



UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA

AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO EM RESTAURAÇÕES CLASSE II COM VÁRIAS TÉCNICAS DE COLOCAÇÃO DE COMPÓSITOS - ESTUDO *IN VITRO*

[Evaluation of microleakage in class II restorations with various composite placement
techniques - in vitro study]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Ivan Scalvini

Orientadora:

Mestre Susana Vila Real Magalhães Coelho Guimarães

Julho 2025

**AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO EM RESTAURAÇÕES
CLASSE II COM VÁRIAS TÉCNICAS DE COLOCAÇÃO DE
COMPÓSITOS - ESTUDO *IN VITRO***

[Evaluation of microleakage in class II restorations with various composite placement
techniques - in vitro study]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Ivan Scalvini

Orientadora:

Mestre Susana Vila Real Magalhães Coelho Guimarães

Julho 2025

Um agradecimento especial à minha família, à minha mãe Sonia, ao meu pai Flavio, ao meu irmão Ronny e a todos os amigos aqui presentes neste dia. Nunca deixarei de vos agradecer por todos os vossos sacrifícios, por tudo o que fizeram por mim nestes anos, pelo vosso trabalho e pelo vosso amor. Um agradecimento a todos que confiaram em mim, àqueles que são minha fonte de motivação e são meu exemplo de vida.

Agradeço imenso

Obrigado

“Aprendemos com os sucessos e aprendemos com as derrotas.

Só deixas de aprender quando desistes. “

N. Patel

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Mestre Susana Vila Real Magalhães Coelho Guimarães, pela sua ajuda, disponibilidade e grande paciência. Um agradecimento também por terem contribuído economicamente para este estudo, com a aquisição de materiais e instrumentos por mim utilizados. Além de me ter orientado com grande paciência e me ter guiado ao escrever esta dissertação, agradeço pela disponibilidade, atenção, a ajuda por si fornecida e pela grande confiança que me foi dada.

À minha família, por todo o apoio incondicional, afeto e dedicação que sempre me proporcionaram, por serem essenciais na construção da pessoa que me tornei e do profissional que quero ser, por nunca deixarem de acreditar em mim e por mostrarem que a família é o alicerce da vida.

Obrigado Pai pelo teu trabalho, para seres a minha inspiração como homem. O meu sonho é ser pelo menos a metade do homem que tu és e obrigado mãe por seres a mulher da minha vida, pelos teus sacrifícios e pelo teu trabalho, por seres a minha guia em tudo.

Aos meus amigos, minha segunda família, que sempre estiveram ao meu lado, e que me apoiaram e suportaram em cada minha decisão.

Aos meus irmão, avós e tios, por terem sempre encontrado a força para estar perto de mim com o seu carinho e por nunca me fazerem sentir sozinho. Obrigado

A todo o corpo docente da Universidade Fernando Pessoa pelos conhecimentos, ajudas, dicas nas aulas e na clínica os conselhos transmitidos para poder ser um ótimo médico dentista.

Agradeço a Universidade Fernando Pessoa pela qualificada formação académica oferecida.

À Diretora das CPMD-FCS-UFP, a Professora Doutora Sandra Gavinha, por ter autorizado e apoiado a realização deste estudo nas instalações da Faculdade.

Agradeço ao Senhor Ricardo, responsável pelo laboratório pedagógico da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Fernando Pessoa, pela ajuda prestada, pelo tempo disponibilizado e pela colaboração concedida na realização do meu estudo in vitro.

Agradeço à Professora Doutora Maria da Conceição Manso pela ajuda na seleção da

amostra e do critério SCORE, na realização dos cálculos estatísticos e o na, reiterando o meu agradecimento pela disponibilidade e pelo tempo dedicado.

Agradeço ainda à Cristina pela colaboração prestada.

No final agradeço a mim mesmo para não ter duvidado nem um segundo na minha escolha, nos momentos difíceis, nos momentos em que estava sozinho.

Aconteceu, agora posso retribuir por todos os vossos sacrifícios.

RESUMO

Objetivo: O presente estudo teve como objetivo avaliar a infiltração marginal em restaurações classe II com resina composta nano-híbrida *3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative*, comparando três técnicas distintas de inserção do compósito: incremental horizontal, incremental oblíqua e técnica em bloco. A finalidade foi identificar qual abordagem proporciona menor infiltração marginal. **Materiais e métodos:** Foi realizado um estudo *in vitro* com 45 dentes posteriores humanos extraídos. Foram preparadas duas cavidades classe II (mesial e distal) em cada dente e restauradas com resina *3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative*. Foram realizadas 90 restaurações, divididas aleatoriamente por ter 3 grupos (n=30): Grupo I (Técnica em Bloco); Grupo II (Técnica Incremental Horizontal); Grupo III (Técnica Incremental Oblíqua). As amostras foram submetidas a termociclagem e posteriormente imersas em solução azul de metileno 2%, cortadas e observadas com lupa para análise da microinfiltração marginal. A infiltração foi medida nas paredes gengival e axial, sendo atribuídas pontuações em SCORE e analisadas estatisticamente com o programa *IBM Corp. Released 2023. IBM SPSS, Version 30.0.0.0*. **Resultados:** No estudo 1 a técnica incremental oblíqua e bloco apresentaram menor infiltração gengival (mediana=0,0), enquanto a técnica horizontal exibiu maior infiltração (mediana=1,5). A infiltração axial foi mínima em todos os grupos experimentais (mediana=0,0). A análise estatística pelo teste de Kruskal-Wallis não revelou diferenças significativas entre as técnicas restauradoras tanto para infiltração gengival quanto axial ($p=0,236$). **Conclusão:** Os resultados revelaram que, embora a técnica incremental horizontal tenha apresentado uma mediana mais elevada de microinfiltração gengival, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas restauradoras ($p>0,05$). Assim, nenhuma das técnicas restauradoras testadas influenciou significativamente a microinfiltração marginal.

Palavras-chave: “Restaurações classe II”; “Resina composta”; “Microinfiltração”; “Técnica em bloco”; “Técnica incremental horizontal”; “Técnica incremental oblíqua”.

ABSTRACT

Objective: The present study aimed to evaluate marginal microleakage in class II restorations using the nano-hybrid composite resin 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative, by comparing three distinct composite placement techniques: horizontal incremental, oblique incremental, and bulk-fill technique. The goal was to determine which approach results in the least marginal microleakage. **Materials and Methods:** An in vitro study was conducted using 45 extracted human posterior teeth. Two class II cavities (mesial and distal) were prepared on each tooth and restored with 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative resin. A total of 90 restorations were performed, randomly assigned into three groups (n=30): Group I (Bulk-fill Technique), Group II (Horizontal Incremental Technique), and Group III (Oblique Incremental Technique). The samples underwent thermocycling and were subsequently immersed in a 2% methylene blue solution, then sectioned and examined under a magnifying lens to assess marginal microleakage. Infiltration was measured on the gingival and axial walls, scored accordingly, and statistically analysed using IBM Corp. Released 2023. IBM SPSS, Version 30.0.0.0. **Results:** In Study 1, the oblique incremental and bulk-fill techniques showed lower gingival microleakage (median = 0.0), while the horizontal technique exhibited higher infiltration (median = 1.5). Axial infiltration was minimal across all experimental groups (median = 0.0). Statistical analysis using the Kruskal-Wallis test revealed no significant differences between the restorative techniques for both gingival and axial infiltration ($p = 0.236$). **Conclusion:** The results showed that although the horizontal incremental technique presented a higher median of gingival microleakage, no statistically significant differences were observed between the restorative techniques ($p > 0.05$). Therefore, none of the tested restorative techniques significantly influenced marginal microleakage.

Keywords: “Class II restorations”; “Composite resin”; “Microleakage”; “Bulk-fill technique”; “Horizontal incremental technique”; “Oblique incremental technique”.

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1. Desinfecção dos dentes.....	10
2.2. Preparo de cavidade classe II.....	10
2.3. Restaurações	11
2.3.1 Aplicação Sistema adesivo.....	11
2.3.2 Aplicação da Resina composta.....	11
2.3.3. Fotopolimerização	12
2.3.4. Acabamento	13
2.3.5. Polimento	13
2.4. Termociclagem	13
2.5. Aplicação do verniz	14
2.6. Imersão em corante.....	14
2.7. Inclusão em resina	14
2.8. Secção vertical.....	15
2.9. Análise da penetração do corante.....	16
2.10. Análise estatística	18
3. RESULTADOS.....	19
3.1. Estudo 1 - Comparação entre técnicas restauradoras.....	19
3.2. Estudos 2 e 3 - Grupos de controlo	20
4. DISCUSSÃO	23
4.1. Protocolo utilizado	23
4.2. Escola da amostra (método, dentes e referências)	23
4.3. Desinfecção dos dentes.....	24

4.4. Preparo da cavidade	25
4.5. Restauração	26
4.6. Fotopolimerização	27
4.7. Acabamento e polimento	28
4.8. Termociclagem	28
4.9. Verniz e corante	29
4.10. Inclusão em resina	29
4.11. Secção vertical	30
4.12. Análise penetração do corante	30
4.13. Justificação da escolha dos materiais: adesivo e compósito restaurador	31
4.14. Porque 3 técnicas de aplicação de compósito?	33
4.15. Comparação dos resultados obtidos neste estudo com outros estudos anteriores	39
4.16. Limitações do estudo	41
5. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Imagem ilustrativa das amostras utilizadas nesse estudo.....	9
Figura 2 Imagem ilustrativa das cavidades a ser preparadas, num molar inferior (2a) Vista mesial/distal; (2b) Vista oclusal	11
Figura 3 Imagem ilustrativa das diferentes técnicas a utilizar	12
Figura 4 Imagem do termociclagem realizado	13
Figura 5 Imagem do dente restaurado e com a aplicação de verniz	14
Figura 6 Imagem do dente incluído na resina e a resina utilizada. (6a) Dente incluído na resina (6b) Resina utilizada	15
Figura 7 Imagem do disco utilizado pelo corte	16
Figura 8 Imagem da lupa utilizada na análise da penetração do corante (8a) Lupa utilizada; (8b) Amostras dos dentes	16
Figura 9 Imagem representativa dos diferentes SCOREs: (9a) Score 0; (9b) Score 1; (9c) Score 2; (9d) Score 3; (9e) Score 4; (9f) Anomalia; (9g) Representação gráfica dos SCOREs.....	17

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Tabela da análise estatística inferencial.....	21
Tabela 2. Tabela descritiva do produto 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative	33
Tabela 3. Descritiva do produto 3M™ Scotchbond Universal Plus Adhesive.....	33
Tabela 4. Tabela comparativa entre as técnicas	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Parecer da Comissão Ética	51
Anexo B. Modelo de Consentimento informado	53
Anexo C. Modelo de Consentimento Diretor Clínico.....	55
Anexo D. Q52.....	57
Anexo E. Tabelas estatística adicional da distribuição de frequências e percentuais dos scores	59

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS OU ACRÔNIMOS

®	Marca Registrada
°C	Grau Celsius
BIS-EMA	Bisfenol A-Epoxi Metacrilato
BIS-GMA	Bisfenol A-Glicidil Metacrilato
BPA	Bisfenol A
CEJ	Junção Esmalte-Cimento
CPMD-FCS-UFP	Clínica Pedagógica de Medicina Dentária da Faculdade de Ciências da Saúde Universidade Fernando Pessoa
DEB	Dentina, Esmalte, Corpo (do inglês Dentine, Enamel, Body)
EUA	Estados Unidos da América
FATOR C	Fator de configuração cavitária
h	Hora
H ₃ PO ₄	Ácido Ortofosfórico
IBM	Máquina de Negócios Internacional (do inglês International Business Machine)
ICR	Instrumento de corte rotatório
ISO	Organização Internacional de Normalização (do inglês International Organization for Standardization)
LED	Díodo Emissor de Luz (do inglês Light Emitting Diode)
max	Máximo
MDC	Medicina Dentária Conservadora
mm	Milímetro
mW/cm ²	Miliwatt por Centímetro Quadrado

Nº	Número
nm	Nanómetro
OD	Ocluso-Distal
OM	Ocluso-Mesial
PEGDMA	Polietilenoglicol Dimetacrilato
RAND	Número Real Aleatório Maior ou Igual a 0 e Menor que 1
REF	Referência
rpm	Rotações por Minuto
Seg	Segundos
SPSS	Pacote Estatístico para as Ciências Sociais (do inglês Statistical Package for the Social Sciences)
TEGDMA	Dimetacrilato de Trietilenoglicol
TEGMA	Trietileno Glicol Dimetacrilato
UDMA	Uretano Dimetacrilato
UFP	Universidade Fernando Pessoa
UV	Ultravioleta
W	Potência Radiante (Watt)

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço nos materiais e na tecnologia adesiva, as resinas compostas consolidaram-se ao longo do tempo como um dos materiais de eleição para a realização de restaurações diretas. São materiais amplamente utilizados e estudados na medicina dentária para a reabilitação de dentes posteriores comprometidos bem como em restaurações esteticamente avançadas (Gowda et al., 2015).

Os compósitos consolidaram-se como materiais padrões para as restaurações diretas, devido à sua capacidade de proporcionar resultados estéticos de maior qualidade e também devido à sua versatilidade clínica. Estudos recentes demonstram que restaurações extensas com compósito após substituição de amálgama apresentam uma longevidade clínica média de aproximadamente 15 anos, comprovando assim a sua fiabilidade ao longo do tempo. Estes materiais são, portanto, amplamente utilizados em reabilitação de dentes destruídos, garantindo funcionalidade e estética a longo prazo (Hofsteenge et al., 2023).

A longevidade das restaurações dentárias depende de diversos fatores, tais como os materiais utilizados, a experiência do profissional, a morfologia ou posição dos dentes na arcada, tamanho e configuração da cavidade, do número de superfícies envolvidas no preparo cavitário e também da idade do paciente. A medicina dentária conservadora (MDC) procura assim assegurar sempre uma ótima união entre o material restaurador e as paredes da cavidade (Sooraparaju et al., 2014).

