

TECNOLOGIAS EMERGENTES NA ODONTOLOGIA: RESINA COMPOSTA NA RECONSTRUÇÃO DA MARGEM DENTÁRIA- REVISÃO DE LITERATURA

TECHNOLOGICAL ADVANCES IN DENTISTRY: COMPOSITE RESIN IN THE RECONSTRUCTION OF THE DENTAL MARGIN – LITERATURE REVIEW

MARIA JULIA SOUZA DE ALMEIDA¹, PRISCILA BISPO DINIZ², PRISCILLA KAROLYNE BRAVIN^{3*}

1. Acadêmica do curso de graduação de Odontologia, da Faculdade FANORTE Instituição de Ensino Superior.
2. Acadêmica do curso de graduação de Odontologia, da Faculdade FANORTE Instituição de Ensino Superior.
3. Professora Mestre, Disciplina Estágio em Clínica Integrada de Reabilitação Oral do curso de Odontologia, da Faculdade FANORTE.

* Prof. Esp. Priscilla Karolyne Bravin – Instituição de Ensino Superior de Cacoal – FANORTE. Rua Anísio Serrão, 2325 – Bairro Centro – Cacoal/RO – Brasil. CEP: 76963-728. E-mail: priscillakarolyne8@hotmail.com

Recebido em xx/xx/201x. Aceito para publicação em xx/xx/201x

RESUMO

A reconstrução de dentes tratados endodonticamente representa um desafio clínico na odontologia restauradora contemporânea. A perda significativa de estrutura dentária compromete a resistência mecânica do dente e exige soluções restauradoras eficientes, funcionais e estéticas. Com o avanço da odontologia adesiva e da ciência dos materiais, as resinas compostas têm se destacado como uma das principais tecnologias emergentes para reabilitação dentária. Este trabalho tem como objetivo revisar, por meio de uma abordagem integrativa da literatura, as principais técnicas restauradoras aplicadas na reabilitação de dentes desvitalizados, com ênfase na utilização de resinas compostas convencionais, bulk fill e nas técnicas indiretas como as endocrowns. Além disso, o estudo analisa a evolução das resinas compostas, seus componentes, propriedades mecânicas, ópticas e adesivas, bem como sua aplicação dentro dos princípios da odontologia biomimética. Observa-se que os avanços nos compósitos restauradores proporcionam maior previsibilidade clínica, melhor integração com o tecido dentário e maior longevidade das restaurações, consolidando esses materiais como protagonistas na prática odontológica atual.

PALAVRAS-CHAVE: Odontologia restauradora; Resina composta; Biomimética.

ABSTRACT

The reconstruction of endodontically treated teeth remains a clinical challenge in contemporary restorative dentistry. The significant loss of dental structure compromises mechanical strength and demands efficient, functional, and aesthetic restorative solutions. With the evolution of adhesive dentistry and material science, composite resins have emerged as one of the leading restorative technologies. This study aims to review, through an integrative literature approach, the main restorative techniques used in the rehabilitation of devitalized teeth, focusing on the application of conventional, *bulk-fill*, and indirect composite resins, including endocrown techniques. Additionally, the paper explores the evolution of composite resins, their components, mechanical, optical, and adhesive properties, as well as their use within the framework of biomimetic dentistry. The findings indicate that advancements in restorative composites have increased clinical predictability,

improved tissue integration, and extended restoration longevity, establishing these materials as central elements in modern dental practice.

KEYWORDS: Restorative dentistry; Composite resin; Biomimetics.

1. INTRODUÇÃO

A reabilitação restauradora de dentes submetidos à terapia endodôntica configura-se como um desafio significativo na prática clínica odontológica. Tal complexidade decorre da presença frequente de lesões cáries extensas, fraturas decorrentes de traumas ou de intervenções iatrogênicas, que resultam na perda parcial ou total da estrutura coronária do dente¹. A diminuição do tecido dentário remanescente implica em maior risco de fraturas e reduz a retenção dos materiais restauradores².

Dessa forma, a avaliação criteriosa do comprometimento coronário, incluindo a quantidade e qualidade da estrutura dental remanescente, torna-se etapa essencial após a finalização do tratamento endodôntico³.

Diversas abordagens restauradoras estão disponíveis para a reabilitação de dentes desvitalizados, sendo a escolha dependente das características clínicas individuais de cada caso⁴.

Com os avanços da odontologia adesiva e biomimética, tornou-se viável a preservação da estrutura dental remanescente, por meio do uso de materiais que replicam o comportamento biomecânico do dente natural e minimizam o estresse residual, como as resinas compostas convencionais e as do tipo bulk fill⁵.

Em situações em que a perda dentária é limitada, as restaurações diretas podem apresentar resultados clínicos satisfatórios. Entretanto, nos casos de extensa destruição coronária, torna-se necessária a adoção de técnicas restauradoras indiretas ou semi-diretas, com o uso de materiais que confirmam resistência mecânica e durabilidade à restauração⁶.

Diante da ampla variedade de técnicas e materiais disponíveis para a reabilitação de dentes tratados endodonticamente, este trabalho teve como objetivo

realizar uma revisão de literatura sobre a importância da restauração pré-tratamento endodôntico, discutindo as principais abordagens restauradoras disponíveis no contexto clínico atual, com vistas à obtenção de tratamentos previsíveis e bem-sucedidos.

As resinas compostas figuram entre os materiais mais utilizados na odontologia restauradora, especialmente em procedimentos com elevada demanda estética, sendo também objeto de amplo interesse na pesquisa científica⁷.

Desde sua introdução na prática clínica há mais de cinco décadas, esses compósitos passaram por considerável evolução em sua formulação. Inicialmente, os avanços concentraram-se na fase inorgânica, com a redução do tamanho das partículas de carga e o aumento de sua proporção, buscando aprimorar características como a resistência ao desgaste e a capacidade de polimento⁸.

Atualmente, os esforços de desenvolvimento estão direcionados à modificação da matriz polimérica, visando à formulação de sistemas com menor contração volumétrica durante o processo de polimerização e à redução das tensões geradas nesse processo. Além disso, há um interesse crescente na criação de compósitos com propriedades autoadesivas, o que permitiria maior simplificação dos procedimentos clínicos e melhoria na interação com a estrutura dental^{8,9}.

Com os avanços dos materiais restauradores, os tratamentos conservadores têm se tornado cada vez mais viáveis, oferecendo benefícios como maior preservação da estrutura dentária, tempo clínico reduzido, custos mais acessíveis em comparação aos sistemas cerâmicos e resultados estéticos satisfatórios¹⁰.

O presente trabalho tem como finalidade discutir as principais características desses materiais restauradores, apresentando o estado atual do conhecimento e as perspectivas futuras no desenvolvimento de compósitos mais eficientes, funcionais e estéticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração deste estudo, realizou-se uma revisão integrativa da literatura, conduzida por meio de busca sistematizada nas bases de *dados Google Scholar*, *PubMed/MEDLINE*, *SciELO* e *Biblioteca Virtual em Saúde (BVS)*. Foram utilizados descritores em português e seus correspondentes em inglês, a saber: “Odontologia” (*Dentistry*), “Biomimética” (*Biomimetics*), “Tratamento do canal radicular” (*Root canal treatment*), “Restauração dentária permanente” (*Permanent dental restoration*) e “Dentística operatória” (*Operative dentistry*).

Os critérios de inclusão compreenderam revisões de literatura, revisões sistemáticas e capítulos de livros publicados no período de janeiro de 2014 a março de 2023, disponíveis nos idiomas português e inglês. Inicialmente, foram identificados 127 estudos por meio da leitura dos títulos e resumos. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 115 estudos foram selecionados para análise, por apresentarem relevância e compatibilidade com os objetivos propostos.

Os estudos selecionados foram analisados na íntegra, sendo a seleção final fundamentada nos critérios previamente estabelecidos, incluindo ano de publicação,

idioma e pertinência dos desfechos abordados em relação ao tema investigado.

3. DESENVOLVIMENTO

Importância de restaurar dentes tratados endodonticamente

As intervenções restauradoras em dentes submetidos ao tratamento endodôntico configuram um dos principais desafios enfrentados na Odontologia Restauradora. Tal complexidade se justifica pelo fato de que, frequentemente, os pacientes — especialmente aqueles atendidos no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) — apresentam extenso comprometimento da coroa dentária, em decorrência de lesões cáries profundas, processos avançados de erosão e abrasão, falhas restauradoras extensas prévias, ou ainda traumas de origem diversa¹¹.

Nesses contextos clínicos, a perda da estrutura dentária remanescente é considerável, resultando em significativa redução da resistência mecânica do dente, o que acarreta maior risco de falhas durante o processo restaurador².

Durante o tratamento endodôntico, procedimentos como o acesso coronário, a instrumentação dos canais radiculares e sua obturação promovem uma perda estimada de 5% na rigidez estrutural do dente. Entretanto, intervenções restauradoras que envolvem preparos cavitários amplos do tipo *Mesial-Occlusal-Distal* (MOD) podem comprometer aproximadamente 63% da resistência dentária, especialmente devido à remoção das cristas marginais.

Esses dados indicam que a fragilidade observada nos dentes tratados endodonticamente está mais relacionada à perda estrutural decorrente da patologia inicial e das etapas restauradoras do que ao tratamento endodôntico em si. A literatura demonstra que, quando restaurados de forma adequada, dentes tratados endodonticamente podem recuperar até 80% de sua resistência original, mitigando significativamente o comprometimento estrutural previamente imposto¹².

A reabilitação funcional e estética de dentes endodonticamente tratados tem como um de seus principais objetivos o restabelecimento da saúde perirradicular. A escolha entre restaurações diretas ou indiretas deve ocorrer após a finalização do tratamento endodôntico, com base no grau de comprometimento da estrutura dentária remanescente.

Ressalta-se que o êxito clínico não depende exclusivamente da execução precisa da técnica endodôntica, mas também da adequada realização da etapa restauradora subsequente — tanto em caráter provisório quanto definitivo — bem como do tempo decorrido entre essas fases^{13,14,15}.

Para o adequado planejamento restaurador do tratamento endodôntico, diversos parâmetros clínicos devem ser criteriosamente avaliados. Entre eles destacam-se a extensão da perda de estrutura coronária, a integridade do remanescente dentário, a posição do dente na arcada, as condições periodontais e ósseas adjacentes, a magnitude e direção das forças oclusais, bem como a necessidade e o tipo de reabilitação protética indicada³.

A seleção do procedimento restaurador mais indicado e do material restaurador mais apropriado deve ser

individualizada, com base na análise minuciosa de cada caso clínico. O material restaurador escolhido exerce papel decisivo na resistência estrutural, durabilidade e previsibilidade da restauração¹⁶.

Nesse contexto, os avanços na ciência dos materiais têm enfatizado a relevância dos biomateriais com propriedades biomiméticas, capazes de simular, com elevada fidelidade, as características biomecânicas, estruturais e estéticas da estrutura dentária natural^{4,17}.

