Abril, 349 • 4249-004 Porto - Portugal
T. +351 22 507 1300* • <https://www.ufp.pt>
geral@fundacaofernandopessoa.pt

* (chamada para a rede fixa nacional)

Autoriza-se
[assinatura]
14-2-25

Anexo B. Modelo de Consentimento informado do paciente

Formulário de consentimento informado

Está convidado a participar, como voluntário, no projeto de investigação "Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com diferentes resinas compostas (bulk e convencionais) –estudo *in vitro*"

Para o efeito, pedimos a sua autorização para recolher, depositar, armazenar e utilizar o seu dente para o estudo que irá avaliar quantitativamente o grau de microinfiltração coronária após a fotopolimerização de dois materiais bulk-fill com diferentes viscosidades (fluida e regular) aplicados em cavidades de Classe II do setor posterior, com objetivo final fornecer dados úteis para melhorar o desempenho clínico dos materiais bulk-fill, otimizando as técnicas de aplicação e reduzindo os riscos associados à contração e à microinfiltração.

O dente utilizado será destruído após o estudo. Para participar neste estudo, não terá quaisquer custos nem receberá quaisquer benefícios financeiros. Será informado do estudo da forma que desejar e terá a liberdade de participar ou recusar-se a participar e, a qualquer momento e sem qualquer prejuízo, poderá retirar o seu consentimento para a conservação e utilização do material biológico armazenado, sendo a retirada válida a partir da data de formalização. A sua participação é voluntária e o facto de se recusar a participar não implicará qualquer penalização ou alteração dos cuidados que lhe são prestados. Os resultados obtidos pela investigação, utilizando o seu material biológico, ser-lhe-ão facultados quando estiverem concluídos. Não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste trabalho. Este formulário de consentimento é impresso em dois exemplares originais, um dos quais será guardado pelo diretor da Clínica Médica e o outro ser-lhe-á entregue. Os investigadores tratarão a sua identidade de acordo com as normas profissionais de confidencialidade e utilizarão a informação apenas para fins académicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento _____

Fui informado dos objectivos do projeto de investigação "Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com diferentes resinas compostas (bulk e convencionais) –estudo *in vitro*", de forma clara e detalhada e esclareci as minhas dúvidas.

Estou ciente de que posso solicitar informações adicionais em qualquer altura e alterar a minha decisão de participar, se assim o desejar. Declaro que concordo em participar neste estudo.

Recebi uma cópia original deste formulário de consentimento informado e tive a oportunidade de o ler e esclarecer as minhas dúvidas.

_____ de _____ de _____.

Assinatura do participante

Anexo C. Modelo do Consentimento do diretor clínico.

____ de _____ 2025

Eu, abaixo assinado, “ _____ ”, com registro no ordem dos Médicos Dentistas _____, diretor clínico da clínica “ _____ ” situada em “ _____ ”, certifico que tenho conhecimento do projeto de pesquisa “Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com diferentes resinas compostas (bulk e convencionais) - estudo *in vitro*” e que farei a ligação entre a clínica e o investigador, que os dentes extraídos nas condições comunicadas aos pacientes serão enviados ao investigador e que, caso o paciente queira desistir do estudo (manifestando a vontade de retirar o consentimento para a utilização do dente para este fim), entrarei em contacto com o investigador para o informar da situação e para assegurar que a vontade do participante é aceite.

Os dentes utilizados serão arquivados sob a responsabilidade do investigador até final do trabalho e depois serão destruídos.

Certifica-se que os pacientes doadores dos dentes extraídos foram devidamente informados e esclarecidos sobre qualquer dúvida relacionada ao projeto antes de fornecerem seu consentimento escrito para participar ao projeto.

Por ser verdade e por me ter sido solicitado, assino a presente declaração.