As resinas compostas possuem, na sua composição uma fase orgânica composta por monómeros de resina como o Bisfenol A-glicidil metacrilato (Bis-GMA), Trietilenoglicol dimetacrilato (TEGDMA) ou Uretano dimetacrilato (UDMA) e uma fase inorgânica composta por partículas de carga inorgânicas, como por exemplo vidro de bário, sílica ou zircónia. Essas duas componentes orgânicas e inorgânicas encontram-se ligadas por um agente de união, o silano. Possuem também fotoiniciadores, comumente baseados na canforoquinona associada a aminas terciárias. A escolha dos seus constituintes e a sua proporção influenciam diretamente as propriedades clínicas da resina composta, nomeadamente a resistência, estabilidade, aparência estética e o grau de contração durante a polimerização (Ferracane, 2011).

Com o avanço contínuo na ciência dos materiais dentários, as resinas compostas

evoluíram significativamente, apresentando melhorias em todas as suas características físicas e estéticas. Essas inovações resultam na melhoria da composição, na redução do tamanho das partículas de carga (Ferracane, 2011) e na sua distribuição, proporcionando assim restaurações com maior eficácia clínica e maior durabilidade e estabilidade no tempo. Atualmente existem assim diversos tipos de resinas compostas disponíveis, cada uma com a sua característica e indicação específica (Rosin et al., 2022).

Além disso, estudos como o de Braga et al. (2005) mostram que diversos fatores influenciam o stress de contração nas resinas compostas, incluindo a composição química, o grau de conversão dos monómeros e o método de fotopolimerização adotado.

Os avanços contínuos na formulação desses materiais, incluindo o desenvolvimento de compósitos nano-híbridos e técnicas de aplicação, têm promovido a sua ampla utilização em todas as classes de restaurações dentárias (ElSheikh et al., 2024).

O uso da nanotecnologia, portanto permite a produção de resinas compostas com elevada percentagem de carga inorgânica, originando os compósitos nano-híbridos, que devido ao seu menor teor de monómero e maior carga de partículas, apresentam menor contração linear em comparação com os microhíbridos (Pereira et al. 2008).

Esses compósitos com nanopartículas foram assim desenvolvidos para oferecer simultaneamente propriedades estéticas e mecânicas melhoradas, mantendo a viscosidade ideal. A introdução dessas nanopartículas nas resinas teve como objetivo superar limitações como, fraturas em restaurações extensas, melhorando também a resistência, flexibilidade e adesão do material (Rosin et al., 2022)

Mas apesar dos avanços nas resinas compostas, a contração de polimerização continua a ser uma limitação clínica significativa, gerando tensões que comprometem a durabilidade das restaurações e resultando em problemas de microinfiltração (St George et al., 2001; Pires et al., 2023; Carrilho et al., 2014).

A contração de polimerização é conhecida como sendo processo pelo qual o compósito expressa uma diminuição de volume durante o processo da transformação dos monómeros em polímeros. Durante esse processo, as resinas compostas à base de metacrilato apresentam uma redução significativa de volume. Essa contração é causada pela alteração no espaçamento entre as moléculas, que ocorre devido às interações entre as ligações de Van der Waals e as ligações covalentes (Davidson & Feilzer, 1997).

Esta contração volumétrica, pode oscilar entre 2,6% e 7,1% dependendo do tipo de

compósito utilizado. Esse fenômeno induz tensões na interface dente e material restaurador, potenciando o risco de falhas adesivas e o aparecimento de falhas marginais. (Koran & Kürschner, 1998). Assim, esta contração polimerização é considerada um dos principais desafios dos materiais resinosos, pois pode comprometer a adaptação marginal (Crim, 1991; Braga et al., 2005). favorecendo a infiltração de fluidos orais e microrganismos, aumentando a probabilidade de microinfiltração, alteração de cor, desenvolvimento de cáries secundárias e possível comprometimento pulpar (Gupta et al., 2017; Mosharrafian et al., 2017; Somani et al., 2020).

A microinfiltração é definida como a passagem de bactérias, moléculas ou fluidos entre a parede de uma cavidade e o material restaurador aplicado (Kidd & Beighton, 1996), sendo considerada um dos desafios mais comuns nas restaurações posteriores em resina composta (Gupta et al., 2017).

Este fenômeno acaba por ser uma das principais causas de falhas em restaurações com resinas compostas, afetando a qualidade marginal e a adesão do material restaurador (Peutzfeldt et al., 2018; Hofsteenge et al., 2023; Pires et al., 2023), limitando a durabilidade clínica das restaurações dentárias (Fernandes, 2014).

Para minimizar esse problema, e na tentativa de diminuir a contração de polimerização e de obter uma adesão micromecânica e biomecânica eficaz na interface dente-restauração. Diversas abordagens estratégicas têm sido recomendadas, como a modificação na composição das resinas compostas, a adição de monómeros com menor taxa de contração e a seleção criteriosa das partículas de carga (Ferracane, 2011) e novas técnicas de aplicação de materiais restauradores, como a técnica incremental (horizontal e oblíqua). Estas técnicas ajudam a distribuir e reduzir as tensões residuais, melhorando o adaptamento marginal entre dente e o material restaurador (Gupta et al., 2017).

Segundo Crim, a aplicação incremental da resina composta pode minimizar os efeitos da contração de polimerização e melhorar a adaptação marginal, reduzindo assim o risco de microinfiltração (Crim, 1991).

Dentro desse contexto, as técnicas de aplicação dos compósitos em restaurações diretas desempenham um papel determinante na qualidade final do tratamento restaurador. A escolha adequada da técnica de inserção, ajustada ao tipo de cavidade e ao material restaurador, contribui para a redução dos efeitos adversos da contração de polimerização, melhora o ajuste marginal e ajuda a prevenir a microinfiltração. Neste contexto,

evidências científicas mostram que tanto a polimerização eficaz como o método de inserção influenciam diretamente o desempenho clínico das restaurações de resina composta (Sengupta et al., 2023).

Al-Zahawi et al. (2015) demonstraram num estudo que todas as técnicas incrementais apresentaram menor quantidade de microinfiltração em comparação com a técnica bulk, sendo que a técnica horizontal incremental teve os melhores resultados (Al-Zahawi et al., 2015). Esses achados foram reforçados por Somani et al., que destacam que a técnica incremental favorece uma melhor adaptação marginal ao reduzir o stress de contração gerado pela polimerização (Somani et al., 2020).

Adicionalmente, Bagis et al. (2009) demonstraram que o método de inserção em camadas pode impactar diretamente a microinfiltração em cavidades amplas, como as de Classe II MOD.

De acordo com o artigo de Bagis et al. (2009), o uso de resinas compostas à base de silorano em associação com técnicas de inserção incremental, como a técnica incremental oblíqua e incremental vertical apresentou ausência de microinfiltração em cavidades de Classe V, evidenciando a relevância da técnica de inserção na adaptação marginal.

Entre as abordagens incrementais, destaca-se a técnica incremental horizontal, na qual o compósito é aplicado em camadas sucessivas de até 2 mm de espessura, respeitando a profundidade do preparo cavitário. Apesar de, em alguns estudos, apresentar maior incorporação de bolhas quando comparada à técnica incremental oblíqua o que pode comprometer suas propriedades biomecânicas, a técnica incremental horizontal é indicada, segundo Santos et al., em cavidades mais rasas, em que o controle da adaptação marginal e da estética é favorecido (Santos et al., 2018)

Por outro lado, a técnica incremental oblíqua é amplamente utilizada em restaurações de Classe I e II por sua eficácia na melhoria da adaptação marginal e na atenuação do stress de polimerização. Nessa abordagem, o compósito é inserido em camadas inclinadas com espessura máxima de 2 mm, o que favorece uma melhor dissipação das tensões geradas durante a contração da resina, além de contribuir para a redução da microinfiltração e o aumento da longevidade restauradora (Crim, 1991; Ferracane, 2011; Gupta et al., 2017; Somani et al., 2020).

Uma das principais vantagens da técnica incremental oblíqua, é diminuir o fator de configuração cavitária ou fator C. Este fator que representa a relação entre as superfícies

aderidas e não aderidas da restauração, é um parâmetro essencial para avaliar o comportamento das resinas compostas durante a polimerização (Fares et al., 2015).

Um fator C elevado, decorrente de um maior número de superfícies com compósito aderido, intensifica a tensão de contração na interface adesiva, podendo comprometer a adesão por causa das forças geradas durante a polimerização (Somani et al., 2020).

Por outro lado, cavidades com menor fator C, ou seja, com compósito aderido a menos superfícies, tendem a apresentar menor stress de contração, favorecendo a integridade marginal da restauração (Kumar & Jayalakshmi, 2016).

Mais recentemente, surgiu a técnica bulk, que é uma abordagem inovadora que possibilita a aplicação do compósito em uma única camada espessa (até 4-5 mm), devido às fórmulas específicas dos materiais. Esses compósitos têm uma menor contração durante a polimerização e são particularmente recomendados para restaurações posteriores, oferecendo maior eficiência clínica ao reduzir o tempo de tratamento. No entanto, foi confirmado por vários estudos que essa técnica tem maior microinfiltração, atribuídos ao maior volume de resina e à menor eficácia da polimerização nas camadas mais profundas (Somani et al., 2020).

O aumento da viscosidade das resinas compostas pode trazer maior rigidez e resistência mecânica, contudo, pode torná-las mais suscetíveis a erros clínicos caso a contração de polimerização não seja adequadamente controlada (Davidson & Feilzer, 1997; Ferracane, 2011).

Torna-se indispensável investigar como as diferentes técnicas de aplicação do compósito influenciam a microinfiltração. Assim, o objetivo deste estudo *in vitro* é avaliar quantitativamente a profundidade de infiltração marginal na parede gengival e axial, de restaurações classe II com resina composta nano-híbrida aplicada com técnica incremental oblíqua, incremental horizontal ou em bloco e analisar a influência da técnica utilizada na microinfiltração para determinar se as diferentes técnicas podem impactar no desempenho clínico da restauração.

Hipótese de Investigação: A técnica de aplicação da resina composta influencia significativamente a microinfiltração em restaurações de Classe II?

A hipótese nula será de que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as três técnicas de colocação do compósito.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A autorização da realização deste estudo foi obtida pela Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa (Anexo A), com aprovação do Q166 depois da prévia aprovação do Q52 (Anexo D).

Para fundamentar este estudo, foi feita uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados de *PubMed/Medline*, *Science Direct* e *Google Scholar*, com base nas palavras-chave: “Restaurações classe II”; “Resina composta”; “Microinfiltração”; “Técnica em bloco”; “Técnica incremental horizontal”; “Técnica incremental oblíqua”. Foram utilizados os operadores booleanos AND e OR, fazendo diferentes combinações com as palavras chave. Foram incluídos artigos publicados entre (2000 – 2025), maioritariamente em língua inglesa, contendo informação relevante sobre os materiais e técnicas restauradoras estudadas. Poderão ter sido acrescentadas algumas referências bibliográficas de anos anteriores ao período temporal escolhido, pela sua relevância científica para o enquadramento e compreensão desta temática. Assim, foram selecionados 52 artigos.

Este estudo foi baseado no estudo de Somani et al. (2020), que analisou a microinfiltração em diversas técnicas de colocação de compósito e no estudo de Gupta et al. (2017), que avaliou a microinfiltração associada a três diferentes técnicas de colocação do compósito em molares.

A amostra foi escolhida dependendo da análise de potência estatística que é um método usado para determinar o tamanho adequado da amostra num estudo estatístico. Com o objetivo de garantir que o teste tenha uma alta probabilidade de detetar um efeito real, caso ele exista.

Foi escolhida uma Potência do teste ($1 - \beta$): 80. Que é a probabilidade de detetar corretamente um efeito real, onde normalmente se podem utilizar valores como 80% - 90% - 95%.

Através dos cálculos, foi determinado que o número mínimo de dentes seria 11, número encontrado com bases nos resultados estatísticos de Somani et al. (2020) e Gupta et al. (2017). No entanto, para aumentar a relevância dos resultados e permitir uma melhor avaliação da variabilidade, optou-se por utilizar 15 dentes cada um dos três grupos experimentais.

No controlo positivo e no controlo negativo foram utilizados 6 dentes como referência.

Os dentes foram seleccionados, de acordo com os critérios de inclusão, estabelecidos para este trabalho:

- 1) Dentes posteriores permanentes íntegros
- 2) Dentes sem cáries oclusais ou radiculares e sem restaurações
- 3) Dentes sem fraturas verticais e/ou horizontais
- 4) Dentes bem hidratados e devidamente armazenados
- 5) Dentes com ausência de desgaste excessivo da coroa, incluindo a junção cimento-esmalte

Sucessivamente foram aplicados os seguintes critérios de exclusão:

- 1) Dentes anteriores
- 2) Dentes com superfícies oclusais destruídas
- 3) Dentes com cáries ou restaurações
- 4) Dentes com fraturas coronárias ou radiculares
- 5) Dentes desidratados
- 6) Dentes que impossibilitem o estudo.

Os 57 dentes ($X=57$), Molares e Pré-molares humanos utilizados neste estudo foram extraídos e recolhidos em diversas clínicas dentárias situadas em Itália por motivo cirúrgico, periodontal, de emergência ou protético (cf Figura 1). Após a exodontia, foram armazenados em água destilada a 4°C, tendo sido substituída semanalmente e depois desinfetados em solução de cloramina t-tri-hidratada durante 7 dias e sucessivamente colocados em água destilada, grau 3, por 24h prévias aos procedimentos técnicos.

Figura 1

Imagem ilustrativa das amostras utilizadas nesse estudo



Todos os procedimentos foram realizados por um único operador, previamente treinado e calibrado em ambiente laboratorial. A calibração do operador foi obtida sobre supervisão da orientadora, docente da área de dentística da Universidade Fernando Pessoa garantindo a padronização das técnicas operatórias e a reprodutibilidade dos resultados. O treino do operador incluiu a realização de restaurações em dentes extraídos sob condições controladas, assegurando consistência nos procedimentos antes do início da fase experimental. Tudo isso feito até atingir um índice de concordância intra operador superior a 95%.

Foram preparadas duas cavidades classe II (mesial e distal) em cada dente e restauradas com resina 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative. Foram realizadas 114 restaurações, 90 no Estudo 1 divididas aleatoriamente por ter 3 grupos (n=30): Grupo I (Técnica em Bloco); Grupo II (Técnica Incremental Horizontal); Grupo III (Técnica Incremental Oblíqua) e 24 no Estudo 2/3, dividida em Controlo positivo (n=12) e no

controle negativo (n=12)

A distribuição das amostras entre os três grupos experimentais (Técnica em Bloco Técnica incremental horizontal e incremental oblíqua e) foi realizada de forma aleatória, utilizando-se o software Microsoft® Excel, por meio da função “RAND”, para gerar uma sequência numérica aleatória. Os números atribuídos aos dentes foram organizados em ordem crescente e, a partir dessa ordenação, os espécimes foram alocados sequencialmente nos grupos, minimizando possíveis interferências ou vieses na seleção dos grupos.