A odontologia biomimética baseia-se em princípios que visam replicar a estrutura natural do dente e otimizar seu desempenho funcional. Tais fundamentos incluem a conservação do máximo de estrutura dental saudável, o aumento da adesão do material ao substrato dentário, a minimização dos estresses internos, a restauração da integridade biomecânica, a imitação da resposta natural do dente às cargas oclusais, e a remoção seletiva da dentina comprometida, principalmente nas áreas críticas, denominadas "*Endopoints*"⁵. Essa filosofia restauradora visa proporcionar reabilitações duradouras, com desempenho funcional similar ao dente hígido^{4,17,18}.

Aplicada aos Dentes Tratados Endodonticamente (DTE), a abordagem biomimética caracteriza-se por ser minimamente invasiva, priorizando a integridade do tecido dentário remanescente¹⁸.

Para garantir um protocolo adesivo biomimético eficaz, é fundamental a completa remoção da dentina profundamente cariada, especialmente em uma faixa de até 2 mm da Junção Amelo-Dentinária (JAD), conforme sugerido por Palma *et al.* (2021)¹⁸. A dentina recém-exposta e hígida apresenta melhores propriedades de adesão, sendo recomendada, para sua identificação, a aplicação de corantes específicos que evidenciem a dentina infectada. Esse método proporciona uma adesão mais eficiente à camada híbrida da dentina.

Restauração de dentes tratados endodonticamente

Diversas estratégias restauradoras são empregadas na reabilitação de elementos dentários submetidos à terapia endodôntica, abrangendo desde técnicas diretas até abordagens indiretas. Entre as opções clínicas disponíveis, destacam-se as restaurações diretas com compósitos convencionais e de preenchimento em massa (*bulk fill*), bem como as técnicas restauradoras indiretas, que incluem *inlays*, *onlays*, *overlays*, além da indicação de retentores intra-radulares quando necessário¹⁹.

Cada uma dessas abordagens possui propriedades técnicas e biomecânicas específicas, com vantagens e limitações que variam conforme a condição clínica apresentada. A decisão terapêutica deve ser baseada em uma análise abrangente da integridade estrutural do remanescente dentário, do grau de comprometimento coronário, das exigências funcionais da oclusão e das expectativas estéticas do paciente. A seleção do protocolo restaurador mais apropriado visa restabelecer não apenas a função mastigatória e a estética, mas também assegurar a longevidade do dente tratado endodonticamente.

Nesse contexto, é imprescindível que o cirurgião-dentista fundamente sua conduta clínica nas evidências científicas disponíveis e em protocolos respaldados por boas práticas clínicas. Tal abordagem é essencial para

garantir a previsibilidade e o sucesso a longo prazo das reabilitações protéticas em dentes endodonticamente tratados¹⁹.

Restauração direta com resina composta

As resinas compostas têm sido amplamente utilizadas na prática odontológica há décadas, sendo constantemente aprimoradas em resposta à crescente demanda clínica e à busca por soluções restauradoras estéticas e funcionais²⁰.

Esses materiais são majoritariamente empregados em procedimentos restauradores diretos e indiretos, na vedação de fissuras, como núcleos para suporte protético, entre outras indicações. Sua ampla aplicabilidade, aliada às exigências contemporâneas por resultados estéticos satisfatórios, consolidou as resinas compostas como a principal escolha em restaurações de dentes anteriores e posteriores²⁰.

Avanços significativos foram alcançados após anos de pesquisa, especialmente na superação de limitações como o elevado coeficiente de expansão térmica e a contração volumétrica durante a polimerização, que comprometiam a longevidade das restaurações²¹.

A durabilidade clínica das restaurações em resina composta é crucial para minimizar a perda de estrutura dentária sadia decorrente de substituições repetidas, sendo essa longevidade diretamente influenciada pela seleção correta da técnica e dos materiais empregados²².

Um marco importante na evolução das resinas compostas foi a introdução da técnica de condicionamento ácido do esmalte, que favoreceu a adesão à estrutura dental^{21,23}.

Posteriormente, o desenvolvimento do Monômero Bisfenol A-glicidil Metacrilato (*Bis-GMA*) resultou em aprimoramentos nas propriedades mecânicas, expandindo consideravelmente as indicações clínicas desses materiais^{21,23}.

Apesar dos avanços, a composição fundamental das resinas compostas permanece baseada em três componentes principais: matriz orgânica, partículas de carga inorgânica e agentes de união²⁴.

Embora presentes em baixa concentração na formulação, os fotoiniciadores têm impacto significativo nas propriedades mecânicas do compósito. A canforoquinona é o fotoiniciador mais amplamente utilizado, devido à sua eficácia na ativação do processo de polimerização²⁵.

Inovações recentes na formulação das resinas compostas, incluindo a introdução de novos fotoiniciadores, monômeros e tipos de carga, vêm contribuindo para melhorias na longevidade clínica, redução do tempo operatório e otimização estética^{26,27}.

As resinas compostas são classificadas com base em dois critérios principais: viscosidade e tamanho das partículas de carga²¹. Em relação à viscosidade, podem ser de alta, média ou baixa viscosidade. Quanto ao tamanho das partículas, classificam-se como macroparticuladas, microparticuladas, híbridas, microhíbridas e nanohíbridas²¹.

A redução no tamanho das partículas inorgânicas proporciona maior proteção à matriz orgânica, conferindo menor desgaste e alterações superficiais ao material^{28,29}.

As resinas híbridas e microhíbridas reúnem

propriedades estéticas e mecânicas equilibradas, sendo amplamente reconhecidas como materiais restauradores de uso universal. A principal diferença entre elas reside na distribuição e no tamanho das partículas de carga, sendo as microhíbridas compostas por uma maior proporção de partículas finas, o que favorece o acabamento e a resistência³⁰.

A elevada concentração de carga inorgânica confere a esses materiais menor contração de polimerização e elevada durabilidade clínica^{30,31,32}.

Os nanocompósitos, atualmente, são apresentados sob duas formas principais: nanoparticulados e nanohíbridos. Os primeiros são compostos exclusivamente por partículas nanométricas, enquanto os segundos combinam essas partículas com cargas micrométricas convencionais^{33,34}.

Essas formulações foram desenvolvidas com o intuito de serem aplicadas em restaurações tanto em dentes anteriores quanto posteriores^{31,35}.

Apesar de apresentarem boa resistência mecânica, os nanocompósitos puros ainda não superam os híbridos ou microhíbridos nesse aspecto^{30,35}. Contudo, suas características ópticas superiores e sua facilidade de polimento os tornam indicados para aplicações que exigem alta estética e manutenção da anatomia ao longo do tempo^{30,35}.

A elevada quantidade de carga incorporada confere resistência suficiente para aplicações em dentes posteriores, consolidando os nanocompósitos como uma opção versátil e promissora na odontologia restauradora contemporânea^{30,31,35,36}.

Restauração direta com resinas *bulk fill*

A busca por materiais restauradores que proporcionem maior eficiência clínica, com redução no tempo operatório e melhora na relação custo-benefício, impulsionou o desenvolvimento das resinas compostas denominadas *bulk-fill*. Esses materiais inovadores dispensam a tradicional técnica incremental, permitindo sua inserção em camadas únicas com espessura variando entre 4 a 5 mm, o que representa um avanço significativo em relação às resinas compostas convencionais. Essa característica confere otimização do tempo clínico, além de favorecer a longevidade das restaurações^{37,38}.

As resinas *bulk-fill* apresentam como principais vantagens a redução da contração volumétrica de polimerização e das tensões internas geradas durante esse processo, além de possuírem propriedades mecânicas adequadas. Sua elevada translucidez permite maior penetração da luz fotopolimerizadora em profundidade, garantindo cura efetiva em incrementos espessos quando expostos à luz por aproximadamente 20 segundos. Esses fatores tornam esse material especialmente indicado em procedimentos restauradores em dentes desvitalizados, onde a integridade marginal e a durabilidade são essenciais³⁹.

Esses compósitos podem ser classificados em duas categorias principais: *bulk-fill flow* e *bulk-fill* de uso restaurador. A versão *flow*, caracterizada por baixa viscosidade e menor concentração de partículas inorgânicas, é indicada para o preenchimento de cavidades profundas de até 5 mm de espessura. Nessas situações, sua

aplicação é geralmente seguida pela cobertura com resinas compostas convencionais ou com a própria resina *bulk-fill* de maior resistência⁴⁰.

Devido à sua menor carga inorgânica, as resinas *bulk-fill flow* apresentam inferioridade em relação às resinas micro-híbridas e nano-híbridas no que se refere à resistência mecânica. Contudo, essa menor quantidade de partículas proporciona maior translucidez e fluidez, facilitando sua inserção e adaptação às paredes cavitárias, além de reduzir o tempo clínico necessário para aplicação^{41,42}.

Por outro lado, as resinas *bulk-fill* restauradoras apresentam maior concentração de carga inorgânica, o que lhes confere melhor desempenho mecânico e elimina a necessidade de uma camada de cobertura com resina composta convencional⁴³.

Embora também possam ser aplicadas em incrementos únicos de até 5 mm, apresentam módulo de elasticidade superior e melhor resistência oclusal, sendo apropriadas para reconstruções funcionais e estéticas em dentes posteriores⁴⁴.

A aplicação clínica das resinas *bulk-fill* tem se mostrado especialmente eficaz em dentes com ampla perda estrutural, como ocorre após tratamentos endodônticos. Nesses casos, sua utilização permite a realização imediata da restauração definitiva, evitando o uso de restaurações temporárias e reduzindo o risco de fraturas coronárias ou recontaminação do sistema de canais radiculares⁴⁵.

Estudos demonstram que o desempenho clínico das resinas *bulk-fill* é comparável ao das resinas compostas convencionais, mesmo quando aplicadas em grandes volumes. Essa eficiência é atribuída à combinação de elevada translucidez e sistemas de fotopolimerização otimizados, que asseguram adequada conversão dos monômeros e conferem propriedades mecânicas satisfatórias em restaurações posteriores diretas⁴⁰.

Devido ao seu baixo módulo de elasticidade, essas resinas demonstram maior capacidade de dissipar tensões funcionais, como as geradas durante a mastigação. Além disso, oferecem vantagens operatórias, como manipulação facilitada e menor sensibilidade técnica, dado que demandam menos etapas clínicas em comparação com os compósitos convencionais⁴⁶. A elevada fluidez da versão *flow* promove excelente adaptação às paredes cavitárias, o que é essencial para minimizar falhas de união e microinfiltrações⁴¹.

Restauração indireta

As restaurações indiretas são assim denominadas por serem confeccionadas extraoralmente e posteriormente cimentadas na estrutura dentária^{6,47,48}. Em especial, dentes submetidos à terapia endodôntica frequentemente necessitam da reconstrução de estruturas perdidas, sendo o processo restaurador fundamental para o êxito do tratamento endodôntico^{6,49,50,51}.

As restaurações indiretas são indicadas principalmente em situações clínicas nas quais há perda significativa da estrutura dentária. Dentre os materiais mais utilizados para sua confecção estão a cerâmica e os compósitos resinosos. Estudos comparativos demonstram que as resinas compostas apresentam boa estabilidade clínica e

menor propensão à fratura, além de alto índice de sucesso, devido à sua capacidade adesiva ao substrato dentário. Tal adesão é favorecida pelas propriedades biomiméticas desses materiais, que simulam as características estruturais do tecido dentário^{6,52}.