2.1. Desinfecção dos dentes

Os dentes foram inicialmente limpos, desbridados e destartarizados. Posteriormente foram colocados em água destilada a 4°C, substituída semanalmente, para garantir a hidratação dos mesmos e impedir qualquer possível fratura durante o ato clínico. Os dentes foram desinfetados em solução de cloramina t-tri-hidratada 0,5% durante 7 dias finalmente, os dentes foram colocados em água destilada, grau 3, por 24h prévias aos procedimentos técnicos.

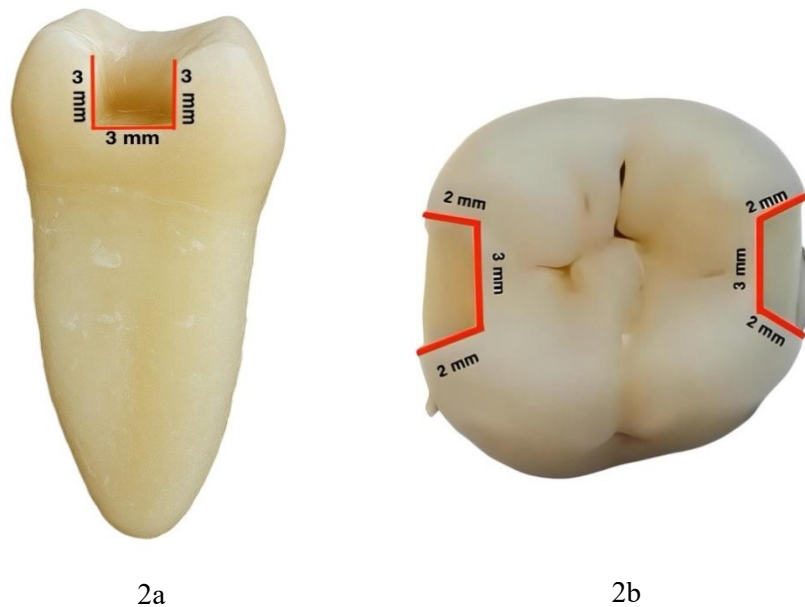
2.2. Preparo de cavidade classe II

Foram preparadas duas cavidades de classe II OM e OD com: 2 mm de largura no sentido mesio-distal, 3 mm de largura no sentido vestibulo-lingual e com 3 mm de profundidade (cf. Figura 2). As cavidades foram realizadas de forma simétrica e alinhadas, com brocas diamantadas cilíndricas 012 da Komet® (Ref 836314012) em turbina com alta rotação com refrigeração de tripla saída.

As brocas foram substituídas a cada 5 preparações.

Figura 2

Imagem ilustrativa das cavidades a ser preparadas, num molar inferior (2a) Vista mesial/distal; (2b) Vista oclusal



2.3. Restaurações

2.3.1 Aplicação Sistema adesivo

Foi utilizado um sistema adesivo universal com a técnica *total-etch*. Assim, aplicou-se o ácido ortofosfórico (H_3PO_4) a 37% (*Dentaflux*®), durante 30 segundos no esmalte e 15 segundos na dentina e posteriormente o dente foi lavado abundantemente por 60 seg e seco sem desidratar. Foi aplicado o sistema adesivo (3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhesive) com microbrush, aplicado um leve jato de ar, esperado 10 segundos e fotopolimerizado 20 seg.

2.3.2 Aplicação da Resina composta

Em todos os dentes, foi utilizada uma resina composta nanohíbrida, 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative, Body cor A2.

A resina 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative foi aplicada de acordo com os seguintes grupos (cf. Figura 3):

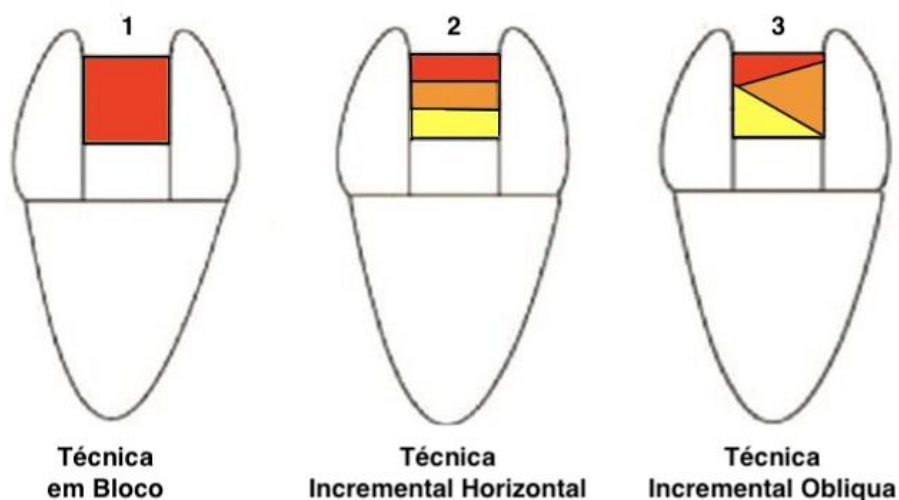
Grupo 1. Técnica em Bloco: Colocou-se uma única camada de resina composta que foi fotopolimerizada 40 seg.

Grupo 2. Técnica Incremental Horizontal: Colocou-se uma primeira camada de resina horizontalmente com 1,5mm de espessura que foi fotopolimerizada 20 seg e posteriormente foi colocada outra camada de resina com 1,5mm de espessura e fotopolimerizou-se 40 seg.

Grupo 3. Técnica Incremental Oblíqua: Foi colocada uma primeira camada de resina de forma oblíqua com cerca de 1,5 mm de espessura em contacto com a parede axial e a parede vestibular, evitando deliberadamente a parede lingual e fotopolimerizou-se 20 seg. Posteriormente colocou-se outra camada de forma oblíqua com cerca de 1,5mm de espessura sobre a parede lingual que foi também fotopolimerizada 20 seg e por fim foi colocada a última camada até ao preenchimento total da cavidade que por sua vez foi fotopolimerizada 40 segundos.

Figura 3

Imagem ilustrativa das diferentes técnicas a utilizar



2.3.3. Fotopolimerização

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

2.3.4. Acabamento

O acabamento foi efetuado utilizando uma broca diamantada de grão fino, tamanho 010 (Edenta®, REF: 806 314 199 514).

2.3.5. Polimento

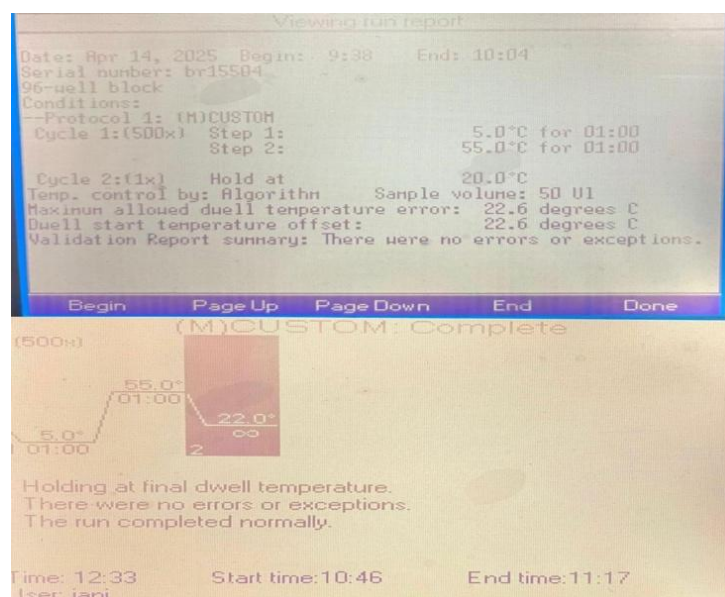
O polimento foi efetuado com discos de polimento Sof-Lex™ (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) e com taças de borracha Enhance® Finishing and Polishing Points and Discs (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Alemanha).

2.4. Termociclagem

Os dentes foram colocados em tubos Eppendorf® com água destilada grau 3. Posteriormente foi realizado o processo de termociclagem - 500 ciclos (cf. Figura 4), com duração de 60 segundos cada, com variações de temperatura de 5°C-55°C num termociclador iCycler® Thermal Cycler da marca Bio-Rad® (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, EUA).

Figura 4

Imagem do termociclagem realizado



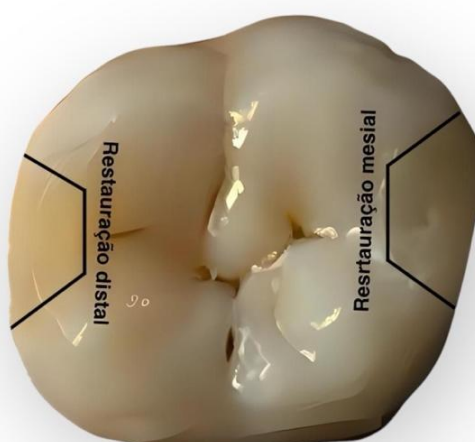
2.5. Aplicação do verniz

Aplicação de duas camadas de verniz em toda a superfície dos dentes, exceto na área das restaurações e num perímetro de 1mm adjacente às suas margens (cf Figura 5).

- Grupo de controle negativo: Todo o dente foi coberto com verniz (6 dentes)
- Grupo de controle positivo: O dente não foi impermeabilizado com verniz (6 dentes)

Figura 5

Imagem do dente restaurado e com a aplicação de verniz



2.6. Imersão em corante

Os dentes foram imergidos em corante Azul de Metileno a 2% por um período de 4h e posteriormente lavados em água destilada

2.7. Inclusão em resina

Os dentes foram incluídos em resina transparente EpoFix® Kit (cf Figura 6) da marca Struers® (Struers ApS, Ballerup, Dinamarca), de acordo com as instruções do fabricante, para um melhor e eficaz corte do dente e para impedir a destruição do mesmo durante o corte vertical.

Figura 6

*Imagem do dente incluído na resina e a resina utilizada. (6a) Dente incluído na resina
(6b) Resina utilizada*



6a



6b

2.8. Secção vertical

Os dentes foram seccionados verticalmente, no centro do dente, com orientação mesio-distal, com um disco diamantado da marca Edenta®, (Ref 806.104.353.514.220), com rpm max. de 15'000 (cf. Figura 7), montado num micromotor de bancada NSK® Volvere i7 (NSK®, Nakanishi Inc, Japão).

Figura 7

Imagem do disco utilizado pelo corte



2.9. Análise da penetração do corante

A análise da eventual penetração do corante foi efetuada imediatamente após o corte dos dentes e as observações das superfícies das amostras foram realizadas com o auxílio de uma lupa estéreo binocular modelo SMZ-143 da marca Motic® (Motic Europe, S.L.U., Barcelona, Espanha), com ampliação de 10x até 40x (cf Figura 8). Todos os dados foram agrupados, fotografados e gravados.

Figura 8

Imagem da lupa utilizada na análise da penetração do corante (8a) Lupa utilizada; (8b) Amostras dos dentes



A análise da penetração do corante foi realizada por um único avaliador previamente calibrado. A calibração foi efetuada com base na análise de imagens de dentes restaurados com padrões previamente estabelecidos de infiltração. O avaliador atingiu um índice de concordância intraoperador de 92%, comprovando a consistência da análise. Para a medição da infiltração marginal, utilizou-se o método SCORE, com quatro níveis (cf. Figura 9):

0: ausência de infiltração

1: infiltração no 1/3 da parede cavitária

2: infiltração nos 2/3 da parede cavitária

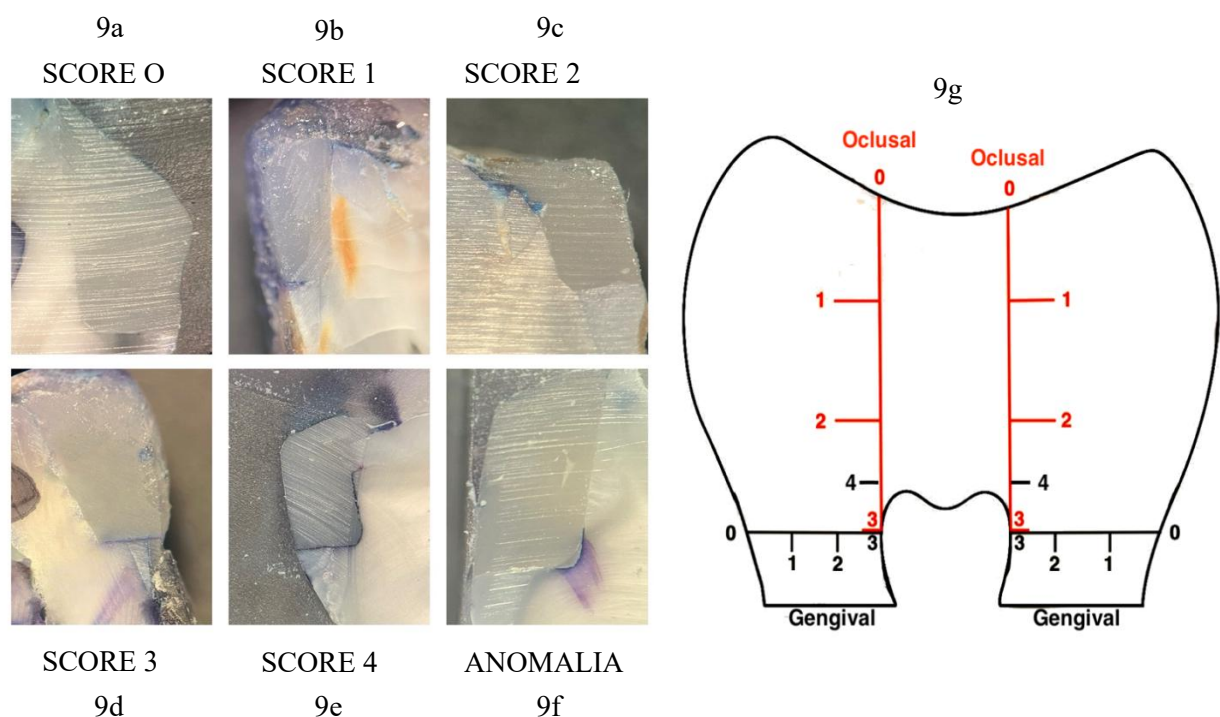
3: infiltração nos 3/3 da parede cavitária

4: infiltração a ultrapassar o ângulo gengivo-axial

Anomalia: As anomalias foram consideradas como Score 0 devido ao facto de não pertencerem a nenhum parâmetro de infiltração classificado.