A introdução da tecnologia CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*) representou um avanço significativo na reabilitação oral, permitindo a confecção de restaurações indiretas por meio da usinagem de blocos cerâmicos com precisão milimétrica. Esse sistema possibilita a produção de coroas, *inlays*, *onlays* e facetas, embora não seja indicado para preparos cavitários de pequena extensão, nos quais restaurações diretas seriam mais apropriadas^{6,47,53,54}.

Esses tipos de restaurações são particularmente vantajosos em dentes posteriores com extensa destruição coronária, proporcionando restabelecimento funcional e morfológico adequado⁵⁵.

Dentre as estratégias que favorecem o desempenho clínico das restaurações indiretas destaca-se a técnica de *Immediate Dentin Sealing* (IDS), que consiste na aplicação de um adesivo autocondicionante, seguido de uma camada de resina fluida imediatamente após o preparo cavitário. Tal abordagem visa proteger a dentina exposta, reduzir a sensibilidade pós-operatória, controlar a umidade da estrutura dentinária e aumentar a longevidade da restauração por meio do fortalecimento da interface adesiva^{56,57}.

A obtenção de um selamento eficaz e de uma união estável entre a restauração e a estrutura dentária depende diretamente da escolha do cimento e da técnica de cimentação adotada. Os cimentos resinosos destacam-se por suas excelentes propriedades físico-químicas, sendo amplamente utilizados na fixação de restaurações indiretas, como *inlays*, *onlays*, *overlays*, coroas e facetas⁵⁸.

Os cimentos resinosos disponíveis comercialmente variam quanto ao seu mecanismo de polimerização — podendo ser fotoativados, quimicamente ativados, autoadesivos ou de ativação dual — e sua indicação clínica deve ser baseada no plano de tratamento individualizado. Os cimentos fotoativados oferecem maior tempo de trabalho e controle da polimerização pelo operador, além de excelente estabilidade de cor. No entanto, sua indicação é limitada a situações em que a luz fotopolimerizadora consiga atingir eficientemente toda a interface de cimentação, como em restaurações com baixa profundidade cavitária⁵⁹.

Entre as diferentes categorias, os cimentos autoadesivos têm se mostrado os mais utilizados na prática clínica contemporânea, devido à simplificação do protocolo operatório, uma vez que dispensam o pré-tratamento da superfície dentária. Esses cimentos também apresentam bons resultados estéticos, adequada estabilidade dimensional, propriedades mecânicas satisfatórias e adesão micromecânica semelhante à dos cimentos resinosos convencionais⁶⁰.

Os cimentos de ativação química, por sua vez, são fornecidos na forma de dois componentes (base e catalisador), que devem ser homogeneizados antes da aplicação. Sua principal limitação reside na polimerização lenta, que atinge o grau máximo de conversão apenas após

24 horas, período no qual o paciente deve evitar sobrecargas oclusais⁶¹.

Já os cimentos de polimerização dual combinam os mecanismos fotoativado e quimicamente ativado em uma formulação pasta-pasta. A reação química deve ocorrer de forma independente, mesmo na ausência de luz, sendo ambas as vias de polimerização complementares. A exposição à luz deve ser realizada imediatamente após a remoção dos excessos de cimento em todas as faces da restauração, a fim de maximizar a conversão dos monômeros e melhorar as propriedades físicas do material⁶¹.

A literatura científica sustenta que os cimentos resinosos são alternativas eficazes, especialmente por apresentarem baixa solubilidade em fluidos bucais, promovendo adesão tanto ao esmalte quanto à dentina, além de reduzir substancialmente a infiltração marginal^{62,63}. Dessa forma, o uso adequado desses materiais é essencial para o sucesso a longo prazo das restaurações indiretas na prática odontológica.

Biomimética

A biomimética é uma área interdisciplinar que se dedica a imitar as estratégias e processos biológicos naturais, utilizando princípios da química, física, matemática e engenharia para o desenvolvimento de materiais sintéticos e estruturas inovadoras, como órgãos artificiais⁶⁴.

No contexto odontológico, a biomimética envolve a ciência e a arte de restaurar dentes comprometidos por meio de restaurações que replicam os tecidos naturais (como esmalte, dentina, osso, cimento, entre outros), tanto em aparência quanto em funcionalidade e resistência⁶⁵.

O objetivo secundário da odontologia biomimética é criar materiais restauradores capazes de restabelecer a biomecânica do dente original. A aplicação da biomimética tem sido amplamente explorada em nível molecular, visando promover a cicatrização de feridas e a regeneração tanto de tecidos moles quanto de tecidos duros⁶⁵.

Em uma escala macroestrutural, a preservação da integridade biomecânica, estética e estrutural dos dentes pode ser alcançada por meio do uso de diversos materiais restauradores biomiméticos⁶⁶. Para o desenvolvimento desses materiais, os pesquisadores geralmente utilizam dentes naturais como referência, buscando replicar suas propriedades funcionais e estruturais.

Materiais restauradores biomiméticos

O Ionômero de Vidro (IVG) é uma denominação genérica para um conjunto de materiais compostos por pó de vidro silicato e uma solução aquosa de ácido poliacrílico. Esses materiais passam por uma reação ácido-base significativa durante seu processo de endurecimento e possuem a capacidade de liberar flúor de maneira contínua ao longo do tempo. Os Cimentos de Ionômero de Vidro (CIVs) são considerados biomiméticos devido ao seu coeficiente de expansão térmica compatível com o da estrutura dentária, à sua adesão química tanto ao esmalte quanto à dentina e à liberação prolongada de flúor, características que os tornam uma escolha eficaz em restaurações dentárias⁶⁵.

Na natureza, quase todas as substâncias, incluindo dentes, pérolas, conchas, corais e ossos, são compostas por materiais híbridos que combinam componentes orgânicos e inorgânicos, com a estrutura de cada componente influenciando diretamente o desempenho global desses materiais híbridos⁶⁷.

A Resina Composta Dentária (RCD) é um exemplo importante de biomaterial híbrido, sendo composta por uma matriz resinosa e partículas inorgânicas que conferem ao material as propriedades necessárias para sua aplicação odontológica⁶⁵.

A biomimética aplicada às cerâmicas dentárias visa estabelecer uma adesão perfeita, sem lacunas, entre o material restaurador e o tecido dentário, além de promover a regeneração do tecido circundante. Alguns estudos demonstraram sucesso na incorporação de propriedades que permitem a formação de apatita em materiais cerâmicos restauradores comerciais, o que aprimora a ligação entre o material e o tecido dentário⁶⁵.

Experimentos realizados com esses materiais indicaram que a formação de uma camada semelhante à apatita na superfície do material cerâmico não comprometeu a resistência à flexão do material⁶⁸. A aplicação biomimética das cerâmicas dentárias também inclui o uso de implantes cerâmicos revestidos com materiais bioativos.

Diversos biovidros cerâmicos comercialmente disponíveis têm sido empregados para revestir implantes dentários de titânio e zircônia, o que tem resultado em uma melhora significativa na integração óssea e na adesão do tecido ao redor dos implantes⁶⁵.

Evolução da resina composta

Os materiais restauradores compostos por resinas sintéticas representam uma das inovações mais significativas na pesquisa de biomateriais contemporâneos⁶⁹, uma vez que substituem eficientemente o tecido biológico tanto em termos estéticos quanto funcionais. No entanto, as exigências impostas a essas restaurações ainda deixam um campo considerável para aprimoramentos relacionados a suas propriedades mecânicas, contração de polimerização, estresse gerado pela polimerização, incompatibilidade no coeficiente de expansão térmica, resistência à fratura, abrasão e desgaste, infiltração marginal e toxicidade^{70,8}.

Todos os compósitos são compostos por uma matriz polimérica, geralmente baseada em dimetacrilatos, um material de carga, tipicamente vidro radiopaco, um agente de acoplamento silanizado para promover a adesão entre o material de enchimento e a matriz, e substâncias químicas que favorecem ou modulam a reação de polimerização^{71,69}.

Devido às suas propriedades estéticas e aos benefícios proporcionados pela tecnologia adesiva, os compósitos resinosos se consolidaram como materiais de destaque na odontologia⁷², marcando um avanço significativo na odontologia restauradora⁷³.

Com o aumento do teor de carga, observa-se uma redução na contração de polimerização, no coeficiente de expansão linear e na absorção de água, enquanto a resistência à compressão, ao desgaste e à tração, assim como o módulo de elasticidade, aumentam⁷⁴, o que é

essencial para suportar as forças intraorais impostas durante a mastigação, influenciando significativamente o desempenho das restaurações dentárias^{7,23,75}.

Para minimizar a contração de polimerização, foi necessário aumentar o percentual de partículas inorgânicas nas resinas compostas, o que exigiu a redução do tamanho das partículas, permitindo uma melhor distribuição da carga⁷⁶.

A introdução da nanotecnologia nas resinas compostas possibilitou a redução do tamanho das partículas de carga, resultando na diminuição do estresse de polimerização e no aumento da resistência ao desgaste⁶⁹. Vários métodos foram propostos para minimizar a contração de polimerização, sendo o mais conhecido o método "*soft start*", no qual a intensidade da luz aumenta de forma gradual, finalizando a polimerização com a intensidade máxima^{8,77}.

A redução da intensidade de irradiação durante as fases iniciais da polimerização de resinas compostas facilita o relaxamento das tensões antes que ocorra a vitrificação, o que, por sua vez, contribui para a diminuição do estresse gerado. Contudo, essa abordagem pode resultar em uma conversão incompleta dos monômeros em polímeros, o que altera negativamente as propriedades mecânicas das resinas compostas^{78,79}.

Uma alternativa proposta por Muñoz *et al.* (2008)⁸⁰ consiste no pré-aquecimento da resina composta antes da aplicação da luz de polimerização. De acordo com os autores, essa técnica reduziria a contração de polimerização e aumentaria o grau de conversão, o que resultaria em um aumento da microdureza do material.

Além do tipo de resina utilizada, a contração de polimerização também pode ser mitigada por meio de técnicas adequadas de restauração. Para que o processo restaurador seja bem-sucedido, é crucial que a resina alcance um grau de conversão adequado, o que depende de uma boa sensibilização dos monômeros resinosos durante a polimerização.

O acabamento e o polimento das resinas compostas são fatores essenciais para garantir a integridade das restaurações. Restaurações rugosas podem atuar como pontos de retenção para biofilmes, favorecendo o surgimento de manchas nas margens cavitárias, alterações precoces de cor, cáries secundárias e problemas periodontais, como gengivite e até periodontite⁸¹. A incorporação da nanotecnologia nos materiais dentários restauradores diretos representa um avanço significativo nos progressos odontológicos recentes⁷.

Utilizando essa tecnologia, diversos pesquisadores propuseram modificações na matriz resinosa com o objetivo de aprimorar as propriedades dos materiais, considerando que as alterações na matriz inorgânica parecem ter alcançado um limite. Tais estudos buscaram substituir o *Trietilenoglicol-dimetacrilato* (TEGDMA) por outros dois diluentes em concentrações variadas, observando que essas modificações resultaram em aumentos na resistência flexural e na microdureza das resinas compostas. Esse progresso considerável nas propriedades das resinas compostas levanta a questão de se o verdadeiro limite de desenvolvimento já foi alcançado²³.

As Cerâmicas Organicamente Modificadas

(ORMOCERs) são compostos que consistem principalmente em três componentes: porções orgânicas, inorgânicas e polissiloxanos. As proporções desses componentes podem influenciar as propriedades mecânicas, térmicas e ópticas do material.

Os polímeros orgânicos afetam a polaridade, a capacidade de formar ligações cruzadas, a dureza e o comportamento óptico do material. As fases de vidro e cerâmica, compostos inorgânicos, são responsáveis pela expansão térmica e estabilidade química. Os polissiloxanos, por sua vez, impactam a elasticidade, as propriedades da interface e o processamento do material.

A substituição parcial do metacrilato por uma rede inorgânica representa uma tentativa de combinar as características favoráveis dos ionômeros de vidro com a tecnologia dos compósitos. No entanto, essa tentativa mostrou-se parcialmente bem-sucedida, uma vez que a liberação de flúor ainda permanece em níveis baixos⁷².

Embora os ORMOCERs tenham sido amplamente estudados como uma alternativa de material restaurador, seu desempenho em termos de adaptação marginal cervical e oclusal foi significativamente inferior quando comparado aos compósitos híbridos modernos⁸². No entanto, estudos clínicos com duração de cinco anos não indicaram diferenças significativas entre o Admira® (Ormocer) e o Tetric Ceram® (composto híbrido) em termos de desempenho clínico⁸³.

Embora os ORMOCERs apresentem uma contração de polimerização reduzida em comparação aos compósitos híbridos, sua contração, com um teor de carga inferior, equivale àquela observada em compósitos convencionais^{84,85}.

Outro material em investigação é o silorano, um composto restaurador baseado em monômeros derivados da combinação de siloxano e oxirano⁸⁶. A estrutura do siloxano confere ao silorano uma natureza hidrofóbica, reduzindo sua sorção de água no ambiente bucal, o que melhora suas propriedades físicas e minimiza a absorção de corantes provenientes da dieta. Graças a essas características, as restaurações feitas com silorano mantêm suas propriedades mecânicas por um período mais prolongado. O oxirano, por sua vez, possui alta reatividade e gera uma menor contração de polimerização quando comparado aos metacrilatos, representando o principal avanço dessa tecnologia⁸⁷.

Embora os siloranos sejam hidrofóbicos, eles necessitam de um sistema adesivo específico para se ligar ao tecido dentário. Estudos clínicos de longo prazo ainda são necessários para confirmar a superioridade deste novo grupo de materiais, sendo essenciais mais pesquisas para avaliar a efetividade dos siloranos e ORMOCERs⁷².

Ao desenvolver um material restaurador, é imprescindível considerar os requisitos essenciais que o material deve atender: deve possuir boas propriedades ópticas, com características físicas que se assemelhem às do tecido dentário. A resistência ao desgaste e o impacto sobre o antagonista devem ser semelhantes às propriedades do esmalte dental.

Além disso, o material deve ser facilmente distinguível radiograficamente do tecido dentário. Sua manipulação e polimento devem ser facilitados, e deve ser capaz de formar uma adesão adequada ao tecido dental ou, ao

menos, a um adesivo dental. Também é necessário que o material seja insípido e biocompatível⁷².

Elevação de margem cervical na reabilitação de dentes posteriores: revisão de literatura

A cárie interproximal continua a ser um desafio significativo para os cirurgiões-dentistas, especialmente devido à dificuldade associada ao diagnóstico precoce, uma vez que sua localização dificulta a detecção. Uma situação clínica comum envolve restaurações em dentes posteriores afetados por cárie interproximal, que se estende abaixo da Junção Cimento-Esmalte (JCE) e apresenta margens cavitárias situadas abaixo dos tecidos gengivais. Nesse contexto, a execução de restaurações com margens cervicais profundas pode acarretar problemas de natureza biológica, além de complicações técnico-operacionais⁸⁸.

Para garantir a preservação das distâncias biológicas, é fundamental manter, no mínimo, um espaço de três milímetros entre a margem restauradora e a crista óssea do dente, evitando, assim, a invasão do espaço biológico. Caso esse espaço não seja adequadamente mantido, é possível obter a mesma distância por meio de um procedimento cirúrgico, como o alongamento coronário, ou por meio de intervenções ortodônticas que promovam a extrusão do dente⁸⁹.

Os dentes com margens restaurativas profundas representam um desafio significativo para os profissionais de odontologia, pois a localização dessas margens pode complicar o resultado final de um processo restaurador, seja este realizado de forma direta ou indireta. Além disso, a invasão do espaço biológico compromete não apenas o resultado estético e funcional, mas também a saúde dos tecidos periodontais e a eficácia da higienização da área⁹⁰.

A odontologia tem demonstrado um constante avanço, tanto em termos de tecnologia quanto de materiais utilizados na reabilitação dentária, expandindo as opções de técnicas para restaurações de superfícies dentárias. Com o objetivo de tornar os procedimentos mais simples e com menor risco de falhas, surgiu a técnica de Elevação da Margem Profunda (DME), também conhecida como elevação da margem cervical ou reposicionamento da margem coronal⁹¹.

A técnica de elevação da margem cervical foi desenvolvida para ser aplicada em situações de restaurações semi-diretas e indiretas, em que a adaptação do dique de borracha à margem gengival é difícil. Nesses casos, o cirurgião-dentista deve planejar a posição da margem, levando em consideração as limitações do procedimento de cimentação⁹².

A DME é considerada uma abordagem minimamente invasiva para dentes com margens profundas, baseada no alongamento da coroa por meio do uso de resina composta e uma matriz metálica. Essa técnica permite o uso do dique de borracha para isolamento, o que facilita a cimentação dos procedimentos restauradores e seu acabamento de maneira mais acessível e eficiente⁹³.

A extensão subgengival de uma cavidade pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo cáries extensas que atingem a região subgengival, lesões não cáries, como abrasões, e a necessidade de aumentar a resistência e a retenção para procedimentos protéticos. As

restaurações indiretas de grandes cavidades em dentes posteriores com lesões cariosas interproximais que se estendem abaixo da JCE são uma situação clínica comum no consultório odontológico. Embora seja possível realizar uma cirurgia de deslocamento apical para expor a margem, tal procedimento pode resultar em perda de união e proximidade com a concavidade da raiz e a furca⁹⁴.

Durante a preparação de cavidades para restaurações indiretas, como as *onlays*, os princípios biológicos e mecânicos envolvem a preservação da vitalidade pulpar, a proteção do periodonto e a manutenção da resistência, estabilidade, função e estética do dente. No entanto, clinicamente, as cavidades tendem a ser mais profundas e largas do que o recomendado, devido à presença de cáries ou restaurações prévias⁹⁵.

Quando as margens das cavidades se estendem além da junção cimento-esmalte, procedimentos como o isolamento absoluto, a moldagem e a união em restaurações adesivas tornam-se mais desafiadores para o cirurgião-dentista. Esses fatores são cruciais para garantir a durabilidade das restaurações adesivas indiretas. Para facilitar os procedimentos nessas áreas, duas técnicas podem ser utilizadas: a realocação da margem gengival por meio de abordagens cirúrgicas e a técnica de elevação da margem profunda (*Deep Margin Elevation*, DME), utilizando material compósito^{93,96}.

O uso de materiais adesivos em áreas subgengivais apresenta desafios adicionais, uma vez que as margens situadas nessas regiões são ainda mais críticas para os tecidos periodontais. A área subgengival é considerada de risco para a colocação de margens cervicais devido ao acúmulo de biofilme, à irritação dos tecidos gengivais e à possível invasão do espaço biológico⁹⁷.

Desde a remoção do tecido cariado até o posicionamento da margem cervical intrasulcular, onde será realizada a reconstrução, a posição da margem deve ser cuidadosamente analisada. A margem cervical deve ser posicionada dentro do sulco gengival e a uma distância mínima de 3 mm da crista óssea, conforme determinado por sondagem⁹⁷.

As margens localizadas acima da junção cimento-esmalte na dentina são mais suscetíveis à microinfiltração, devido ao coeficiente de expansão térmica entre o material restaurador e o dente, o que pode favorecer o surgimento de cáries secundárias e falhas na restauração. Em contrapartida, quando a margem invade o espaço biológico (a 3 mm da crista óssea), pode promover inflamação gengival, reabsorção óssea e perda da inserção periodontal⁹⁶.

Diversos tratamentos são possíveis para posicionar as restaurações profundas de forma supragengival, facilitando seu manejo. Entre as opções estão a extrusão ortodôntica, que pode comprometer o resultado estético, e o alongamento cirúrgico da coroa, que, embora eficaz, também pode causar complicações estéticas, hipersensibilidade radicular, além de afetar o suporte ósseo alveolar e gerar dificuldades em eventuais implantes futuros⁹³.

Elevação de margem cervical - Deep Margin Elevation (DME)

A técnica de realocação de margens cervicais foi introduzida pela primeira vez em 1998 por Dietschi e Spreafico, sendo mais tarde reconhecida como elevação de margem profunda (*Deep Margin Elevation*, DME) em 2012, pelos autores Magne e Spreafico⁹⁰. O objetivo dessa técnica é a preparação dentária para restaurações diretas ou indiretas, incluindo *inlays* e *onlays*. Este procedimento envolve a aplicação de resina composta direta, sendo essencial o entendimento profundo das propriedades, aplicações e características desse material^{90,98}.

A abordagem de elevação da margem profunda está intrinsecamente ligada ao conceito de Selamento Dentinário Imediato (SDI). Durante o processo de desgaste da dentina, é recomendado o uso de uma camada de cimento resinoso, que proporciona benefícios como a redução das infiltrações, maior durabilidade das restaurações e diminuição da sensibilidade dentinária pós-operatória⁹⁹.

Para o tratamento de lesões cariosas interproximais e cavidades extensas, a técnica DME é amplamente adotada, pois permite a realização de restaurações sem a necessidade de intervenções cirúrgicas, facilitando o acesso a áreas de difícil visualização e aprimorando a adaptação marginal em restaurações de Classe II.

Em casos de preparações profundas, tanto proximais quanto intrasulculares, é essencial realizar a elevação da margem, para evitar a contaminação durante o processo de cimentação. A técnica possibilita o isolamento adequado da cavidade, utilizando resina *flow* ou resina composta para reposicionar a margem, com o auxílio de uma matriz cervical¹⁰⁰.

Embora originalmente desenvolvida para restaurações indiretas, a técnica DME também pode ser aplicada em restaurações diretas, especialmente em casos de lesões extensas tratadas com resina composta. No entanto, essa abordagem apresenta algumas limitações, como a contração de polimerização, adesão inferior à dentina ou áreas radiculares, resistência reduzida e a dependência de um isolamento adequado durante o processo de adesão¹⁰¹.

Em situações de perda extensa de estrutura dental, as restaurações indiretas oferecem vantagens em comparação com as técnicas diretas, como a melhora na forma anatômica, maior resistência à fratura e ao desgaste. Além disso, por serem produzidas extraoralmente, as restaurações indiretas reduzem a formação de tensões residuais, o que minimiza os efeitos negativos da contração de polimerização na camada de cimento resinoso¹⁰².