Figura 9

Imagem representativa dos diferentes SCOREs: (9a) Score 0; (9b) Score 1; (9c) Score 2; (9d) Score 3; (9e) Score 4; (9f) Anomalia; (9g) Representação gráfica dos SCOREs.



2.10. Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo mesmo operador. Os grupos foram ocultados para não ter nenhuma interferência na interpretação dos dados. Os dados foram interpretados com o programa IBM Corp. Released 2023. IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 30.0.0.0 Armonk, NY: IBM Corp a fim de se tentar inferir qual a eficácia das técnicas utilizadas e se alguma técnica proporciona menor micro-infiltração.

Estudo 1 = 90 Restaurações (30 cada técnica)

Estudo 2 e 3 = 24 restaurações (12 Controlo positivo e 12 Controlo negativo)

Neste estudo, foram utilizados testes estatísticos não paramétricos para a análise comparativa dos níveis de microinfiltração marginal em diferentes condições experimentais. O teste de Kruskal-Wallis foi aplicado para comparar a microinfiltração na parede gengival e axial entre os três grupos experimentais submetidos a diferentes técnicas de inserção do compósito: técnica incremental horizontal, técnica incremental oblíqua e técnica em bloco, correspondendo ao Estudo 1. Para esta comparação, adotou-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Paralelamente, com o objetivo de avaliar o comportamento dos grupos controlo, foi utilizado o teste de Mann-Whitney U para comparar a microinfiltração entre o grupo de controlo positivo e o grupo de controlo negativo (Estudos 2 e 3). Esta análise permitiu verificar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre restaurações sem aplicação de verniz e restaurações com aplicação de verniz, respetivamente.

A análise estatística foi conduzida pelo mesmo operador responsável pelos procedimentos laboratoriais, o que pode constituir uma limitação do estudo devido ao risco potencial de viés. No entanto, foram estabelecidos critérios rigorosos de padronização metodológica e protocolos operatórios uniformizados, de modo a minimizar as possíveis influências subjetivas sobre os resultados e aumentar a validade interna do estudo.

Foram analisados um total de 45 dentes humanos, com a execução de 90 restaurações no Estudo 1 (30 restaurações por técnica) e 24 restaurações distribuídas igualmente entre o grupo de controlo positivo e o grupo de controlo negativo (Estudos 2 e 3). Os resultados obtidos foram apresentados em forma de tabelas comparativas contendo valores de mediana, percentis (25% e 75%), mínimos, máximos e resultados inferenciais dos testes estatísticos aplicados, permitindo uma análise descritiva e inferencial alinhada com os objetivos propostos no estudo.

3. RESULTADOS

A tabela 1 resume os valores estatísticos descritivos da microinfiltração gengival e axial obtidos nos diferentes grupos do estudo, e os resultados dos testes estatísticos inferenciais aplicados para comparação entre as técnicas e grupos.

A tabela apresentada no Anexo E resume os valores estatísticos descritivos e a distribuição de frequências dos scores de microinfiltração gengival e axial obtidos nos diferentes grupos experimentais deste estudo, e os resultados dos testes estatísticos inferenciais utilizados.

3.1. Estudo 1 - Comparação entre técnicas restauradoras

No Estudo 1, que incluiu 90 restaurações realizadas em 45 dentes humanos, foram avaliadas três técnicas distintas de inserção de compósito: incremental horizontal, incremental oblíqua e técnica em bloco. Os resultados descritivos, (cf. Tabela 1) mostraram que:

A mediana da microinfiltração gengival foi mais elevada na técnica horizontal (1,5), enquanto nas técnicas oblíqua e em bloco foi de 0,0, sugerindo menor infiltração média nestes dois grupos com valor de $p=0.236$.

A microinfiltração axial apresentou mediana de 0,0 em todos os grupos, indicando ausência de infiltração em pelo menos 50% das restaurações com valor de $p=0.236$.

Conforme indicado no Anexo E, em relação a infiltração gengival observa-se que:

- Na técnica em bloco: 43,3% das restaurações apresentaram **score 0**, 6,7 % das restaurações apresentaram **score 1**, 6,7 % das restaurações apresentaram **score 2**, 16,7% das restaurações apresentaram **score 3** e 26,7% apresentaram **score 4**.
- Na técnica incremental horizontal: 66,7% das restaurações apresentaram **score 0**, 0% das restaurações apresentaram **score 1**, 3,3 % das restaurações apresentaram **score 2**, 13,3% das restaurações apresentaram **score 3** e 16,7% apresentaram **score 4**.
- Para a técnica incremental oblíqua: 63,3% das restaurações apresentaram **score 0**, 3,3% das restaurações apresentaram **score 1**, 0% das restaurações apresentaram **score 2**, 13,3%

das restaurações apresentaram **score 3** e 20% das restaurações apresentaram **score 4**.

Conforme indicado no Anexo E, em relação à infiltração axial observa-se que:

- A técnica em bloco apresentou os seguintes resultados: 76,7% das restaurações obtiveram **score 0**, 13,3% das restaurações obtiveram **score 1**, 3,3% das restaurações obtiveram **score 2**, 6,7% das restaurações obtiveram **score 3** e 0% das restaurações obtiveram **score 4**.

- A técnica incremental horizontal apresentou os seguintes resultados: 73,3% das restaurações apresentaram **score 0**, 6,7% das restaurações apresentaram **score 1**, 3,3% das restaurações apresentaram **score 2**, 16,7% das restaurações apresentaram **score 3** e 0% das restaurações apresentaram **score 4**.

-A técnica incremental oblíqua mostrou: 73,3% das restaurações obtiveram **score 0**, 20% das restaurações obtiveram **score 1**, 0% das obtiveram **score 2**, 3,3% das restaurações obtiveram **score 3** e 3,3% das restaurações obtiveram **score 4**.

Apesar dessas variações, a análise estatística pelo teste de Kruskal-Wallis, apropriado para comparação de três ou mais grupos com dados ordinais e não paramétricos, revelou que as diferenças entre os grupos não foram estatisticamente significativas, com valores de p superiores a 0,05 ($p = 0,236$ para ambas as variáveis).

Assim, a hipótese nula foi aceite, indicando que as diferentes técnicas não influenciaram significativamente a infiltração marginal.

3.2. Estudos 2 e 3 - Grupos de controlo

Nos Estudos 2 e 3, foram analisados dois grupos de controlo: o controlo positivo (sem aplicação de verniz) e o controlo negativo (com aplicação de verniz), com um total de 24 restaurações (12 por grupo). Aplicou-se o teste de Mann-Whitney U, indicado para comparação entre dois grupos independentes com dados não paramétricos.

A mediana da microinfiltração gengival foi 0,0 em ambos os grupos, refletindo ausência de infiltração em pelo menos metade das amostras.

A mediana da microinfiltração axial foi superior no grupo controlo positivo em comparação ao controlo negativo, sugerindo maior infiltração nas restaurações não protegidas por verniz.

Contudo, os testes estatísticos mostraram valores de $p = 0,149$ (gengival) e $p = 0,242$ (axial), ou seja, sem significância estatística. Assim, também aqui a hipótese nula foi aceite, indicando que a aplicação ou não de verniz não teve efeito significativo na microinfiltração observada.

Tabela 1

Tabela da análise estatística inferencial

Grupo / Técnica	Microinfiltração Gengival			Microinfiltração Axial			Teste Estatístico
	Mediana	Q1	Q3	Mediana	Q1	Q3	
Estudo 1 - Técnica Horizontal	1.5	0.0	4.0	0.0	0.0	0.25	Kruskal-Wallis H $p = 0.236$
Estudo 1 - Técnica Oblíqua	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	1.0	Kruskal-Wallis H $p = 0.236$
Estudo 1 - Técnica Bloco	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	1.0	Kruskal-Wallis H $p = 0.236$
Estudo 2 - Controle Positivo	0.0	0.0	0.0	4.0	1.5	4.0	Mann-Whitney U $p = 0.149$ Gingival $p = 0.242$ Axial
Estudo 3 - Controle Negativo	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	4.0	Mann-Whitney U $p = 0.149$ Gingival $p = 0.242$ Axial
Q1 = Primeiro Quartil Q3 = Terceito Quartil							

4. DISCUSSÃO

A microinfiltração marginal em restaurações com resina composta continua a ser um dos maiores desafios da medicina dentária restauradora contemporânea. Apesar das evoluções significativas nos materiais dentários, especialmente com o aparecimento dos compósitos nano-híbridos e sistemas adesivos universais, a contração de polimerização e as tensões geradas na interface dente-restauração ainda comprometem a integridade marginal e estrutural das restaurações (Braga et al., 2005; Ferracane, 2011; Silva et al., 2017).

Com o presente estudo, ao comparar três técnicas de inserção (incremental horizontal, incremental oblíqua e em bloco, procura-se avaliar quantitativamente a profundidade de infiltração marginal de restaurações classe II com resina composta nano-híbrida aplicada com estas técnicas e também analisar a influência da técnica utilizada para aplicação do material restaurador, na microinfiltração, para determinar se as diferentes técnicas podem impactar no desempenho clínico da restauração, com suporte na literatura científica existente.

4.1. Protocolo utilizado

Este estudo foi baseado no estudo de Somani et al. (2020), que analisou a microinfiltração em diversas técnicas de colocação de compósito e foi utilizado também o estudo de Gupta et al. (2017), que avaliou a microinfiltração associada a três diferentes técnicas de colocação do compósito em molares.

4.2. Escola da amostra (método, dentes e referências)

De acordo com Somani et al. (2020) e Gupta et al. (2017), a análise de poder estatístico indicou que o número mínimo necessário para garantir resultados significativos era de 11 dentes por grupo. No entanto, ao aumentar o número para 15, aumenta-se a robustez estatística, reduzindo a probabilidade de não detetar um efeito real. Esta abordagem é apoiada também por Bicalho et al. (2013), que fala sobre a importância de um número maior de amostras para evitar variações estatisticamente insignificantes devido à variabilidade biológica intrínseca.

Tendo uma variabilidade natural entre amostras biológicas exige um número suficiente

de amostras para representar com precisão as diferenças entre os grupos. Conforme evidenciado por Mahrous et al. (2015), um número maior de dentes nos grupos experimentais permite uma avaliação mais fiável do efeito das diferentes técnicas restauradoras.

Os grupos de controlo são concebidos para garantir que o teste funcione corretamente e que os resultados experimentais sejam interpretáveis. Como indicado por Al-Harbi e Farsi (2007), nos grupos de controlo não é necessário um número elevado de amostras, pois o seu comportamento é conhecido e previsível, servindo exclusivamente como referência para comparação. Foram escolhidos só 6 dentes para cada grupo porque servem apenas para confirmar que o teste funciona corretamente e não é necessário um número grande de amostras nestes grupos, pois o seu comportamento já é conhecido e previsível. Os grupos de controlo têm apenas o objetivo de estabelecer uma referência, pelo que um número reduzido de amostras é suficiente para demonstrar a diferença em relação ao grupo experimental

Como relatado também por Relhan et al. (2015), os grupos de controlo devem apenas confirmar a validade do método, não testar hipóteses específicas. Como o comportamento destes grupos é estável e bem documentado, um número reduzido é suficiente para demonstrar que o teste foi realizado corretamente.

4.3. Desinfecção dos dentes

Os dentes foram limpos, desbridados, destartarizados e polidos com o objetivo de remover qualquer resíduo ou tecido orgânico na superfície dentária, garantindo assim que não haja nenhum contato entre o operador e eventuais materiais biológicos potencialmente contaminantes presentes nos dentes. Esta prática é essencial, e obrigatória para assegurar um ambiente de seguro e higienizado, conforme for recomendado por Guimarães et al. (2018), onde esta salientada a importância de protocolos rigorosos para evitar contaminações cruzada entre amostras e operador.

Os dentes foram posteriormente recolhidos e colocados em água destilada a 4°C, trocada semanalmente, com o objetivo de manter as amostras hidratadas e impedir possíveis fraturas durante os procedimentos clínicos devido à sua desidratação. Este armazenamento em ambiente húmido é fundamental, para não comprometer a integridade estrutural durante o preparo ou durante a restauração (Somani et al., 2020).

Os dentes foram depois desinfetados com uma solução de cloramina T-trihidratada a 0,5% durante 7 dias. A escolha do desinfetante deve-se à sua comprovada eficácia antimicrobiana, eficácia também contra fungos, bactérias algumas espores e vírus, conforme descrito por Folwaczny et al. (2001), que recomendam a cloramina T como um agente seguro e eficiente para a descontaminação de amostras biológicas. A utilização da cloramina é aconselhada, porque oferece uma ampla cobertura antimicrobiana e reduz significativamente o risco de infecção cruzada.

Por fim, após o processo de desinfecção, os dentes foram armazenados em água destilada de grau 3 por 24 horas antes dos procedimentos laboratoriais. Este último passo visa eliminar qualquer resíduo químico do agente desinfetante e manter a integridade das amostras.

Essa sequência de procedimentos garante tanto a segurança do operador quanto a preservação das características físicas dos dentes, mantendo-os adequados para as análises experimentais e reduzindo o risco de variabilidade nos resultados devido a fatores externos (Silva et al., 2017)

4.4. Preparo da cavidade

Considerando as evidências científicas, optou-se por utilizar cavidades de classe II no presente estudo devido à sua relevância clínica, uma vez que representam um cenário mais desafiador para avaliar a eficácia das técnicas restauradoras quanto à infiltração marginal. Estudos como os de Somani et al. (2020) confirmam que a análise de microinfiltração é mais crítica em cavidades classe II, sendo essencial testar diferentes técnicas para verificar qual proporciona melhor selamento marginal.

A realização das cavidades foi padronizada e as medidas foram respeitadas mediante a utilização de uma sonda periodontal milimetrada. Segundo Al-Zahawi et al. (2015), a padronização das dimensões cavitárias é essencial para garantir a reprodutibilidade dos resultados e evitar variações durante a comparação entre diferentes técnicas restauradoras. Utilizar brocas específicas, como as diamantadas, em alta rotação com refrigeração é recomendado para obter margens cavitárias mais precisas e evitar danos térmicos e queimaduras dos tecidos dentários.