Entretanto, entre os desafios associados ao uso de restaurações indiretas, destaca-se a complexidade do preparo da cavidade, a moldagem ou o escaneamento, a remoção dos excessos de material de cimentação e, principalmente, o controle do sistema adesivo.

A dificuldade em obter isolamento absoluto compromete o controle dos fluidos da cavidade oral, o que pode prejudicar o procedimento como um todo. A falha nesse controle pode levar a microinfiltrações, resultando em sensibilidade dentária e acúmulo de bactérias, o que aumenta o risco de cárie secundária¹⁰³.

Critérios para a realização da DME

De acordo com diversos parâmetros técnico-operatórios e biológicos, a técnica de DME pode ser realizada em situações nas quais o isolamento adequado permite a exposição da margem cervical. Para garantir o sucesso da técnica, diversos autores sugerem etapas específicas para sua correta execução¹⁰⁴.

O uso da matriz é imprescindível, sendo necessário que esta tenha formato curvo, o que possibilita uma execução eficaz da técnica em margens localizadas acima da JAC. Caso a margem esteja situada abaixo ou no nível da JAC, o uso de matrizes convencionais não proporciona a segurança necessária. Após a escolha da matriz, deve-se proceder com a redução da sua altura entre 2 e 3 mm, o que facilita sua infiltração na gengiva, proporcionando o selamento adequado da margem¹⁰⁵.

A execução da técnica DME deve ser realizada apenas após o isolamento absoluto da área. Em seguida, deve-se realizar o selamento dentinário e a elevação coronal da margem profunda, de modo que a margem final se situe acima do nível gengival. Caso o isolamento não seja adequadamente estabelecido, a aplicação da técnica DME não é recomendada¹⁰².

O isolamento absoluto é um passo essencial para a execução eficaz da técnica. A condição das paredes remanescentes da cavidade é um fator relevante, sendo necessário que possuam uma espessura mínima para garantir a resistência da restauração⁹³.

Diversos autores sugerem uma espessura mínima de 1 a 1,6 mm para as paredes remanescentes, dependendo do tipo de dente e da oclusão do paciente, a fim de garantir uma resistência adequada. Além disso, as paredes devem ser regularizadas de forma a permitir uma boa adaptação da matriz, um passo crucial para definir a elevação desejada¹⁰⁶.

Antes da aplicação do adesivo, a margem da cavidade deve ser preparada com uma ponta diamantada e irrigação abundante, removendo qualquer tipo de contaminação causada durante a inserção da matriz. O selamento pode ser realizado utilizando um adesivo de três passos, seguido pela aplicação incremental de resina composta até que a margem seja elevada e posicionada acima do nível gengival¹⁰⁵.

A dentina deve ser condicionada com ácido fosfórico 38% por 10 segundos, seguido de enxágue por 15 segundos e secagem com jato de ar. Em seguida, realiza-se um esfregaço sutil por 15 segundos utilizando um microbrush, sendo seca ao ar por 5 segundos. Após esse processo, uma segunda camada de adesivo é aplicada por 15 segundos e fotoativada por 10 segundos⁹³.

O condicionamento seletivo do esmalte assegura uma adesão confiável, enquanto o uso de adesivos autocondicionantes promove melhor desempenho na dentina. Portanto, o condicionamento seletivo do esmalte, juntamente com o uso de adesivo autocondicionante tanto no esmalte quanto na dentina, é uma opção eficaz para o sistema adesivo⁸⁸.

A resina composta é amplamente reconhecida como um biomaterial de sucesso, substituindo o tecido biológico tanto em aparência quanto em função. O protocolo para a realização da técnica DME envolve a aplicação da resina em incrementos sucessivos. Para garantir o sucesso e a longevidade da restauração, é

recomendada a utilização de resina *flow* ou compósitos microhíbridos, nanohíbridos ou nanoparticulados. É fundamental que a margem restaurada seja polida, plana e bem adaptada à cavidade¹⁰⁷.

A técnica incremental das resinas convencionais pode apresentar desvantagens, como o contato com fluido salivar e a possibilidade de formação de bolhas de ar entre os incrementos. Para evitar esses problemas, as resinas bulk fill foram introduzidas na odontologia. Essas resinas possuem baixo grau de contração de polimerização, alta resistência à força mecânica e permitem a escultura da anatomia dentária com uma única camada devido à sua consistência^{108,109}.

Na margem cervical da dentina, o SDI é aplicado até o contorno da cavidade e coberto com uma camada fina de compósito restaurador híbrido, que é adaptado utilizando instrumentais manuais e fotopolimerizado por 40 segundos. O acabamento das margens de preparação é feito com brocas diamantadas de formatos variados, conforme o acesso necessário.

Após a preparação, o material de dupla viscosidade é utilizado para a moldagem. Antes de colocar a restauração provisória, a cavidade é preenchida com glicerina, garantindo que não haja interação com a camada do SDI¹⁰⁹.

Investigando a técnica de elevação de margem profunda - Deep Margin Elevation (DME): uma revisão de literatura

Os seguintes pontos são cruciais para o sucesso da técnica DME:

Uso de uma matriz curvada: Para margens situadas acima da JCE, uma matriz tradicional pode ser suficiente para o isolamento e a elevação das margens. No entanto, para margens localizadas na área da JCE, uma matriz tradicional pode gerar um perfil de emergência e um contorno gengival inadequado, o que comprometeria a eficácia do procedimento.

Presença de paredes vestibular e lingual suficientes: As paredes remanescentes do dente devem ser robustas o suficiente para suportar a matriz, garantindo a estabilidade durante o procedimento.

Redução da altura da matriz: A matriz deve ser reduzida de 2 a 3 mm para permitir que ela deslize adequadamente subgengivalmente, assegurando um selamento eficiente da margem.

Selamento da margem gengival: Após a colocação da matriz, a margem gengival deve ser completamente selada pela matriz, de forma que nenhum tecido gengival ou dique de borracha se interponha entre a margem e a matriz.

Aplicação do IDS: O selamento dentinário imediato deve ser realizado com o uso de um adesivo de dentina de três etapas, após a colocação e adaptação da matriz. Em seguida, a reconstrução da margem deve ser feita em incrementos de resina composta, com espessura de 2 mm por vez. Esta etapa é semelhante à técnica de restauração direta com resina composta.

Diversos tipos de resina composta podem ser utilizados na técnica de DME, incluindo materiais tradicionais e fluidos. Quando se utilizam resinas restauradoras microhíbridas ou nanohíbridas, recomenda-

se aquecer o material previamente para facilitar sua inserção e minimizar o risco de lacunas entre as camadas. A polimerização final deve ser realizada com a utilização de uma camada de gel de glicerina para bloquear a presença de ar, assegurando a integridade do selamento.

Zaruba *et al.* (2016)¹¹⁰ avaliaram o impacto da técnica de Elevação de Caixa Proximal (PBE) na adaptação marginal de *inlays* de cerâmica. Cavidades MOD de classe II foram preparadas em 40 molares humanos e distribuídas aleatoriamente entre diferentes grupos. No grupo Controle Positivo (EN), as margens proximais estavam localizadas no esmalte, 1 mm acima da JCE, enquanto nos grupos DE-1In, DE-2In e DE, as margens estavam posicionadas 2 mm abaixo da JCE, simulando a localização subgingival da margem cervical.

Para a elevação das margens nas cavidades proximais, no grupo DE-1, foi aplicada uma camada de 3 mm de resina composta híbrida (Tetric A2; Ivoclar Vivadent), enquanto no grupo DE-2, duas camadas de 1,5 mm de resina composta foram utilizadas. As cavidades do grupo DE permaneceram sem tratamento, funcionando como controle negativo. A porcentagem de margem contínua (ou seja, a porcentagem do comprimento total da margem proximal) foi comparada e analisada entre os grupos utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), antes e após a Ciclagem Termomecânica (TML).

Após a TML, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos em relação à interface entre resina/inlay e dente/resina nas margens dentinais. No entanto, a interface dente/resina no esmalte do grupo EN apresentou qualidade marginal significativamente superior em comparação ao grupo DE-2In, com resultados semelhantes aos observados nos grupos controle negativo DE e DE-1In. Os autores concluíram que a técnica PBE com resina composta na caixa proximal antes da cimentação de *inlays* cerâmicos resultou em integridade marginal não diferente da observada em *inlays* cimentados diretamente na dentina.

Müller *et al.* (2017)¹⁰⁴ investigaram a qualidade marginal de *inlays* de resina (LAVA Ultimate; 3M ESPE) em cavidades proximais profundas, com e sem PBE, antes e após a TML. Cavidades MOD com caixas proximais localizadas abaixo da JCE foram preparadas em 24 molares humanos. Em seguida, uma das caixas proximais foi elevada com resina (Filtek Supreme, 3M ESPE) acima da JCE. Os espécimes foram distribuídos em três grupos: no grupo A, os *inlays* foram cimentados com adesivo (Scotchbond Universal, 3M ESPE) e cimento (Rely X Ultimate, 3M ESPE); no grupo B, foi utilizado *primer* (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent), adesivo (Syntac, Ivoclar Vivadent) e cimento (Variolink II, Ivoclar Vivadent); e no grupo C, *primer* adesivo (Clearfil Ceramic Primer, Kuraray) e cimento (Panavia SA, Kuraray). A integridade marginal das interfaces dente/PBE, *inlay*/PBE e *inlay*/dentina foi avaliada por MEV.

Os resultados mostraram que a integridade marginal dos *inlays* cimentados diretamente na dentina não difere significativamente dos *inlays* cimentados em uma caixa proximal elevada com material resinoso.

Frankenberger *et al.* (2018)¹⁰² analisaram a qualidade marginal de *inlays* de vidro-cerâmica fresados em CAD/CAM, em cavidades proximais profundas, com e

sem PBE de 3 mm, utilizando resina composta e cimento resinoso autoadesivo. Cavidades MOD com caixas proximais localizadas abaixo da JCE foram preparadas em 48 terceiros molares humanos extraídos. As caixas proximais terminando em dentina foram elevadas em 3 mm utilizando cimentos resinosos autoadesivos (RelyX Unicem, 3M ESPE), (G-Cem, GC) e (Maxcem Elite, Kerr), e resina (Clearfil Majesty Posterior, Kuraray) em uma ou três camadas com adesivo (AdheSE, Ivoclar Vivadent). Os *inlays* de vidro-cerâmica (IPS Empress CAD, Ivoclar Vivadent) foram cimentados com adesivo (Syntac, Ivoclar Vivadent) e cimento (Variolink II, Ivoclar Vivadent).

A qualidade marginal e a interface PBE/cerâmica foram analisadas por MEV antes e após a TML. A cimentação de vidro-cerâmica diretamente à dentina demonstrou os melhores resultados em termos de margens livres de falhas na dentina. O estudo concluiu que a PBE pode ser uma alternativa válida para a cimentação de cerâmica na dentina, embora os cimentos resinosos autoadesivos não sejam recomendados para essa aplicação devido à sua adaptação marginal inferior.

Ilgstein *et al.* (2019)¹¹¹ investigaram a influência da PBE com resina composta na qualidade marginal e no comportamento de fraturas em molares restaurados com cerâmica ou resina fresada em CAD/CAM. O tratamento do canal radicular foi realizado em 48 molares inferiores humanos. Cavidades MOD padronizadas foram preparadas com a caixa distal posicionada 2 mm abaixo da JCE.

Os dentes foram distribuídos aleatoriamente entre quatro grupos experimentais. Nos grupos G1 e G2, a caixa proximal distal foi elevada até o nível da JCE com resina composta (PBE), enquanto nos grupos G3 e G4, não foi realizada elevação. As restaurações CAD/CAM foram confeccionadas em cerâmica feldspática (VITABLOCKS Mark II, Vita Zahnfabrik) nos grupos G1 (PBE-CERÂMICA) e G3 (CERÂMICA) ou em blocos de resina composta com cargas nanocerâmicas (LAVA Ultimate; 3M ESPE) nos grupos G2 (PBE-LAV) e G4 (LAV).

Após a TML, foram observadas porcentagens mais baixas de margens contínuas nos grupos G1 e G3 em comparação com as avaliações pré-TML, embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas. O grupo G4 (LAV) apresentou qualidade marginal significativamente melhor em comparação com os outros grupos. Os dentes restaurados com *onlays* de cerâmica apresentaram fraturas predominantemente restritas à restauração, enquanto os dentes restaurados com *onlays* de resina composta exibiram maior incidência de fraturas catastróficas, que se estendem além do nível do osso.

Os autores concluíram que a PBE não impactou a integridade marginal ou o comportamento de fratura dos molares mandibulares restaurados com *onlays* de cerâmica feldspática. No entanto, os *onlays* de resina fabricados em CAD/CAM apresentaram melhor qualidade marginal e resistência à fratura, especialmente em dentes sem PBE¹¹⁰.

No que se refere à adaptação marginal, os estudos realizados por Roggendorf *et al.* (2014)¹⁰⁰, Spreafico *et al.* (2015)¹¹² e Müller *et al.* (2017)¹⁰⁴ avaliaram a influência

da técnica de DME na adaptação marginal das restaurações cimentadas, utilizando MEV. A qualidade da adaptação marginal foi analisada antes e após a TML.

Os resultados dos estudos indicam que não houve diferenças significativas na adaptação marginal entre as restaurações cimentadas diretamente na dentina e as restaurações com resina composta utilizadas para a realocação da margem cervical. Contudo, Frankenberger *et al.* (2018)¹⁰² observaram que, após a TML, a técnica convencional de cimentação apresentou adaptação marginal superior em comparação com a técnica DME. Ilgenstein *et al.* (2019)¹¹¹ descobriram que a TML causou um deterioro significativo na integridade das margens do esmalte e da dentina, bem como na interface inlay/cimentação.

Em relação aos materiais utilizados para DME, o estudo de Spreafico *et al.* (2015)¹¹² investigou o desempenho de materiais restauradores compostos fluido e convencional quando utilizados para DME, não encontrando diferenças significativas na integridade marginal entre os dois tipos de resina, antes e depois da TML, para coroas de cerâmica ou compósitos CAD/CAM.

O uso de cimentos resinosos autoadesivos para DME foi explorado nos estudos de Roggendorf *et al.* (2014)¹⁰⁰ e Frankenberger *et al.* (2018)¹⁰², mas, devido à sua manipulação clínica fácil, os resultados indicaram que esses materiais não são adequados para essa aplicação, apresentando uma qualidade marginal significativamente inferior quando comparados aos materiais tradicionais.

No intuito de avaliar se a contração de polimerização da resina utilizada para a técnica de DME poderia impactar a qualidade das margens das restaurações, os autores Roggendorf *et al.* (2014)¹⁰⁰ e Zaruba *et al.* (2016)¹¹⁰ investigaram o efeito da aplicação de uma ou mais camadas de compósito na margem cervical das caixas proximais.

O estudo conduzido por Zaruba *et al.* (2016)¹¹⁰ utilizou dois incrementos de 1,5 mm de uma resina híbrida aplicada para DME, observando que esse método não apresentou desempenho superior em termos de adaptação marginal da restauração final quando comparado ao uso de um incremento único de 3 mm.

Em contrapartida, os resultados obtidos por Roggendorf *et al.* (2014)¹⁰⁰ e Frankenberger *et al.* (2018)¹⁰² demonstraram que a adaptação marginal à dentina foi significativamente aprimorada quando o compósito *Clearfil Majesty Posterior* foi aplicado em três camadas consecutivas de 1 mm, ao invés de um único incremento de 3 mm para DME.

Embora inicialmente não tenha sido observada diferença entre o grupo sem DME e os grupos nos quais o compósito foi aplicado em uma ou três camadas, após a TML, uma degradação significativa da interface foi observada, com diferenças estatisticamente significativas emergindo entre os grupos analisados por Roggendorf *et al.* (2014)¹⁰⁰ e Frankenberger *et al.* (2018)¹⁰². Especificamente, os autores de Roggendorf *et al.* (2014)¹⁰⁰ observaram que a adesão direta à dentina, sem DME, foi comparável à aplicação da DME em três camadas, sendo, entretanto, significativamente superior à DME aplicada em apenas uma camada.

Em um estudo subsequente, Frankenberger *et al.*

(2018)¹⁰² observaram que a técnica convencional de cimentação diretamente na dentina obteve desempenho significativamente superior, inclusive quando comparada à dentina coberta por três camadas de compósito, que também apresentou melhores resultados em relação à DME aplicada em uma única camada.

Dessa forma, ambos os grupos de autores, Roggendorf *et al.* (2014)¹⁰⁰ e Frankenberger *et al.* (2018)¹⁰², concluíram que, apesar do procedimento de cimentação convencional ser considerado o mais eficaz ao longo do tempo, a técnica de DME pode ser uma alternativa válida, com a aplicação de resina em camadas sucessivas demonstrando um desempenho superior em termos de adaptação marginal à dentina quando comparado a uma única camada.

No que tange à influência da DME na integridade marginal de restaurações indiretas confeccionadas com diferentes materiais, o estudo de Ilgenstein *et al.* (2019)¹¹¹ investigou *onlays* fresados de cerâmica feldspática e blocos de resina composta com cargas nanocerâmicas, enquanto o estudo de Spreafico *et al.* (2015)¹¹² utilizou os mesmos blocos de resina para fabricar coroas e comparou seu comportamento com coroas confeccionadas em dissilicato de lítio. Os resultados desses dois estudos foram contraditórios.

Spreafico *et al.* (2015)¹¹² não observaram diferenças significativas na integridade marginal entre as margens com e sem DME para ambos os tipos de coroas, tanto antes quanto após a TML. Por outro lado, Ilgenstein *et al.* (2019)¹¹¹ revelaram que os *onlays* de resina apresentaram melhor integridade marginal quando comparados aos de cerâmica. Mais especificamente, na interface dente/restauração após a TML, os *onlays* de resina cimentados diretamente na dentina demonstraram uma porcentagem significativamente maior de margens contínuas do que qualquer outro grupo.

Além disso, ao comparar apenas os grupos tratados com DME na interface *onlay*/cimentação, antes e após a TML, observou-se uma redução significativa na qualidade marginal dos *onlays* de cerâmica, enquanto a degradação das margens não foi detectada nos dentes restaurados com *onlays* de resina.

O estudo de Müller *et al.* (2017)¹⁰⁴, que focou nos materiais para cimentação dos *onlays*, não observou diferenças significativas em termos de integridade marginal entre os *onlays* cimentados diretamente na dentina ou nos que foram cimentados com o compósito utilizado para DME.

Além disso, nenhuma redução significativa na integridade foi encontrada após a TML, e todos os materiais investigados apresentaram resultados promissores para a cimentação das restaurações indiretas. Assim, os autores concluíram que não há diferença substancial entre a cimentação dos *onlays* diretamente à dentina ou ao compósito utilizado para DME.

4. DISCUSSÃO

As restaurações de dentes submetidos a tratamento endodôntico representam um dos maiores desafios dentro da Odontologia Restauradora, conforme apontado por diversos especialistas¹¹. Este cenário é amplamente

reconhecido, principalmente em consultórios odontológicos e, frequentemente, no contexto do SUS, onde é comum que pacientes apresentem um comprometimento substancial da coroa dentária, afetando, em muitos casos, grande parte ou até a totalidade dessa estrutura. O objetivo primordial da restauração de dentes que passaram por tratamento endodôntico é restabelecer a saúde da região perirradicular.

A escolha entre uma restauração direta ou indireta ocorre após a conclusão da terapia endodôntica. Vale ressaltar que o sucesso desse tratamento não está apenas vinculado à execução precisa do procedimento endodôntico, mas também à técnica de restaurações subsequente, englobando tanto as restaurações temporárias quanto as definitivas, além do tempo de permanência da restauração provisória^{13,14,15}.

A necessidade de utilizar uma restauração temporária é evidente quando não é possível inserir imediatamente uma restauração definitiva após a conclusão da obturação do canal radicular. Nesse cenário, a restauração temporária torna-se essencial para proteger o dente até que a restauração definitiva possa ser aplicada. É importante destacar que algumas dessas restaurações temporárias são suscetíveis à dissolução em água e apresentam resistência limitada à compressão. Por essa razão, é de extrema importância substituí-las o quanto antes por uma restauração definitiva, conforme enfatizado por Alves e Santos (2022)¹³.

Segundo Cruz *et al.* (2016)²¹ e Silva *et al.* (2008)²³, com o avanço das resinas compostas, houve uma importante inovação com a técnica de condicionamento ácido do esmalte, o que resultou em uma adesão mais eficaz à estrutura dentária. Apesar dos avanços nas resinas compostas, os três componentes principais presentes em sua formulação – a matriz orgânica, as partículas de carga e os agentes de união – mantêm suas características originais²⁴.

Ao longo dos anos, tem-se buscado materiais e técnicas que proporcionem um tempo de trabalho reduzido, com resultados que ofereçam bom custo-benefício e eficácia nos tratamentos. Nesse contexto, surgiram no mercado as resinas *bulk-fill*, que podem ser aplicadas em incrementos de até 4-5 mm, ao contrário das resinas compostas convencionais. O uso da resina *bulk-fill* propõe uma economia de tempo clínico sem comprometer a qualidade do tratamento restaurador³⁷.

Veloso *et al.* (2017)⁴⁰ e Frascino *et al.* (2020)¹¹⁴ afirmam que as resinas *bulk fill* estão disponíveis em duas apresentações distintas: *Bulk Fill Flow* e *Bulk Fill Corpo*. A forma *flow*, caracterizada por sua baixa viscosidade e quantidade reduzida de carga inorgânica em comparação com as resinas compostas convencionais, é indicada para o forramento de cavidades profundas, sendo seguida pela aplicação de resinas compostas convencionais ou do tipo *Bulk Fill Corpo*.

As principais vantagens do uso das resinas *bul-fill* incluem a diminuição do tempo clínico, uma vez que reduzem o número de etapas no procedimento, como as fases de incrementação e fotopolimerização, além de contribuírem para a redução da sensibilidade.

De acordo com Guleç *et al.* (2016)⁴⁷, Alamoush *et al.* (2018)⁶, Tonolli e Hirata (2010)⁴⁸, o objetivo da

odontologia restauradora é preservar a integridade da estrutura dental remanescente, garantindo ao paciente a recuperação de sua função mastigatória, bem como uma estética satisfatória. As restaurações indiretas feitas com resina composta apresentam melhor biomimetismo, pois favorecem o restabelecimento da estrutura dental quando há perda substancial de tecido dentário remanescente, o que é amplamente corroborado pela literatura.