A substituição das brocas após cada cinco preparos é essencial para manter a eficiência de corte e evitar o desgaste progressivo, que pode levar a cavidades assimétricas e

margens irregulares. Esta prática é confirmada por Carrilho et al. (2014), que apontam que a troca periódica das brocas garante cavidades padronizadas e reduz o risco de microfissuras induzidas por instrumentos desgastados.

4.5. Restauração

Apesar de os sistemas adesivos universais conterem monómeros acídicos na sua formulação, a sua baixa acidez muitas vezes não é suficiente para criar micro porosidades ideais no esmalte de forma a garantir uma adesão eficaz. Por isso, o condicionamento seletivo do esmalte com ácido ortofosfórico é recomendado para melhorar adesão e o selamento marginal, garantindo assim melhores resultados clínicos (Golesorkhtabar et al., 2022; Severo & Reis, 2022; ElSheikh et al., 2024).

O ácido ortofosfórico (H_3PO_4) é amplamente utilizado na medicina dentária como agente condicionador do dente. O ácido ortofosfórico é um ácido forte que, quando aplicado no esmalte dentário, promove a remoção da camada aprismática e aumenta a porosidade da superfície, criando microporos que melhoram a retenção mecânica do sistema adesivo (Cieplik et al., 2017).

Na dentina, o ácido ortofosfórico remove parcialmente a camada de smear layer e desmineraliza a matriz colágena, expondo a rede de fibrilas de colágeno, assim de facilitar a penetração do adesivo e aumentando a força da adesão (Mahrous et al., 2015).

Neste estudo, foi aplicado o ácido ortofosfórico a 37% (Dentaflux®) por 30 segundos no esmalte e 15 segundos na dentina, seguindo um protocolo dividido (15 segundos no esmalte e depois mais 15 segundos na dentina)

Gowda et al. (2015) também indicam que o protocolo dividido, com aplicação primeiro no esmalte e depois na dentina, evita a exposição prolongada da dentina ao ácido, prevenindo danos à matriz colágena e garantindo uma adesão mais estável tudo isso com o objetivo de não adicionar mais variáveis para ter um estudo que seja o mais rigoroso possível.

Após o condicionamento, foi executada uma lavagem abundante por 60 segundos é essencial para remover completamente o ácido residual, evitando contaminações que possam interferir na adesão (Santos et al., 2018). A secagem deve ser realizada cuidadosamente, sem desidratar a dentina, para manter a matriz colágena hidratada e

garantir a penetração adequada do adesivo.

O sistema adesivo 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhesive foi aplicado com microbrush, seguido de um leve jato de ar e fotopolimerizado por 20 segundos.

Assim Silva et al. (2017) afirmam que a aplicação com microbrush garante uma distribuição homogênea do adesivo sobre a superfície condicionada, enquanto o leve jato de ar remove o solvente residual, evitando bolhas e falhas de adesão.

4.6. Fotopolimerização

Foi executada uma fotopolimerização com um aparelho de luz UV da marca 3TECH® com intensidade luminosa de $5W > 1100 \text{ mW/cm}^2$ com comprimento de onda de 430-485 (monitorizada com um radiômetro em cada 10 ações de fotopolimerização), segundo a técnica convencional contínua de polimerização

Nesse sentido também, os autores Golesorkhtabar et al. (2022) utilizaram uma técnica de fotopolimerização contínua com lâmpada UV, garantindo uma intensidade constante monitorizada através de um radiômetro. Este procedimento permitiu manter um controle preciso da energia emitida durante o processo de polimerização, reduzindo assim possíveis variações na adesão do compósito (Golesorkhtabar et al., 2022).

Assim sendo, Donly et al. (1990) indicam a importância de uma técnica de polimerização adequada que seja incremental para minimizar a contração e melhorar assim qualidade da selamento marginal, especialmente em restaurações de classe II.

Segundo Al-Harbi e Farsi (2007), a polimerização é uma etapa fundamental nas restaurações com resina composta, durante esse processo ocorre uma contração volumétrica, que causa microinfiltrações marginais e compromete a integridade da restauração.

Relhan et al. (2015) destacam também que o uso de técnicas como a polimerização progressiva e o uso de dispositivos LED em modo pulsionado podem diminuir o stress de contração, aumentando a adaptação marginal e reduzindo as infiltrações marginais.

Para concluir Jawaed et al. (2016) recomendam a fotopolimerização por 20 segundos para garantir a polimerização adequada do adesivo, promovendo uma interface adesiva estável e com boa retenção.

4.7. Acabamento e polimento

O acabamento e o polimento são passos cruciais para garantir a estética e uma durabilidade da restauração. A resina 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative destaca-se pela sua capacidade superior de polimento, graças às nanopartículas que garantem uma superfície lisa e brilhante e sem imperfeições, com o objetivo de reduzir o acúmulo de placa e promovendo uma melhor saúde periodontal (Severo & Reis, 2022).

Estudos clínicos também indicam que a manutenção do brilho e a integridade da superfície ao longo do tempo está diretamente associada ao tipo de partícula presente na resina composta, sendo as nanopartículas fundamentais para alcançar esses resultados de forma concreta (Toz-Akalin et al., 2024).

Outro ponto relevante é o uso de sistemas de polimento específicos, como os discos Sof-Lex™ da (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), que permitem obter uma superfície uniforme e com um excelente reflexo de luz, promovendo assim uma melhor estética e textura com os tecidos dentais adjacentes (Moazzami et al., 2013).

Por fim, pesquisas apontam que um polimento adequado reduz a adesão bacteriana e a acumulação de biofilme sobre a restauração, impedindo inflamações gengivais e garantindo a longevidade da restauração (Dhanashri et al., 2016).

4.8. Termociclagem

Neste estudo foi aplicado com um processo de termociclagem com 500 ciclos, com duração de 60 segundos cada um, e com variações de temperatura de 5°C- 55°C. Este processo é utilizado em estudos *in vitro* em medicina dentária para simular as condições térmicas da cavidade oral, avaliando a durabilidade das restaurações dentárias através de ciclos com temperaturas extremas. Este processo implica uma imersão alternada das amostras em banhos de água quente e fria por um número variado de ciclos, com o objetivo de reproduzir as flutuações térmicas que ocorrem durante a mastigação ou a ingestão de alimentos ou bebidas quentes ou frias.

Gowda et al. (2015), Somani et al. (2020) e Sooraparaju et al. (2014) utilizaram protocolos de termociclagem muito semelhantes. Em todos os três casos, as amostras foram submetidas a 500 ciclos de exposição alternada entre 5°C e 55°C, com uma duração de imersão variável de 60 segundos por ciclo no caso de Gowda et al. (2015), e de 30

segundos por ciclo para Somani et al. (2020) e Sooraparaju et al. (2014).

No entanto Bagis et al. (2009) realizaram um protocolo de termociclagem diferente baseado em 1000 ciclos, mas com temperaturas similares aos outros sempre com intervalos entre 5°C e 55°C, com um tempo de imersão de 30 segundos por cada ciclo. Este protocolo foi utilizado com o mesmo objetivo de avaliar a microinfiltração em restaurações de classe II com resina composta nano-híbrida.

Ferracane (2011) sublinha assim a importância da termociclagem, o autor menciona como as variações de temperatura podem influenciar o grau de contração polimérica e, conseqüentemente, a formação de microfissuras (Ferracane, 2011).

4.9. Verniz e corante

Foram aplicadas de 2 camadas de verniz em toda a superfície dos dentes, exceto na área das restaurações com perímetro de 1mm adjacente às margens da restauração. Os dentes sucessivamente foram colocados e submergidos em corante de Azul de Metileno a 2% corante comum a muitos estudos, por um período de 4h e posteriormente lavados em água destilada. Assim vários estudos utilizaram metodologias semelhantes, Khier e Hassan (2010) por exemplo adotaram este protocolo, aplicando verniz impermeabilizante e imergindo os dentes numa solução de azul de metileno a 2% para avaliar a integridade marginal. Da mesma forma, Al-Zahawi et al. (2015) utilizaram a aplicação seletiva de verniz protetor nos dentes para avaliar a microinfiltração em restaurações classe II, confirmando a eficácia da técnica. Um procedimento semelhante foi adotado também por Relhan et al. (2015), que avaliaram a microinfiltração em restaurações posteriores, após aplicação seletiva de verniz, seguida por imersão em azul de metileno a 2% (Khier & Hassan, 2010; Al-Zahawi et al., 2015; Relhan et al., 2015).

4.10. Inclusão em resina

A inclusão dos dentes em resina é uma prática comum em estudos *in vitro* que avaliam a microinfiltração. Vários estudos têm adotado este método para garantir estabilidade e precisão durante a diferente fase experimental como por exemplos os cortes ou a visualização com o microscópio ou lupas. Neste estudo os dentes foram incluídos em resina transparente Epofix kit (Struers®) para um melhor e eficaz corte do dente e para

impedir a destruição do mesmo durante o corte vertical. Mosharrafian et al. (2017) utilizaram uma técnica em que os dentes foram estabilizados através da inclusão em resina, para avaliar a microinfiltração. Neste caso, a inclusão em resina permitiu um posicionamento preciso e estável das amostras durante as análises com a lupa e cortes, garantindo a exatidão das medições obtidas (Mosharrafian et al., 2017).

4.11. Secção vertical

Os dentes foram seccionados verticalmente, com orientação mésio-distal, utilizando um disco diamantado da marca Edenta® (ISO N° 806.104.353.514.220), com rotação máxima de 15.000 rpm. Esta abordagem garante precisão no corte e minimiza o risco de fraturas indesejadas na estrutura dentária. A técnica foi escolhida para proporcionar acesso direto à interface dente-restauração, permitindo uma avaliação mais detalhada da microinfiltração marginal (Fernandes, 2014). A técnica de seccionamento vertical também foi utilizada em outros estudos para garantir a precisão na análise da microinfiltração, especialmente em restaurações de classe II realizadas com compósitos nano-híbridos, onde o controle da interface é essencial para reduzir falhas marginais (Shah et al., 2020). A utilização de discos diamantados em alta rotação permite cortes precisos e regulares, evitando micro fraturas que possam comprometer a integridade da amostra e interferir nos resultados dos testes laboratoriais (Maciel & Nascimento, 2022). Além disso, técnicas de seccionamento precisas são fundamentais para manter a integridade da restauração durante a análise com a lupa, evitando assim o destacamento durante a detecção da microinfiltração (Folwaczny et al., 2001).

4.12. Análise penetração do corante

A análise da microinfiltração foi realizada com base na penetração de solução corante ao longo das margens da restauração, permitindo avaliar a integridade do selamento marginal. Cada amostra foi observada com a lupa e classificada segundo um sistema de escores de 0 a 4 adaptado ao meu estudo, conforme a profundidade de penetração do corante. Escores mais baixos indicam melhor selamento marginal e menor infiltração. Os dados foram expressos em frequências e percentagens para cada grupo experimental. Esta metodologia é amplamente utilizada em estudos *in vitro* por sua eficácia na simulação da infiltração clínica.

4.13. Justificação da escolha dos materiais: adesivo e compósito restaurador

De acordo com o artigo de Bagis et al. (2009), o uso de resinas compostas à base de silorano em associação com técnicas de inserção incremental, como as técnicas oblíqua e vertical, proporcionou menores índices de microinfiltração em cavidades Classe V, evidenciando a relevância da técnica de inserção no selamento marginal. Tais achados reforçam a importância não apenas do compósito escolhido, mas também do sistema adesivo utilizado, sobretudo em investigações voltadas à avaliação da integridade marginal em restaurações classe II.

Neste estudo, optou-se pelo uso do sistema adesivo 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhesive, associado ao compósito 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative, ambos provenientes da mesma empresa. Essa escolha teve como objetivo evitar a introdução de variáveis relacionadas à compatibilidade química entre adesivo e resina, assegurando maior padronização metodológica.

O adesivo 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhesive representa uma solução moderna e versátil, pois pode ser utilizado com as três estratégias adesivas *total-etch*, *self-etch* e *selective-etch* permitindo sua aplicação em diferentes contextos clínicos e experimentais. Sua eficácia foi comprovada por May et al. (2017), que relataram elevada integridade marginal após 36 meses de acompanhamento quando este adesivo foi utilizado em conjunto com a resina 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative, mesmo em restaurações posteriores submetidas a desafios mecânicos significativos. Além disso, Peutzfeldt et al. (2018) destacaram sua robustez na prevenção da formação de gaps após envelhecimento artificial, especialmente quando utilizado com técnicas bulk-fill.

Estudos como os de Kader et al. (2015) evidenciaram que, apesar de nenhuma técnica restauradora eliminar completamente a microinfiltração, o uso do adesivo 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhesive promoveu selamento marginal mais eficiente devido as suas componentes reportadas na tabela 3, especialmente em combinação com técnicas incrementais. Por sua vez, Guimarães et al. (2018) reforçaram a importância da escolha do adesivo e do protocolo de fotopolimerização como fatores críticos para a redução do estresse de contração e da falha adesiva marginal.

A resina composta 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative foi selecionada devido às suas características físico-químicas superiores (cf. Tabela 2), sendo composta por uma matriz de monómeros à base de metacrilato (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA)

como explicado na tabela 2 em baixo e contendo partículas de carga nano-híbridas, incluindo nanopartículas (5–20 nm) e nanoclusters. Essa configuração permite um elevado teor de carga (~72,5% em peso), promovendo excelente resistência mecânica, baixa contração de polimerização e uma capacidade de polimento superior, fatores essenciais para a durabilidade clínica e estética de restaurações posteriores (Al-Zahawi et al., 2015; Mosharrafian et al., 2017).

Segundo Cieplik et al. (2017), a presença de cargas inorgânicas de dióxido de silício (SiO_2) e zircônia (ZrO_2) garante distribuição uniforme, resistência ao desgaste e estabilidade dimensional. Já Ning et al. (2021) e Hofsteenge et al. (2023) demonstraram que a 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative apresenta menor perda de material em áreas de carga oclusal e resistência superior mesmo após longos períodos de uso clínico. Este último autor apontou uma taxa de sobrevivência clínica de 74,7% após 15 anos em restaurações extensas, consolidando sua aplicabilidade em cenários restauradores exigentes.