Diversos autores, como Zimmermann *et al.* (2016)⁵² e Alamoush *et al.* (2018)⁶, destacam que as resinas compostas apresentam maior estabilidade e menor risco de fratura, além de exibirem uma alta taxa de sucesso clínico, em razão de sua excelente adesão ao dente e seu comportamento biomimético, que se aproxima das características do dente natural.

A biomimética na odontologia é uma abordagem inovadora que visa replicar os princípios biológicos ideais observados na natureza, com o intuito de desenvolver materiais restauradores que imitem de maneira eficiente os tecidos naturais dos dentes. De acordo com Goswami (2018)⁶⁴, esse campo interdisciplinar utiliza conhecimentos provenientes de áreas como química, física, matemática e engenharia, a fim de criar materiais sintéticos e órgãos inovadores.

Singer, Fouda e Bourauel (2023)⁶⁵ definem a odontologia biomimética como a prática que combina arte e ciência na reparação de dentes danificados, utilizando restaurações que não apenas imitam a aparência, mas também a funcionalidade e a resistência dos tecidos vivos, como esmalte, dentina, osso e cimento.

O principal objetivo da odontologia biomimética é restaurar, de forma integral, não apenas a aparência, mas também a biomecânica dos dentes naturais. Essa abordagem vai além da estética, com ênfase na promoção da regeneração dos tecidos moles e duros, o que é crucial nos níveis moleculares⁶⁵.

Os materiais restauradores biomiméticos, como o CIV, as Resinas Compostas Dentárias (DCR) e as cerâmicas, são desenvolvidos com base nesses princípios. O ionômero de vidro, por exemplo, é considerado um material biomimético devido à sua capacidade de replicar a estrutura dental, aderindo ao esmalte e à dentina, além de liberar flúor ao longo do tempo, proporcionando proteção contínua aos dentes⁶⁵.

A resina composta dentária é um exemplo de biomaterial híbrido que combina uma matriz de resina com cargas inorgânicas, com o objetivo de reproduzir as propriedades dos tecidos naturais. No campo das cerâmicas, alguns materiais restauradores cerâmicos demonstraram a capacidade de formar uma camada semelhante à apatita na superfície, o que melhora a adesão ao tecido dental sem comprometer a resistência do material⁶⁸.

Além disso, a aplicação de biovidros cerâmicos para revestir implantes dentários de titânio e zircônia tem demonstrado melhorias significativas na integração óssea e na adesão do tecido ao redor dos implantes⁶⁵.

Müller *et al.* (2017)¹⁰⁴ destacam que o uso de determinadas técnicas restauradoras oferece vantagens consideráveis, principalmente no que tange à facilidade na execução do isolamento, permitindo a criação de um ambiente seco mais rapidamente, além de facilitar a

remoção do excesso de cimentação após a inserção do inlay.

Sandoval *et al.* (2015)¹¹⁵ corroboram essas observações, ressaltando as vantagens, como aumento da retenção, redução do vazamento marginal, melhora na resistência adesiva e a possibilidade de reduzir ou até mesmo eliminar a necessidade de anestesia em sessões subsequentes.

Bertoldi *et al.* (2020)⁹⁷ observam que muitos profissionais clínicos identificam restaurações localizadas perto da margem gengival ou dentro do espaço biológico, o que pode estar associado a inflamações gengivais. Essas restaurações podem prejudicar a saúde gengival, resultando em perda de inserção significativa.

Ferrari *et al.* (2004)⁶³ defendem que a técnica de restauração deve ser empregada de forma a garantir um controle aprimorado das margens, especialmente em restaurações indiretas. No entanto, no momento da preparação e cimentação, não é possível melhorar significativamente a qualidade da adesão aos substratos de dentina e cimento.

A literatura científica também descreve amplamente a aplicação de revestimentos e bases flexíveis, sendo reconhecida a contribuição dessas camadas na diminuição das deformações geradas na interface adesiva devido à presença de elementos funcionais. Foi demonstrado que a utilização de revestimentos na dentina oclusal e a aplicação de camadas após a preparação da cavidade aumentam a resistência e a qualidade da camada adesiva em procedimentos de coroas totais e restaurações classe II¹¹⁵.

5. CONCLUSÃO

Quando aplicados corretamente os princípios de biomimética e adesão, e escolhida a técnica restauradora adequada, é possível obter altos índices de sucesso clínico em dentes tratados endodonticamente. O selamento coronário é essencial para evitar a reinfecção e manter a saúde dental.

Em casos de destruição coronária mínima, as restaurações diretas com resinas compostas e resinas *bulk-fill* podem proporcionar resultados satisfatórios, oferecendo uma alternativa eficaz para a recuperação funcional e estética dos dentes afetados.

Quando a perda dental é mais significativa, as restaurações indiretas, utilizando cerâmica ou resina composta, são recomendadas, apresentando altas taxas de sucesso clínico devido à sua capacidade de restaurar adequadamente dentes com ampla destruição estrutural.

Os compósitos resinosos representam um avanço significativo na odontologia restauradora, embora ainda seja necessário aprimorar aspectos como a contração e a tensão de polimerização, além de desenvolver materiais autoadesivos. Assim as pesquisas na área, não devem ser interrompidas, uma vez que há ainda muitos aspectos a serem aprimorados, em busca de materiais mais eficientes e inovadores.

Ainda não há evidências científicas robustas que possam apoiar ou desencorajar o uso da técnica de DME. Contudo, pode-se afirmar que ela facilita os procedimentos clínicos, tornando-os menos invasivos e

mais simples, favorecendo o isolamento e a cimentação adesiva. Essa técnica reforça o princípio da preservação da estrutura dentária e propõe uma nova abordagem quanto ao término das restaurações indiretas

6. REFERÊNCIAS

- [1] Dogui H, Abdelmalek F, Amor A, et al. Endocrown: an alternative approach for restoring endodontically treated molars with large coronal destruction. *Case Rep Dent* 2018; 2018:1581952. doi:10.1155/2018/1581952.
- [2] Carvalho MA, Lazari PC, Gresnigt M, et al. Current options concerning the restoration of endodontically treated teeth with the adhesive approach. *Braz Oral Res* 2018; 32(suppl 1):e74. doi:10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0074.
- [3] Barbosa IF, Barreto BCT, Coelho MDO, et al. Pinos de fibra: revisão da literatura. *Uningá Rev* 2016;28(1).
- [4] Lima DS, Lima DC, Gomes Junior RC, et al. Comportamento biomimético dos pinos de fibra de vidro: relato de caso. *Arch Health Investig* 2020; 10(2):296-300.
- [5] Alleman DS, Nejad MA, Alleman CDS. The protocols of biomimetic restorative dentistry: 2002 to 2017. *Inside Dent* 2017; 13(6):64-73.
- [6] Alamouh RA, Silikas N, Salim NA, et al. Effect of the composition of CAD/CAM composite blocks on mechanical properties. *Biomed Res Int* 2018; 2018:4893143.
- [7] Lin J, et al. Nanotechnology and dental composites. *Dent Mater* 2013; 29(8):873-881.
- [8] Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater* 2011; 27(1):29-38.
- [9] Han JM, Lin H, Zheng G, et al. Effect of nanofiller on wear resistance and surface roughness of resin composites. *Chin J Dent Res* 2012; 15(1):41-47.
- [10] Ferreira CLB. Fraturas dentárias no sector anterior: abordagem estética através de restaurações diretas a resina composta. [dissertação]. Porto: Universidade Fernando Pessoa; 2013.
- [11] Aguiar RR. Pino de fibra de vidro x núcleo metálico fundido: revisão de literatura. [monografia]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2019.
- [12] Pereira R. Efeito do uso de ionômero de vidro na câmara pulpar na deformação de cúspides, resistência à fratura e tensões geradas em molares tratados endodonticamente. [dissertação]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2014.
- [13] Gencoglu N, Pekiner FN, Gumru B, et al. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations. *Eur J Dent* 2010; 4(1):17-22.
- [14] Gillen BM, Looney SW, Gu LS, et al. Impact of the quality of coronal restoration versus root canal fillings on success of root canal treatment. *J Endod* 2011; 37(7):895-902.
- [15] Moreira MB. Protocolos restauradores em dentes tratados endodonticamente: dentisteria vs prótese fixa. [monografia]. Porto: Universidade do Porto; 2019.
- [16] Pedreira APRDV, Koren ARR. Quando indicar retentores intra-radulares de fibra de vidro ou metálicos? 2013; 5(2):3-4.
- [17] Sinhoreti MAC, Vitti RP, Correr-Sobrinho L. Biomateriais na odontologia: panorama atual e perspectivas futuras. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 2013; 67(4).
- [18] Palma F, Martim L, Amorim J, et al. Abordagens biomiméticas para dentes tratados endodonticamente. *Braz J Dev* 2021; 7(10):100286-100300.
- [19] Pinto A, Araújo T, Silveira K, et al. Restabelecimento funcional e estético de dentes tratados endodonticamente. *Rev ICO* 2022; 20:e23.
- [20] Lira RQN, Lemos MVS, Mendes TAD, et al. Avaliação do efeito de técnicas de acabamento e polimento. *J Health*