Além disso, a literatura atual indica que resinas nano-híbridas como a 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative oferecem melhor adaptação marginal e menores índices de microinfiltração em comparação com resinas micro-híbridas ou microparticuladas, independentemente da técnica restauradora empregada.

Dessa forma, a escolha combinada do adesivo 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhesive e da resina 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative neste estudo justifica-se pela ampla evidência científica que respalda sua eficácia na redução da microinfiltração marginal, durabilidade clínica e versatilidade de aplicação e propriedade químicas (cf. Tabela 2). Estes materiais representam soluções tecnológicas atualizadas e alinhadas às exigências da prática clínica e da investigação *in vitro* sobre infiltração marginal em restaurações classe II.

Tabela 2

Tabela descritiva do produto 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
Parte orgânica	Contém bis-GMA, UDMA, TEGDMA e bis-EMA(6). Para moderar a contração, uma parte do TEGDMA foi substituída por PEGDMA.
Parte Inorgânica	Combinação de sílica não aglomerada/não agregada de 20 nm, zircônia não aglomerada/não agregada de 4 a 11 nm e cargas de zircônia/sílica em clusters (compostas por sílica de 20 nm e zircônia de 4 a 11 nm).
Distribuição de Tamanhos das Cargas	Tons de Dentina, Esmalte e Corpo: partículas com tamanho médio de 0,6 a 10 microns. Tons Translúcidos: partículas com tamanho médio de 0,6 a 20 microns.
Carga Inorgânica (%)	- Tons Translúcidos: 72,5% em peso (55,6% em volume). - Outros tons (Dentina, Esmalte e Corpo): 78,5% em peso (63,3% em volume).

Tabela 3

Descritiva do produto 3M™ Scotchbond Universal Plus Adhesive

Função	Componente
Monómero fosfatado funcional	MDP (Metacriloixifosfato de decilo)
Monómero hidrofílico	Hema (metacrilato 2-hidroxietil)
Copolímero funcional	3M™ Vitrebond™ Copolymer
Carga inorgânica	Filler (sílica não sedimentante)
Solventes (etanol/água)	Etanol/Água
Iniciadores	Canforoquinona
Sistema silânico	Silano
Resina dimetacrilada	BPA free, (Não BisGMA)
Acelerador dual-cure	Transition metal salt

4.14. Porque 3 técnicas de aplicação de compósito?

As técnicas de aplicação de compósitos evoluíram significativamente ao longo do tempo. Desde os anos 60, os compósitos foram introduzidos como materiais restauradores, e a técnica de inserção incremental inicialmente a horizontal e depois a oblíqua foram inicialmente desenvolvidas para reduzir a contração de polimerização e melhorar a adaptação marginal (Dhanashri et al., 2016).

A escolha das técnicas de inserção da resina composta nesse estudo, no específico a técnica incremental horizontal, a incremental oblíqua e a técnica fundamenta-se na relevância clínica dessas estratégias restauradoras para o controle da contração de

polimerização, na integridade marginal e na longevidade clínica. Conforme salientado por Kidd e Beighton (1996), a técnica restauradora influencia diretamente a ocorrência de cáries secundárias, influencia a sensibilidade pós-operatória e as falhas no selamento marginal, sendo determinante para o sucesso clínico de restaurações de classe II. A técnica em bloco, não sendo uma cavidade muito profunda, é ainda muito utilizada.

Assim, a importância de comparar essas três técnicas também se justifica pela complexidade das cavidades classe II, que frequentemente envolvem substratos distintos como por exemplo o esmalte, a dentina e o cimento com possibilidade de ter margens localizadas abaixo da junção amelo-cementária (CEJ), zona de maior vulnerabilidade adesiva (Mahrous et al., 1997; Poggio et al., 2013). Nessas condições, falhas adesivas são mais prevalentes, e a literatura aponta que nenhuma técnica é infalível, sendo todas suscetíveis a microinfiltração, especialmente em regiões cervicais (Kidd & Beighton, 1996; Mahrous et al., 2021).

Nesse sentido a técnica incremental horizontal, é considerada o padrão, e tem como principal objetivo a redução do volume de resina, controlando assim o stress de polimerização e favorecendo a adaptação marginal como explicado na tabela 3. Estudos como os de Bicalho et al. (2013) demonstraram que essa técnica resulta em melhor resistência adesiva, em cavidades classe II extensas.

Dhanashri et al. (2016) também relataram menor infiltração marginal com a técnica incremental em comparação com a técnica em bloco. Também a literatura ainda explica que o uso de compósitos como os fluídos ou os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, melhora o selamento cervical quando associado à técnica incremental (Poggio et al., 2013; Sooraparaju et al., 2014).

A técnica incremental oblíqua surgiu sucessivamente como alternativa para reduzir o Fator C nas cavidades como explicado na tabela 3, favorecendo a descarga das tensões internas de contração e aumentando a estabilidade da interface dente-resina (Moezyzadeh & Kazemipoor, 2009). Em alguns estudos comparativos, essa técnica demonstrou menores índices de microinfiltração relativamente à horizontal e à técnica em bloco (Khier & Hassan, 2010; Gupta et al., 2017). Em consonância, Folwaczny et al. (2001) observaram que restaurações colocadas com técnicas incrementais apresentaram melhor integridade marginal, especialmente em substrato dentinário, em comparação com materiais ionoméricos e compómeros.

A técnica bulk-fill foi desenvolvida depois com o objetivo de simplificar o procedimento restaurador, permitindo inserções em incrementos únicos de até 4–5 mm. Isso possível graças a alterações estruturais nos monómeros e na composição da carga, que visam reduzir o estresse de contração e melhorar a profundidade da fotopolimerização (Behery et al., 2018; Sengupta et al., 2023). Embora essa técnica apresente vantagens operatórias, como por exemplo menor tempo clínico e menor possibilidade de inclusão de bolhas entre as várias camadas, alguns estudos demonstram que ela não elimina completamente a microinfiltração (Poggio et al., 2013; Al-Zahawi et al., 2015; Gupta et al., 2017).

Apesar da técnica bulk fill permitir uma aplicação mais rápida e eficiente, vários estudos destacaram limitações associadas à esta técnica de inserção. Devido ao grande volume de resina polimerizada simultaneamente, há um aumento significativo do stress de polimerização e uma diminuição da eficácia da polimerização nas porções mais profundas da cavidade, fatores que podem comprometer a integridade marginal e favorecer a microinfiltração (Gupta et al., 2017; Somani et al., 2020). Além disso, a técnica bulk-fill mostrou maiores valores de microinfiltração em comparação com técnicas incrementais, que, ao utilizar camadas finas de resina, promovem uma polimerização mais uniforme e controlam melhor o stress gerado (Somani et al., 2020; Sengupta et al., 2023). Consequentemente, embora a técnica bulk-fill ofereça vantagens operatórias, ela ainda apresenta desempenho inferior em termos de adaptação marginal e controle do stress de polimerização em relação às técnicas de estratificação incremental

Portanto, a comparação controlada das técnicas incremental horizontal, incremental oblíqua e da técnica em bloco, em condições laboratoriais padronizadas justifica-se pela necessidade de elucidar as suas vantagens e limitações relativas no controle da microinfiltração em restaurações classe II. Essa análise crítica contribui para fundamentar escolhas clínicas baseadas em evidências e adaptar estratégias restauradoras às particularidades de cada caso.

Embora as resinas bulk-fill apresentem uma evolução importante no campo dos materiais dentários, optou-se neste estudo por não utilizar essa tipologia de resina composta. A decisão disso fundamentou-se na intenção de manter constante o tipo de compósito, nesse caso um compósito nano-híbrido evitando, assim, a introdução de uma variável adicional que pudesse interferir nos resultados. Apesar da profundidade cavitária de aproximadamente 3 mm, considerou-se que não seria suficientemente relevante para justificar a mudança do protocolo restaurador. É comum entre os profissionais optar pela

inserção total de compósito numa única etapa, favorecendo a rapidez e a facilidade de execução (Gupta et al., 2017; Somani et al., 2020; Sengupta et al., 2023).

No entanto, este estudo pretendeu avaliar se o esforço adicional de inserção incremental oblíqua ou horizontal, se traduziria numa melhoria significativa na qualidade da adaptação marginal e na redução da microinfiltração, relativamente a colocação com a técnica em bloco.

Tabela 4*Tabela comparativa entre as técnicas*

Técnica	Vantagens	Desvantagens	Indicações	Contraindicações
Incremental Horizontal	1 Permite boa adaptação marginal (Gupta et al., 2017). 2 Técnica tradicional amplamente estudada (Ferracane, 2011). 3 Reduz a contração de polimerização pela inserção em camadas finas (Davidson & Feilzer, 1997).	1 Pode aumentar o tempo clínico devido ao número de camadas (Somani et al., 2020). 2 Risco de bolhas entre os incrementos (Crim, 1991; Santos et al., 2018).	1 Cavidades classe I e II moderadas, onde se deseja controle da adaptação marginal (Ferracane, 2011; Gupta et al., 2017)	1 Maior stress de polimerização em cavidades com elevado fator C, comprometendo a integridade da união adesiva (Somani et al., 2020). 2 Aprisionamento de bolhas de ar entre os incrementos, com possível falha adesiva entre as camadas Santos et al., 2018). 3 Aumento do tempo clínico devido à necessidade de aplicação e fotopolimerização múltiplas (Sengupta et al., 2023).
Incremental Oblíqua	1 Reduz o stress de polimerização devido ao menor fator C (Davidson & Feilzer, 1997). 2 Melhor adaptação marginal (Crim, 1991; Gupta et al., 2017). 3 Desempenho positivo em cavidades profundas (Somani et al., 2020).	1 Técnica mais exigente em termos operatórios (Ferracane, 2011). 2 Risco de falhas entre camadas se não for bem executada (Somani et al., 2020).	1 Cavidades classe I e II profundas com risco de maior stress de polimerização (Davidson & Feilzer, 1997; Gupta et al., 2017).	1 Requer maior habilidade clínica, sendo mais suscetível a falhas técnicas em mãos menos experientes e sendo assim menos indicada em situação pediátrica (Sengupta et al., 2023). 2 Risco de formação de gaps marginais se os incrementos não forem bem-adaptados às paredes da cavidade (Bagis et al., 2009)

Técnica	Vantagens	Desvantagens	Indicações	Contraindicações
Bloco Único	1 Reduz o tempo clínico significativamente (Sengupta et al., 2023).	1 Maior contração volumétrica comparada às técnicas incrementais (Braga et al., 2005; Pereira et al., 2008). 2 Pode apresentar maior microinfiltração (Sooraparaju et al., 2014). 3 Adaptação marginal inferior (Santos et al., 2018).	1 Cavidades posteriores medias (classe I e II) e em situações clínicas com restrição de tempo (Sengupta et al., 2023).	1 Cavidades profundas ou em zonas estéticas que requerem alta adaptação marginal (Ferracane, 2011; Gupta et al., 2017).

4.15. Comparação dos resultados obtidos neste estudo com outros estudos anteriores

Os resultados do presente estudo *in vitro* demonstraram que, embora a técnica incremental horizontal tenha apresentado a mediana mais elevada de microinfiltração gengival (1,5), não houve diferenças estatisticamente significativas entre as três técnicas restauradoras avaliadas horizontal, oblíqua e em bloco tanto para a infiltração marginal gengival quanto para a axial ($p = 0,236$). Esta ausência de significância estatística corrobora parcialmente os achados de Dhanashri et al. (2016), que observaram menor infiltração marginal com técnicas incrementais, embora com resultados estatisticamente relevantes, diferentemente do presente estudo, onde tal superioridade não se confirmou.

Ao comparar com Bicalho et al. (2013), que relataram melhor resistência adesiva e menor deflexão cuspídea com a técnica incremental horizontal, observa-se um contraste relevante: neste estudo, a mesma técnica apresentou os maiores valores medianos de infiltração gengival. Esse resultado sugere que a eficácia do selamento marginal depende não apenas da técnica adotada, mas também da execução clínica, da geometria cavitária e das condições experimentais controladas, conforme também evidenciado por Mahrous et al. (2015), que demonstraram maior microinfiltração em margens situadas em dentina ou cimento, onde a adesão é menos previsível do que em esmalte.

Os dados obtidos alinham-se ainda com os achados de Relhan et al. (2015), que, apesar de não encontrarem diferenças significativas entre técnicas incrementais, destacaram que múltiplos fatores como a adaptação do compósito, a profundidade da cavidade e o fator C influenciam criticamente os resultados. No presente estudo, a técnica em bloco e a incremental oblíqua apresentaram ambas mediana de 0,0 na infiltração gengival, com 63,3% e 43,3% das restaurações com score 0, respetivamente (Apêndice 1).

Estes dados são reforçados por Somani et al. (2020), que, em avaliação *in vitro* de técnicas de inserção, relataram maior microinfiltração com a técnica bulk-fill (média 2,6), seguida da técnica incremental horizontal (1,4), split incremental (0,8) e Mat incremental (0,5), concluindo que estratégias que reduzem o fator C e distribuem o estresse de polimerização como o fracionamento do incremento favorecem um selamento marginal superior.

No tocante à microinfiltração axial, todas as técnicas apresentaram mediana de 0,0, sugerindo ausência de infiltração detetável em pelo menos metade das restaurações de cada grupo. Esses achados coincidem com Moezyzadeh & Kazemipoor (2009) e Gupta et al. (2017), embora este último tenha observado diferenças estatisticamente

significativas: na análise, a técnica bulk-fill apresentou média de microinfiltração de 3,87, a horizontal incremental 2,47 e a oblíqua incremental 1,57 ($p < 0,001$), reforçando a superioridade das técnicas incrementais no controle do selamento marginal.

A técnica oblíqua incremental, em especial, demonstrou desempenho notável em vários estudos, como no de Sengupta et al. (2023), que revisaram ensaios clínicos randomizados e apontaram que a aplicação incremental oblíqua, sobretudo quando combinada com técnicas centrípetas ou de modelagem simultânea (split), resulta em menor microinfiltração e melhor adaptação marginal em restaurações classe II

O estudo de Gowda et al. (2015) também destacou a eficácia da técnica incremental oblíqua na redução da microinfiltração, especialmente quando associada ao uso de liners flowáveis, que promovem melhor adaptação às paredes cavitárias e absorção parcial do estresse de contração polimérica.

Nos grupos de controle do presente estudo (Estudos 2 e 3), os resultados indicaram que a aplicação de verniz não influenciou significativamente a infiltração marginal ($p = 0,149$ para a infiltração gengival; $p = 0,242$ para a axial). Embora tenha sido observada maior mediana de infiltração axial no grupo sem verniz, tal diferença não foi suficiente para rejeitar a hipótese nula. Essa evidência está de acordo com Carrilho et al. (2014) e Kidd & Beighton (1996), que reportaram que a falha adesiva pode ocorrer independentemente da aplicação de verniz, sendo influenciada principalmente por fatores morfológicos e operatórios.

Do ponto de vista metodológico, é relevante destacar que a técnica em bloco foi aplicada utilizando o mesmo compósito nano-híbrido (3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative) empregado nas técnicas incrementais, o que permitiu isolar a variável “técnica de inserção”. Isso contrasta com estudos como o de Mehesen et al. (2020), que utilizaram resinas bulk-fill específicas (ex. SonicFill®), cujo desempenho pode não ser comparável devido à diferença na tecnologia e nos iniciadores de fotopolimerização.

Carrilho et al. (2014), por sua vez, não observaram diferenças significativas na microinfiltração entre a 3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative e outro sistema restaurador, o que reforça que o tipo de compósito, embora importante, não é o único fator determinante da integridade marginal principalmente sob condições *in vitro* controladas.

Por fim, a revisão de Sengupta et al. (2023) concluiu que, embora a técnica incremental

continue sendo o padrão de referência para maior controle de microinfiltração e adaptação marginal, as técnicas bulk-fill demonstraram resultados clínicos similares em períodos de acompanhamento de até 10 anos, desde que criteriosamente aplicadas. A decisão pela técnica deve, portanto, considerar fatores clínicos como a profundidade da cavidade, o acesso operatório e a habilidade do operador, bem como a composição do material utilizado

4.16. Limitações do estudo

Apesar do estudo ter sido planejado e executado com cuidado e rigor científico e seguindo rigorosos critérios metodológicos, algumas limitações devem ser consideradas, como por exemplo o facto de que o operador não estava cego em relação ao projeto, uma vez que foi o mesmo operador que fez todos os procedimentos experimentais, desde os preparos, restaurações, cortes, observações das amostras às análises estatísticas. Essa limitação pode introduzir vieses nos resultados, especialmente devido à uma possível influência subjetiva durante a coleta e interpretação dos dados. Embora tenham sido seguidos critérios rigorosos para garantir a padronização e minimizar interferências externas, a ausência do facto de que o operador não estava cego ainda representa uma fragilidade metodológica (Somani et al., 2020).

Embora o cálculo de tamanho amostral tenha sido realizado com base na potência estatística (80%), o número de dentes utilizados pode não ser suficiente para detetar diferenças menores entre as técnicas restauradoras. Estudos anteriores indicam que um aumento do número de amostras poderia garantir resultados mais robustos e diminuir a variabilidade estatística (Bicalho et al., 2013).

Os dentes utilizados no estudo foram obtidos com diferentes fontes clínicas sendo molares e pré-molares de diferentes pacientes, podendo introduzir variações anatómicas e estruturais. Essa heterogeneidade pode influenciar a microinfiltração devido a diferenças na morfologia dentária e na qualidade ou espessura do esmalte e dentina (Ferracane, 2011).

Este estudo foi feito em condições laboratoriais bem controladas, o que acaba limitando um pouco a aplicação dos resultados na prática clínica. Mesmo tentando simular o ambiente oral, como por exemplo o uso do termociclagem, não é possível garantir que os resultados vão ser exatamente os mesmos no contexto clínico (Gupta et al., 2017). Por ser

um estudo *in vitro*, não foi possível observar a evolução das restaurações ao longo do tempo, isso pode limitar a interpretação dos resultados no que diz respeito à durabilidade clínica (Cieplik et al., 2017).

5. CONCLUSÃO

Tendo em consideração as limitações do presente estudo podemos concluir que:

Os resultados revelaram que, embora a técnica incremental horizontal tenha apresentado uma mediana mais elevada de microinfiltração gengival, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas restauradoras ($p>0,05$). Assim, nenhuma das técnicas restauradoras testadas influenciou significativamente a microinfiltração marginal.

A hipótese de que a técnica de aplicação da resina compostas influencia significativamente a microinfiltração em restaurações de classe II não foi aceite. As diferenças observadas entre as técnicas não foram estatisticamente significativas o que indica que nas condições controladas do presente estudo *in vitro*, a técnica restauradora não foi um fator relevante para a ocorrência de microinfiltração.

Com o avanço dos materiais restauradores e o desenvolvimento de novas técnicas de inserção, seria interessante comparar as técnicas analisadas com tecnologias mais recentes, como compósitos fresados com CAD-CAM ou a inserção de compósitos por vibração sónica (Sonic-Fill®) que demonstram potencial para melhorar a adaptação marginal e reduzir os gaps entre compósito e dente.

Devem ser realizados estudos clínicos em condições reais, acompanhando os pacientes a longo prazo para avaliar a durabilidade das restaurações e a eficácia no controle da microinfiltração, criando assim maior fiabilidade para a prática clínica diária.

Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com várias técnicas de colocação de compósitos - estudo *in vitro*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Harbi, S., & Farsi, N. (2007b). Microleakage of ormocer-based restorative material in primary teeth: an in vivo study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 32(1), 13–17. <https://doi.org/10.17796/jcpd.32.1.x30104r38772415h>
- Al-Zahawi, A. R., Abdul-Rahman, M. S., Ahmed, S. M., & Conservative Department, Dental School, University of Sulaimani, Iraq. (2015). Effect of two different composites on gingival microleakage of class II restoration using four different placement techniques (an in vitro study). *International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research*, 2(9), 0727–0731.
- Bagis, Y. H., Baltacioglu, I. H., & Kahyaogullari, S. (2009). Comparing microleakage and the layering methods of silorane-based resin composite in wide Class II MOD cavities. *Operative Dentistry*, 34(5), 578–585. <https://doi.org/10.2341/08-073-lr>
- Behery, H., El-Mowafy, O., El-Badrawy, W., Nabih, S., & Saleh, B. (2018). Gingival microleakage of class II bulk-fill composite resin restorations. *Dental and Medical Problems*, 55(4), 383–388. <https://doi.org/10.17219/dmp/99264>
- Bicalho, A., Pereira, R., Zanatta, R., Franco, S., Tantbirojn, D., Versluis, A., & Soares, C. (2013). 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>
- Braga, R. R., Ballester, R. Y., & Ferracane, J. L. (2005). Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin composites: A systematic review. *Dental Materials*, 21(10), 962–970. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.04.018>
- Carrilho, E., Abrantes, M., Paula, A., Casalta-Lopes, J., Botelho, M., & Ferreira, M. (2014). Microleakage study of a restorative material via radioisotope methods. *Revista Portuguesa De Estomatologia Medicina Dentária E Cirurgia Maxilofacial*, 55(3), 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.08.005>
- Cieplik, F., Scholz, K. J., Tabenski, I., May, S., Hiller, K.-A., Schmalz, G., Buchalla, W., & Federlin, M. (2017). Flowable composites for restoration of non-carious cervical lesions: Results after five years. *Dental Materials*, 33(10), 1170–1179. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.012>
- Crim, G. A. (1991). Microleakage of three resin placement techniques. *American Journal of Dentistry*, 4(2), 69–72.
- Davidson, C. L., & Feilzer, A. J. (1997). Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *Journal of Dentistry*, 25(6), 435–440. [https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(96\)00063-2](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(96)00063-2)
- Dhanashri, B., Manwar, N. U. & Manoj, C. (2016). Comparative Evaluation of Microleakage with Different Composite Placement Technique in Preparation with High C Factor-An In vitro Study. *Open Access Journal of Dental Sciences*, 1(3). <https://doi.org/10.23880/oajds-16000117>
- Donly, K., Wild, T., & Jensen, M. (1990). Posterior composite Class II restorations: In vitro comparison of preparation designs and restoration techniques. *Dental Materials*, 6(2), 88–93. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(05\)80036-3](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(05)80036-3)

- ElSheikh, S. K., Eid, E. G., Abdelghany, A. M., & Abdelaziz, D. (2024). Physical/mechanical and antibacterial properties of composite resin modified with selenium nanoparticles. *BMC Oral Health*, 24(1245). <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04965-5>
- Fares, N. H., Coutinho, K. Q., Couto, M. G., Couto-Júnior, M., & Nagem-Filho, H. (2015). Tensão de contração das resinas compostas geradas durante a polimerização. *Revista da Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária*, 59(3), 157-163.
- Fernandes, R. M. R. P. (2014). *Resinas compostas vs amálgama de prata em restaurações de dentes posteriores* [Dissertação de Mestrado, Universidade Fernando Pessoa]. Repositório Institucional UFP. https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/4603/1/PPG_18026.pdf
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite--state of the art. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
- Folwaczny, M., Loher, C., Mehl, A., Kunzelmann, K., & Hickel, R. (2001). Class V lesions restored with four different tooth-colored materials - 3-year results. *Clinical Oral Investigations*, 5(1), 31–39. <https://doi.org/10.1007/s007840000098>
- Golesorkhtabar, F., Esmaeili, B., Ezoji, F., & Khafri, S. (2022). Comparison of dentinal microleakage of Class II composite restorations using universal bonding: Self-etch and selective-etch of enamel, with and without liner. *Journal of Babol University of Medical Sciences*, 24(1), 329–337. <http://dx.doi.org/10.22088/jbums.24.1.329>
- Gowda, V. B., Murthy, B. V. S., Hegde, S., Venkataramanaswamy, S. D., Pai, V. S., & Krishna, R. (2015). Evaluation of Gingival Microleakage in Class II Composite Restorations with Different Lining Techniques: An In Vitro Study. *Scientifica*, 2015, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2015/896507>
- Guimarães, G. F., Marcelino, E., Cesarino, I., Vicente, F. B., Grandini, C. R., & Simões, R. P. (2018). Minimization of polymerization shrinkage effects on composite resins by the control of irradiance during the photoactivation process. *Journal of Applied Oral Science*, 26(0). <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2017-0528>
- 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. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_1152_16
- Hofsteenge, J. W., Scholtanus, J. D., Özcan, M., Nolte, I. M., Cune, M. S., & Gresnigt, M. M. (2023). Clinical longevity of extensive direct resin composite restorations after amalgam replacement with a mean follow-up of 15 years. *Journal of Dentistry*, 130, 104409. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104409>
- Jawaed, N.-U.-A., Abidi, S. Y. A., Qazi, F.-U.-R., & Ahmed, S. (2016). An in-vitro evaluation of microleakage at the cervical margin between two different Class II restorative techniques using dye penetration method. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 26(9), 748-752.

- Kader, M. A., Altheeb, A., Al-Asmry, A. A., & Luqman. (2015). Microleakage evaluation of class II composite restoration with incremental and bulk fill technique. *Journal of Dental Research and Reviews*, 2(4), 153–155. <https://doi.org/10.4103/2348-2915.176678>
- Khier, S., & Hassan, K. (2010). Efficacy of composite restorative techniques in marginal sealing of extended class V cavities. *ISRN Dentistry*, 2011, 1–5. <https://doi.org/10.5402/2011/180197>
- Kidd, E., & Beighton, D. (1996). Prediction of Secondary Caries around Tooth-colored Restorations: A Clinical and Microbiological Study. *Journal of Dental Research*, 75(12), 1942–1946. <https://doi.org/10.1177/00220345960750120501>
- Koran, P., & Kürschner, R. (1998). Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *American Journal of Dentistry*, 11(1), 17–22.
- Kumar, J. & Jayalakshmi, S. (2016). Bond failure and its prevention in composite restoration – A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8(7), 704–707.
- Maciel, R. D. S., & Nascimento, F. (2022). Evolução das resinas compostas. *Research Society and Development*, 11(15), e191111537182. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37182>
- Mahrous, A. I., Eltiti, H. A., Ahmed, I. M., & Alagha, E. I. (2015). Effect of different gingival margin restorations of class II cavities on microleakage: an in-vitro study. *Electronic Physician*, 1435–1440. <https://doi.org/10.19082/1435>
- May, S., Cieplik, F., Hiller, K.-A., Buchalla, W., Federlin, M., & Schmalz, G. (2017). Flowable composites for restoration of non-carious cervical lesions: Three-year results. *Dental Materials*, 33(4), 505–513. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.12.009>
- Mehesen, R., Amin, L., & Montaser, M. (2020). The Influence of Bulk and Sonic Placement Techniques on Microleakage of Class II Cavities Restored with Different Resin Composites. *Egyptian Dental Journal*, 66(3), 1845–1853. <https://doi.org/10.21608/edj.2020.29011.1117>
- Moazzami, S., Sarabi, N., Hajizadeh, H., Majidinia, S., Li, Y., Meharry, & Shahrokh, H. (2013). Efficacy of four lining materials in sandwich technique to reduce microleakage in Class II composite resin restorations. *Operative Dentistry*, 39(3), 256–263. <https://doi.org/10.2341/11-495-1>
- Moezyzadeh, M. & Kazemipoor, M. (2009). Effect of Different Placement Techniques on Microleakage of Class V Composite Restorations. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences*, 6(3), 121-131.
- 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.
- Ning, K., Bronkhorst, E., Bremers, A., Bronkhorst, H., Van Der Meer, W., Yang, F., Leeuwenburgh, S., & Loomans, B. (2021). Wear behavior of a microhybrid composite vs. a nanocomposite in the treatment of severe tooth wear patients: A 5-year clinical study. *Dental Materials*, 37(12), 1819–1827. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.09.011>

- Pereira, R. A., De Araujo, P. A., Castañeda-Espinosa, J. C., & Mondelli, R. F. L. (2008). Comparative analysis of the shrinkage stress of composite resins. *Journal of Applied Oral Science*, 16(1), 30–34. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572008000100007>
- Peutzfeldt, A., Mühlebach, S., Lussi, A., & Flury, S. (2018). Marginal gap formation in approximal “bulk fill” resin composite restorations after artificial ageing. *Operative Dentistry*, 43(2), 180–189. <https://doi.org/10.2341/17-068-L>
- Pires, L. G. S., Lopes, M. A. B. S., Verde, G. M. F. L., Brito, J. V., & Bandeira, L. P. S. (2023). Microinfiltração de resinas bulk fill: revisão crítica. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 5(4), 225–234. <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2023v5n4p225-234>
- Poggio, C., Chiesa, M., Scribante, A., Mekler, J., & Colombo, M. (2013). Microleakage in Class II composite restorations with margins below the CEJ: In vitro evaluation of different restorative techniques. *Medicina Oral, Patología Oral Y Cirugía Bucal*, e793–e798. <https://doi.org/10.4317/medoral.18344>
- Relhan, N., Ponnappa, K. C., Relhan, A., Jain, A., & Gupta, P. (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>
- 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>
- Santos, T. O. G., Donato, T. R., Mathias, C., & Mathias, P. (2018). Avaliação radiográfica da presença de bolhas em restaurações classe II in vitro utilizando diferentes técnicas restauradoras. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 17(3), 381–385. <https://doi.org/10.9771/cmbio.v17i3.28625>
- Sengupta, A., Naka, O., Mehta, S. B., & Banerji, S. (2023). The clinical performance of bulk-fill versus the incremental layered application of direct resin composite restorations: A systematic review. *Evidence-Based Dentistry*, 24(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41432-023-00905-4>
- Severo, B. G., & Reis, T. a. D. (2022b). Classificação das resinas compostas e métodos de acabamento e polimento. *Research Society and Development*, 11(7), e54711730257. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30257>
- Shah, K. B., Mankar, N. P., Bajaj, P. S., Nikhade, P. P., Chandak, M. G., & Gilani, R. A. (2020). Comparative Evaluation of Microleakage in Cavities Restored with Nanohybrid and Microfilled Composites Using Oblique Incremental Technique- An in Vitro- Study. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, 9(13), 1087–1090. <https://doi.org/10.14260/jemds/2020/234>
- Silva, F. J. V., Silva, E. L., Januário, M. V. S., Vasconcelos, M. G., & Vasconcelos, R. G. (2017). Técnicas para reduzir os efeitos da contração de polimerização das resinas compostas fotoativadas. *Salusvita*, 36(1), 187–203.