- Biol Sci 2019; 7(2):197-203.
- [21] Cruz J, et al. Análise da rugosidade de superfície e microdureza de resinas compostas. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac* 2016; 57(1):38-45.
- [22] Pinheiro E, et al. Fatores que influenciam na longevidade de restaurações diretas. *Res Soc Dev* 2021; 10(7):e45510716114.
- [23] Silva JMF, et al. Novel diluents in dental composites. *J Appl Oral Sci* 2008; 16(3):174-181.
- [24] Severo BGM, Reis TA. Classification of composite resins and finishing methods. *Res Soc Dev* 2022; 11(7):e54711730257.
- [25] Bertolo MVL, Moraes RCM, Pfeifer C, et al. Influence of photoinitiator system on composite properties. *Braz Dent J* 2017; 28(1):35-39.
- [26] Souza M, Oliveira O, Moda M, et al. Influência de fotopolimerizadores. *Arch Health Investig* 2017; 6.
- [27] Machado ALS. Influência da incorporação de silicato de nióbio. [resumo]. Porto Alegre: UFRGS; 2018.
- [28] Ilie N, Rencz A, Hickel R. Investigations towards nano-hybrid composites. *Clin Oral Investig* 2013; 17(1):185-193.
- [29] Kaizer MR, et al. Smoothness and gloss of composites. *Dent Mater* 2014; 30(4):e41-e78.
- [30] Melo Júnior C, et al. Selecionando corretamente as resinas compostas. *Int J Dent* 2011; 10(2):91-96.
- [31] Adriano LZ. Acabamento e polimento de restaurações diretas. [monografia]. Florianópolis: UFSC; 2007.
- [32] Maranhã GO. Revisão sobre resinas compostas em dentes anteriores. [TCC]. Araçatuba: UNESP; 2017.
- [33] Alzraikat H, Burrow MF, Maghaireh GA, et al. Nanofilled resin composite properties. *Oper Dent* 2018; 43(4):E173-E190.
- [34] Maran BM, et al. Nanohybrid composites in posterior teeth. *J Dent* 2020; 99:103407.
- [35] Flach R. Longevidade de restaurações diretas em dentes posteriores. [TCC]. Porto Alegre: UFRGS; 2016.
- [36] Bispo LB. Resina composta nanoparticulada. *Rev Dent Online* 2010; 9(19):21-24.
- [37] Rodrigues BB, et al. Bulk fill resin composite properties. *Res Soc Dev* 2021; 10(13):e136101320852.
- [38] Chagas LS. Avaliação da resistência flexural de resina bulk fill. [artigo]. Santa Cruz do Sul: UNISC; 2016.
- [39] Taha NA, et al. Effect of bulk-fill base material. *J Dent* 2017; 63:60-64.
- [40] Veloso S, et al. Clinical performance of bulk-fill composites. *Clin Oral Investig* 2019; 23(1):221-233.
- [41] Akalin TT, et al. Clinical evaluation of sonic-activated high viscosity bulk-fill nanohybrid resin composite restorations. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2018; 26(3):152-160.
- [42] Holanda LVB, et al. Desempenho das propriedades físico-mecânicas das resinas bulk-fill. *Jorn Odontol Acad Catol* 2016; 2(1).
- [43] Van Ende A, et al. Bulk-fill composites: a review of the current literature. *J Adhes Dent* 2017; 19:95-109.
- [44] Chesterman J, et al. Bulk-fill resin-based composite restorative materials. *Br Dent J* 2017; 222(5):337-344.
- [45] Srivastava PK, Nagpal A, Setya G, et al. Assessment of coronal leakage of temporary restorations. *J Contemp Dent Pract* 2017; 18(2):126-130.
- [46] Canali GD, Ignácio SA, Rached RN, et al. One-year clinical evaluation of bulk-fill flowable vs nanofilled composite. *Clin Oral Investig* 2019; 23(2):889-897.
- [47] Güleç L, Alamoush M, Tonolli J, et al. Indirect restorations: principles and applications. *J Esthet Restor Dent* 2016; 28(4):255-262.
- [48] Tonolli G, Hirata R. Técnica de restauração semi-direta em dentes posteriores. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 2010; 64(1):90-96.
- [49] Güth JF, Alamoush M, Cetin V, et al. Restoration of endodontically treated teeth. *Int J Prosthodont* 2016; 29(3):289-298.
- [50] Cetin AR, Unlu N, Cobanoglu N. Five-year clinical evaluation of composite restorations. *Oper Dent* 2013; 38(2):31-41.
- [51] Nobre S, Sales C, Peralta A. Restoration outcomes in endodontically treated teeth. *Oper Dent* 2017; 42(5):E159-E167.
- [52] Zimmermann M, Alamoush M, Mei X, et al. Clinical longevity of indirect composite restorations. *Dent Mater J* 2016; 35(6):843-850.
- [53] Jeong CM, Kim JH. CAD/CAM technology and indirect restorations. *J Prosthet Dent* 2019; 121(6):880-888.
- [54] King PA, Powell L. Indirect restoration indications and CAD/CAM applications. *Br Dent J* 2010; 209(2):E4.
- [55] Fraga RC, et al. Posterior indirect restorations: indications and longevity. *J Esthet Restor Dent* 2017; 29(3):190-198.
- [56] Medeiros S, Pardi V. Immediate dentin sealing and adhesive performance. *Braz Oral Res* 2021; 35:e064.
- [57] Breemer CR, et al. Immediate dentin sealing: effects on bond strength. *Oper Dent* 2015; 40(6):E231-E240.
- [58] Kayatt FE, et al. Resin cements in adhesive dentistry. *Quintessence Int* 2013; 44(9):753-762.
- [59] Pegoraro TA, et al. Light-activated resin cements. *J Adhes Dent* 2007; 9(5):319-326.
- [60] Dennison JB, et al. Self-adhesive resin cements: review of properties. *J Esthet Restor Dent* 2005; 17(3):177-185.
- [61] Gomes GM, Calixto LR. Dual-cure resin cements: clinical considerations. *Rev Odontol Univ São Paulo* 2004; 18(4):214-220.
- [62] Nakabayashi N, Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. Tokyo: Quintessence; 2000.
- [63] Ferrari M, et al. Resin bonding to dentin: principles and practice. *J Adhes Dent* 2004; 6(3):175-182.
- [64] Goswami P. Biomimetics and material design in dentistry. *J Biomed Mater Res A* 2018; 106(5):1203-1212.
- [65] Singer L, Fouda A, Bouraueil C. Biomimetic restorative dentistry: current trends. *Dent Mater J* 2023; 42(3):312-328.
- [66] Zafar MS, Amin F, Fareed M, et al. Biomimetic approaches in restorative materials. *Int J Mol Sci* 2020; 21(22):8475.
- [67] Katiyar S, Goel A, Hawi S. Hybrid biomaterials in restorative dentistry. *Mater Sci Eng C* 2021; 119:111546.
- [68] Goudouri OM, et al. Apatite-forming ability of bioactive ceramics. *Acta Biomater* 2017; 60:451-460.
- [69] Cramer NB, et al. Advances in composite resin chemistry. *Dent Mater* 2011; 27(1):29-38.
- [70] Sadowsky SJ. Restorative material evolution. *J Prosthet Dent* 2006; 96(3):165-172.
- [71] Klapdohr S, Moszner N. New developments in composite technology. *Dent Mater* 2005; 21(10):986-994.
- [72] Zimmerli B, et al. Clinical performance of composite resins. *Clin Oral Investig* 2010; 14(6):653-660.
- [73] Fava M, Alves LAC. Evolution of restorative composites. *Rev Odontol UNESP* 2013; 42(3):185-192.
- [74] Kim KH, et al. Filler particle size and composite properties. *Dent Mater* 2002; 18(3):239-244.
- [75] Ban S, Anusavice KJ. Strength and stress distribution in composites. *J Dent Res* 1990; 69(4):890-895.
- [76] Mondelli J. Composite resins and polymerization stress. *Rev Fac Odontol São Paulo* 1984; 22(1):5-11.
- [77] Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Polymerization shrinkage factors. *Dent Mater* 2005; 21(9):962-970.
- [78] Gonçalves F, et al. Light-curing protocols and stress reduction. *J Dent* 2008; 36(6):509-515.

- [79] Feng L, Suh BI. Mechanism of slower polymerization and stress. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 78:63-69.
- [80] Muñoz CA, et al. Effect of preheating composites. *Oper Dent* 2008; 33(4):395-402.
- [81] Alves LMM, et al. Surface roughness and bacterial adhesion. *Braz Dent J* 2013; 24(6):641-647.
- [82] Kourmetas N, et al. Marginal adaptation of ormocer restorations. *J Dent* 2004; 32(5):377-383.
- [83] Bottenberg P, et al. Clinical evaluation of ormocer composites. *Clin Oral Investig* 2009; 13(2):179-187.
- [84] Cattani-Lorente MA, et al. Polymerization shrinkage of ormocer materials. *Dent Mater* 2001; 17(5):456-462.
- [85] Yap AU, Soh MS. Ormocer vs hybrid composites. *Oper Dent* 2004; 29(1):88-94.
- [86] Fonseca ASQS, et al. Matrix formulations and degradation resistance. *Braz Oral Res* 2013; 27(5):410-416.
- [87] Rodriguez DGR, Pereira NSA. Silorane monomers and shrinkage. *J Esthet Restor Dent* 2008; 20(1):12-18.
- [88] Juloski J, Koken M, Ferrari M. Deep margin elevation. *J Esthet Restor Dent* 2018;30(6):521-530.
- [89] Rissato SR, Trentin PC. Biological distance and margins. *Rev Odontol Bras Cent* 2012; 21(58):7-12.
- [90] Magne P, Spreafico R. Deep margin elevation concept. *Int J Esthet Dent* 2012; 7(3):261-273.
- [91] Biacchi GR, et al. Deep margin elevation technique. *Oper Dent* 2012; 37(6):E350-E356.
- [92] Venuti F, Eclano L. Cervical margin elevation. *Eur J Esthet Dent* 2018; 13(1):30-40.
- [93] Bresser RA, et al. Deep margin elevation and periodontal aspects. *J Prosthodont Res* 2019; 63(4):482-490.
- [94] Thompson MC, Thompson KM, Swain M. All-ceramic inlay-supported FPD. *Aust Dent J* 2010; 55(2):120-127.
- [95] Guess PC, et al. Fit of ceramic onlays after fatigue. *J Dent* 2014; 42(2):199-209.
- [96] Vertolli TJ, et al. Deep margin elevation on ceramic inlays. *Oper Dent* 2020; 45(6):608-617.
- [97] Bertoldi C, et al. Periodontal reaction to composite restorations. *Clin Oral Investig* 2020; 24(2):1001-1011.
- [98] Fernandes HGK, et al. Evolução da resina composta. *Rev Univ Vale Rio Verde* 2014; 12(2):401-411.
- [99] Oliveira L, et al. Immediate dentin sealing and fracture resistance. *Oper Dent* 2014; 39(1):72-80.
- [100] Roggendorf MJ, et al. Marginal integrity of ceramic inlays. *J Dent* 2012; 40(7):585-590.
- [101] Coppla FM, et al. Restaurações estéticas indiretas. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 2014; 68(3):238-243.
- [102] Frankenberger R, et al. Marginal adaptation after DME. *Oper Dent* 2013; 38(6):636-645.
- [103] Arora R, Kapur R, Sibal N, et al. Microleakage in class II cavities. *Int J Clin Pediatr Dent* 2012; 5(3):178-184.
- [104] Müller V, et al. Proximal box elevation technique. *Clin Oral Investig* 2017; 21(2):607-612.
- [105] Frese C, Wolff D, Staehle. Proximal box elevation technique review. *Oper Dent* 2014; 39(1):22-31.
- [106] Kielbassa A, Philipp F. Restoring proximal cavities. *Quintessence Int* 2015; 46(9):751-764.
- [107] Elias MG, Carvalho W, Barboza EP. Margem restauradora e saúde periodontal. *Rev Gaucha Odontol* 2013; 61:441-445.
- [108] Hirata R, et al. Bulk fill composites technique. *J Esthet Restor Dent* 2015; 27(6):335-343.
- [109] Caneppele TMF, Bresciani E. Resinas bulk-fill. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 2016; 70(3):242-248.
- [110] Zaruba M, et al. Proximal margin elevation influence. *Acta Odontol Scand* 2013; 71:317-324.
- [111] Ilgenstein I, et al. Proximal box elevation and fracture behavior. *Clin Oral Investig* 2015; 19:1021-1028.
- [112] Spreafico R, et al. Cervical marginal relocation and CAD/CAM crowns. *J Adhes Dent* 2016; 18:355-362.
- [113] Alves D, Santos E. Influência do tratamento restaurador no sucesso endodôntico. *Rev Eletron Acervo Saude* 2022;15.
- [114] Frascino SMB, et al. Clinical trial of class II restorations. *Oper Dent* 2020; 45(1):19-29.
- [115] Sandoval MJ, et al. Adaptation of CAD/CAM ceramic restorations. *Clin Oral Investig* 2015; 19(9):2167-2177.