- Somani, R., Som, N. K., Jaidka, S., & Hussain, S. (2020). Comparative Evaluation of Microleakage in Various Placement Techniques of Composite Restoration: An In Vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 13(3), 264–268. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1764>
- Sooraparaju, S. G., Kanumuru, P. K., Nujella, S. K., Konda, K. R., Reddy, K. B. K., & Penigalapati, S. (2014). A comparative evaluation of microleakage in class V composite restorations. *International Journal of Dentistry*, 2014, Article ID 685643. <https://doi.org/10.1155/2014/685643>.
- St George, A., J., Miguez, P. A., & Swift, E. J. (2001). Effects of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resins composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 13(2), 140. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/effects-sequential-versus-continuous-irradiation/docview/232950166/se-2>
- Toz-Akalin, T., Öztürk-Bozkurt, F., Kusdemir, M., Özsoy, A., Yüzbaşıoğlu, E., & Özcan, M. (2024). Three-year clinical performance of direct restorations using low-shrinkage Giomer vs. nano-hybrid resin composite. *Frontiers in Dental Medicine*, 5. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2024.1459473>

Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com várias técnicas de colocação de compósitos - estudo *in vitro*

ANEXOS

Anexo A. Parecer da Comissão Ética



UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

Exma. Senhora
Prof. Doutora Sandra Gavinha
Diretora da FCS

Nº	Data
FCS/MMED – 700/25	14 de Fevereiro de 2025

Exma. Senhora Professora Doutora,

A Comissão de Ética apreciou o projeto de investigação apresentado por Ivan Scalvini, intitulado "Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com várias técnicas de colocação de compósitos – estudo *in vitro*", a realizar no âmbito do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, sob orientação da Mestre Susana Coelho.

O estudo tem como objetivos: avaliar quantitativamente a profundidade de infiltração marginal de restaurações classe II com resina composta nano-híbrida aplicada com técnica incremental oblíqua, técnica incremental horizontal e técnica em bloco; analisar a influência da técnica utilizada para aplicação do material restaurador, na microinfiltração, para determinar se as diferentes técnicas podem impactar no desempenho clínico da restauração.

A Comissão de Ética considera o estudo pertinente. As questões éticas encontram-se 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"

NPC 502 037 602 • Reg. Comercial nº 25 Conservatória do Registo Comercial do Porto

FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
Praça 5 de Abril, 349 • 4249-004 Porto - Portugal
T. +351 22 507 1300* • <https://www.ufp.pt>
geral@fundacaofernandopessoa.pt

* ligando para o rede fixa nacional

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 5 de Abril, 349 • 4249-004 Porto - Portugal
T. +351 22 507 1300* • <https://www.ufp.pt>
geral@fundacaofernandopessoa.pt

Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com várias técnicas de colocação de compósitos - estudo *in vitro*

Anexo B. Modelo de Consentimento informado

Formulário de consentimento informado

Está convidado a participar, como voluntário, no projeto de investigação
" Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com várias técnicas de colocação de
compósitos – 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 a eficácia de diferentes técnicas de estratificação do compósito nano-híbrido em dentes com preparação de classe II, para assim perceber qual dessas técnicas impede menor infiltração marginal entre o compósito e o dente natural, assim de perceber melhor o resultado clínico final. 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 várias técnicas de colocação de compósitos – 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

Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com várias técnicas de colocação de compósitos - estudo *in vitro*

Anexo C. Modelo de Consentimento Diretor Clínico

..... de de 2024/2025

Eu, abaixo assinado, “.....”, com registro no ordem dos Médicos Dentistas Italianos N°, diretor clínico da clínica “.....” situada em “.....”, certifico que tenho conhecimento do projeto “Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com várias técnicas de colocação de compósitos – 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.

Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com várias técnicas de colocação de compósitos - estudo *in vitro*

Anexo D. Q52



2º CICLO – MESTRADO

Ano Letivo

PROPOSTA SUMÁRIA DE DISSERTAÇÃO / TRABALHO DE PROJETO

2024 / 2025

nº. Registro 137

1. PARECER DO COORDENADOR DE CURSO	2. DESPACHO DA DIREÇÃO DA FACULDADE
☐ Projeto adequado à área científica do curso: Orientador proposto: _____ Coorientador proposto: _____ ☐ Necessidade de adequação do título ☐ Projeto a reformular com vista à sua adequação às linhas temáticas e de investigação ☐ Proposta de trabalho a submeter à Comissão de Ética UFP Justificação: Parecer favorável condicionado à aprovação da Comissão de Ética de UFP. Rebo BT Assinatura: _____ PFF-CRIMP Data: 16 / 12 / 24	Anteponha o parecer (E) Assinatura: _____ Data: 20 / 12 / 24 C.C.: _____
3. IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDANTE	
NOME COMPLETO: Ivan Scalvini NÚMERO: 41352 CURSO (Escolher): Medicina Dentária- MI RAMO (Se aplicável): Medicina Dentária Conservadora (Dentística)	
4. LINHA DE INVESTIGAÇÃO E ORIENTAÇÃO	
LINHA TEMÁTICA EM QUE SE INSERE O PROJETO: Estudo <i>in vitro</i> sobre infiltração marginal de restaurações classe II com várias técnicas de colocação de resina composta (quando aplicável, consultar a lista disponibilizada pela Coordenação de Curso) ORIENTADOR RESPONSÁVEL PELA LINHA TEMÁTICA: Susana Vila Real Magalhães Coelho Guimarães ORIENTADOR CONTACTADO PREVIAMENTE PELO ESTUDANTE (Não se aplica à FCS): Sim ☒ Não ☐	

5. PROPOSTA DE DISSERTAÇÃO / TRABALHO DE PROJETO	
TÍTULO:	"Avaliação da microinfiltração em restaurações classe II com várias técnicas de colocação de compósitos – estudo <i>in vitro</i>"
RESUMO DO ESTUDO A DESENVOLVER:	
Apesar das resinas compostas serem atualmente o material de eleição para restauração de dentes posteriores, também apresentam algumas limitações. As resinas compostas possuem monômeros na sua composição. Durante o processo de polimerização as moléculas dos monômeros aproximam-se, o que gera uma contração volumétrica. Esta contração cria tensões que podem separar o material restaurador do dente, causando assim infiltração marginal, que é atualmente um dos maiores desafios das restaurações com resinas compostas. A microinfiltração é uma lacuna que permite a passagem de bactérias, fluidos ou moléculas entre a parede de cavidade do dente e o material restaurador aplicado. Essa infiltração pode originar cáries recorrentes, hipersensibilidade pós-operatória e variações de cor na restauração especialmente nas margens das restaurações. Este problema é particularmente comum nas cavidades de classe II. Têm sido recomendadas diferentes técnicas para a aplicação das resinas compostas com o objetivo de reduzir a contração volumétrica da resina, reduzir o fator C e assim diminuir a tensão resultante da contração e consequentemente a microinfiltração. Os objetivos deste estudo <i>in vitro</i> são: 1. Avaliar quantitativamente a profundidade de infiltração marginal de restaurações classe II com resina composta nano-híbrida aplicada com técnica incremental oblíqua, técnica incremental horizontal e técnica em bloco. 2. Analisar a influência da técnica utilizada para aplicação do material restaurador, na microinfiltração, para determinar se as diferentes técnicas podem impactar no desempenho clínico da restauração. Hipótese de Investigação: A técnica de aplicação da resina composta influencia significativamente a microinfiltração em restaurações de Classe II? Materiais e métodos: Foram realizadas pesquisas literárias nas bases de dados: Pubmed/Medline, Science Direct, Google Scholar, entre os anos de 2000 e 2024, utilizando as seguintes palavras-chave: "Composite Resins"; "Posterior restoration"; "Incremental technique"; "Bulk-technique"; "Polymerization shrinkage"; "Microleakage". O estudo será realizado em 50 dentes posteriores naturais, recolhidos em clínicas dentárias após assinatura de consentimento informado e selecionados de acordo com os critérios pré-estabelecidos. Serão realizadas duas cavidades de classe II (OM e OD) padronizadas e posteriormente restauradas com resina composta nano-híbrida de acordo com os seguintes grupos: Grupo 1- Técnica em bloco (que consiste numa aplicação única da resina composta, que é polimerizada no final); Grupo 2- Técnica Incremental Horizontal (consiste na colocação de 3 camadas de resina composta dispostas horizontalmente e polimerizadas separadamente); Grupo 3 – Técnica Incremental Oblíqua (consiste na colocação de 3 camadas de resina composta dispostas de forma oblíqua para não tocarem em todas as paredes da cavidade e polimerizadas separadamente); Cada grupo será constituído por 15 dentes e o grupo controlo será constituído por 5. Seguindo o protocolo delineado, será analisada a microinfiltração das restaurações através do método de infiltração de corante (azul de metileno) e observação ao microscópio dos vários cortes realizados aos dentes. Os resultados serão posteriormente analisados estatisticamente.	
Nº de palavras do resumo (máx. = 500): 451	
☐ Baseado apenas em pesquisa bibliográfica ☒ Envolverá pesquisa/inquéritos/recolha de dados	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSIDERADAS MAIS IMPORTANTES PARA APOIAR A INVESTIGAÇÃO:	
- Som, N. K., & Hussain, S. (2020). Comparative evaluation of microleakage in various placement techniques of composite restoration: an in vitro study. <i>International Journal of Clinical Pediatric Dentistry</i>, 13(3), 264–268. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1764 - Gupta, M., Rao, D., & Hegde, S. (2017). An in vitro evaluation of microleakage associated with three different compomer placement techniques in primary molars. <i>Contemporary Clinical Dentistry</i>, 8(1), 48. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_1152_16 - Bagis, Y. H., Baltacıoglu, I. H., & Kahyaogullari, S. (2009). Comparing microleakage and the layering methods of silorane-based resin composite in wide Class II MOD cavities. <i>Operative Dentistry</i>, 34(5), 578–585. https://doi.org/10.2341/08-073-lr	
6. DECLARAÇÃO DO ESTUDANTE	
A presente proposta de dissertação/trabalho de projeto foi elaborada nos termos das Normas Regulamentares dos Segundos Ciclos de Estudos da UFP em vigor.	
ASSINATURA: 	Data: 04/12/2024
7. DECLARAÇÃO DO DOCENTE ORIENTADOR (Se aplicável)	
Declaro que aceito orientar o(a) estudante acima identificado(a).	
NOME POR EXTENSO: <u>Susana Vile Real Magalhães Coelho Guimarães</u>	
ASSINATURA: 	Data: 04/12/2024
8. DECLARAÇÃO DO DOCENTE COORIENTADOR (Se aplicável)	
Declaro que aceito coorientar o(a) estudante acima identificado(a).	
NOME POR EXTENSO: _____	
ASSINATURA: _____	Data: ____/____/2024

Anexo E. Tabelas estatística adicional da distribuição de frequências e percentuais dos
scores

MICROINFILTRAÇÃO GENGIVAL						
SCORE	TECNICA BLOCO		TECNICA HORIZONTAL		TECNICA OBLIQUA	
	FREQUÊNCIA	%	FREQUÊNCIA	%	FREQUÊNCIA	%
0	13	43.3	20	66.7	19	63.3
1	2	6.7	0	0	1	3.3
2	2	6.7	1	3.3	0	0
3	5	16.7	4	13.3	4	13.3
4	8	26.7	5	16.7	6	20.0
TOTAL	30	100.0	30	100.0	30	100.0

MICROINFILTRAÇÃO AXIAL						
SCORE	TECNICA BLOCO		TECNICA HORIZONTAL		TECNICA OBLIQUA	
	FREQUÊNCIA	%	FREQUÊNCIA	%	FREQUÊNCIA	%
0	23	76.7	22	73.3	22	73.3
1	4	13.3	2	6.7	6	20.0
2	1	3.3	1	3.3	0	0
3	2	6.7	5	16.7	1	3.3
4	0	0	0	0	1	3.3
TOTAL	30	100.0	30	100.0	30	100.0

MICROINFILTRAÇÃO GENGIVAL				
SCORE	CONTROLO +		CONTROLO -	
	FREQUENCIA	%	FREQUENCIA	%
0	12	100.0	10	83.3
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	1	8.3
4	0	0	1	8.3
TOTAL	12	100.0	12	100.0

MICROINFILTRAÇÃO AXIAL				
SCORE	CONTROLO +		CONTROLO -	
	FREQUENCIA	%	FREQUENCIA	%
0	2	16.7	4	33.3
1	1	8.3	0	0
2	0	0	1	8.3
3	2	16.7	3	25.0
4	7	58.3	4	33.3
TOTAL	12	100.0	12	100.0